

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO TECNOLÓGICO
MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS DE GESTÃO**

FABIO GONÇALVES TORRES

**INVESTIGAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)
EM UMA EMPRESA DE CONFECÇÃO**

**Niterói
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FABIO GONÇALVES TORRES

**INVESTIGAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)
EM UMA EMPRESA DE CONFECÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de Concentração: **Organizações e Estratégias**. Linha de Pesquisa: **Sistemas de Gestão pela Qualidade Total**.

Orientador: Prof. Helder Gomes Costa, D.Sc.

Niterói

2009

FABIO GONÇALVES TORRES

**INVESTIGAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)
EM UMA EMPRESA DE CONFECCÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de Concentração: **Organizações e Estratégias**. Linha de Pesquisa: **Sistemas de Gestão pela Qualidade Total**.

Aprovada em _____ de _____ de 2009.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Helder Gomes Costa, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof. Ruben Huamanchumo Gutierrez, D. Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof. Eduardo Shimoda, D. Sc.
Universidade Candido Mendes

RESUMO

O presente trabalho desenvolveu uma modelagem para aplicação da Teoria das Restrições - TOC (*Theory of Constraints*) em uma empresa de confecções. A modelagem foi baseada nos cinco passos da TOC, e suportada por uma coleta de dados. A cronometragem dos tempos de processo possibilitou a identificação do gargalo do sistema, permitindo conhecer a capacidade da empresa em atender a demanda prevista. Os dados coletados apoiaram o gerenciamento da produção na decisão de elevar o gargalo. Também foi efetuada uma simulação sobre o impacto na elevação dos gargalos versus o investimento necessário para atingi-lo. O estudo mostrou-se útil à empresa, permitindo uma avaliação prévia do impacto das medidas de elevação de gargalos.

Palavras-Chave: Teoria das restrições. TOC. *Theory of constraints*. Gargalo. Confecção.

ABSTRACT

This study developed some modelling to apply the Theory of Constraints (TOC) in a clothing industry. The modelling was based on the “five focus steps” of TOC, and supported by a data collection. The timing of the process times made it possible to identify the bottleneck of the system, enabling to know the company’s ability (capacity) to meet anticipated demand. The data collected supported the production management in the decision to raise (elevate) the bottleneck. It was also developed a simulation of the impact on the increase (growth) of the bottlenecks against the required investment to achieve it. The study was useful to the company, allowing a preliminary assessment of the impact of the bottlenecks increase measures.

.

Keywords: *Theory of Constraints. TOC. Bottleneck. Clothing industry.*

Dedico este trabalho

À minha família e especialmente a minha mãe, Maria Regina Gonçalves Torres.

AGRADECIMENTO

À minha mãe, Regina, por sempre me motivar a estudar.

À minha esposa, Renata, pelo apoio incondicional.

Às minhas filhas, Julia e Stela, por compreenderem os finais de semana ausente.

Ao Professor Helder Gomes Costa, D Sc., meu orientador, por buscar sempre o melhor.

À amiga, Aline Firjam, pelo companheirismo.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

E principalmente a Deus, refúgio permanente.

Veni, vidi, vici.
(Júlio César)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – As cinco forças que moldam a competição industrial - <i>The five forces that shape industry competition</i>	17
Figura 2 – Fluxograma do OPT.....	29
Figura 3 – Relacionamento entre gargalo e não gargalo.	31
Figura 4 – Relacionamento X (100%) alimenta Y (75%)	32
Figura 5 – Relacionamento Y(75%) alimenta X (100%)	32
Figura 6 – Relacionamento X (100%) e Y (75%) alimentam uma montagem.	32
Figura 7 – As três categorias de diagramas de fluxo encontradas na produção.....	33
Figura 8 – Relacionamento entre indicadores globais e tradicionais.....	36
Figura 9 – Fluxograma dos produtos P e Q.....	41
Figura 10 – Esquema da metodologia TPC	45
Figura 11 – Diagrama do fluxo de rede V da cadeia de suprimentos.....	59
Figura 12 – Diagrama do fluxo de rede A da cadeia de suprimentos.....	60
Figura 13 – Diagrama do fluxo de rede T da cadeia de suprimentos	61
Figura 14 – Fluxograma dos setores e etapas da confecção	66
Figura 15 – Desenho do produto C1.	68
Figura 16 – Fluxograma de montagem do produto C1.....	69
Figura 17 – Desenho do produto C2.	70
Figura 18 – Fluxograma de montagem do produto C2.....	70
Figura 19 – Combinação de cores dos produtos C1 e C2.....	73
Figura 20 – Fluxograma dos processos utilizados pela empresa.....	74
Figura 21 – Arranjo físico da confecção	76
Figura 22 – Fluxo do produto do corte para a costura.....	78
Figura 23 – Fluxo do produto C1 na montagem.....	78
Figura 24 – Fluxo do produto C2 na montagem.....	79
Figura 25 – Fluxo do produto da costura para a embalagem.....	80
Figura 26 – Identificação do setor de costura como gargalo do sistema.....	81
Figura 27 – Esquema para implantação da metodologia TPC.	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ramificações da TOC	30
Quadro 2 – Relação de autores da TOC por área de interesse.	64
Quadro 3 – Insumos necessários para a produção do produto C1.	71
Quadro 4 – Insumos necessários para a produção do produto C2.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Participação do setor têxtil na economia.	22
Tabela 2 – Simulação com resultado negativo para a produção dos produtos P e Q.	42
Tabela 3 – Utilização dos recursos para a produção de 60P e 50Q.	43
Tabela 4 – Simulação com resultado positivo para a produção dos produtos P e Q.	43
Tabela 5 – Utilização dos recursos para a produção de 100P e 30Q.	44
Tabela 6 – Resumo das quantidades por melhoria relatadas.	54
Tabela 7 – Resumo dos resultados da aplicação.	58
Tabela 8 – Processos e máquinas utilizados na fabricação de C1 e C2.	75
Tabela 9 – Lotes de produção por cor e tamanho.	77
Tabela 10 – Tempo padrão das operações.	83
Tabela 11 – Tempo padrão das operações.	84
Tabela 12 – Ganho gerado pelo produto C1 e C2.	86
Tabela 13 – Utilização dos recursos com 100% de utilização do gargalo.	86
Tabela 14 – Adequação da utilização dos recursos de acordo com a demanda.	88
Tabela 15 – Resultados obtidos com a simulação da elevação da restrição.	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Participação do setor têxtil na economia 2007.	22
Gráfico 2 – Comparativo na participação por grupos de insumos entre os produtos C1 e C2.	72
Gráfico 3 – Ganho adicional x investimento necessário.	91

LISTA DE SIGLAS

- TOC** – Teoria das Restrições (*Theory of Constraints*)
- PCP** – Planejamento e Controle da Produção
- TPC** – Tambor – Pulmão – Corda
- OPT** – Tecnologia de Otimização da Produção (*Optimized Production Technology*)
- COI** – Creative Output, Inc.
- MRP** – Planejamento das necessidades de materiais (*Material Requirement Plannig*)
- BM** – Gerenciamento do Pulmão (*Buffer Management*)
- LL** – Lucro líquido
- RSI** – Retorno sobre investimento
- FC** – Fluxo de Caixa
- RRC** – Recurso com restrição de capacidade
- OEE** - Índice de eficiência global do equipamento (*Overall equipment effectiveness*)
- TP** – Processo de raciocínio (*Thinking Process*)
- SCM** – Gestão da cadeia de suprimentos (*Supply chain management*)
- JIT** – Just-in-time
- DPR** – Planejamento da distribuição de recursos (*Distribution resource planning*)
- CC** – Contabilidade de custos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	16
1.2	FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA	19
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA	20
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	20
1.5	IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	21
1.6	HIPÓTESE DA PESQUISA	23
1.7	BREVE DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	23
1.8	ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2	BASE CONCEITUAL	25
2.1	DEFINIÇÃO DE TOC	25
2.2	ORIGEM DA TOC	25
2.3	OPERACIONALIZAÇÃO DO OPT	27
2.4	RAMIFICAÇÕES DA TOC	30
2.5	CONCEITO DE RECURSO GARGALO E NÃO GARGALO	31
2.6	ANÁLISE V.A.T.	33
2.7	INDICADORES GLOBAIS DA TOC	34
2.8	INDICADORES DA TOC X INDICADORES TRADICIONAIS	35
2.9	OS NOVE PRINCÍPIOS DA OPT	37
2.10	PROCESSO DE DECISÃO DA TOC (OS 5 PASSOS DA FOCALIZAÇÃO)	40
2.11	O PROBLEMA DOS PRODUTOS HIPOTÉTICOS P E Q	40
2.12	METODOLOGIA DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO TAMBOR-PULMÃO-CORDA – TPC (DBR)	44
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	47
3.1	GERENCIAMENTO DE ESTOQUES E FLUXO DA PRODUÇÃO (TIME BUFFERS)	47
3.2	INDICADORES DE DESEMPENHO	50
3.3	PROCESSO DE DECISÃO NA ESCOLHA DE PRODUTOS	51
3.4	ANÁLISE SISTÊMICA E PROCESSO DE RACIOCÍNIO	52
3.5	ANÁLISE VAT PARA FLUXO DE MATERIAIS	55
3.6	SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)	61
3.7	GERENCIAMENTO DE PROJETOS	62

3.8	A TOC COMO UMA TEORIA PARA GESTÃO DE OPERAÇÕES.....	63
4	MODELAGEM E APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DA TOC	65
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	65
4.2	SETORES PRODUTIVOS DA EMPRESA.....	65
4.3	DEFINIÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS.....	67
4.3.1	Insumos utilizados na produção.....	71
4.3.2	A importância das cores dos produtos.....	73
4.4	IDENTIFICAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS PROCESSOS	74
4.5	ARRANJO FÍSICO DA CONFECÇÃO	76
4.5.1	Fluxo de produção do setor corte para o setor costura.....	76
4.5.2	Fluxo de produção para o produto C1	78
4.5.3	Fluxo de produção para o produto C2	79
4.6	APLICAÇÃO DOS CINCO PASSOS DE FOCALIZAÇÃO DA TOC.....	80
4.6.1	Identificação do gargalo do sistema.....	81
4.6.2	Explorando o gargalo do sistema.....	84
4.6.3	Subordinar todo o sistema ao gargalo	87
4.6.4	Elevar a restrição do sistema.....	88
4.6.5	Não deixar a inércia tomar conta do sistema.....	89
4.7	ANÁLISE DA APLICAÇÃO	91
4.8	PERCEPÇÃO DO GESTOR DA ORGANIZAÇÃO:.....	93
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	96
6	REFERÊNCIAS	97
	APÊNDICE A – SIMULAÇÕES DA ELEVAÇÃO DAS RESTRIÇÕES.....	102

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda os aspectos introdutórios da pesquisa, destacando a contextualização do tema; a formulação da situação problema; o objetivo e a delimitação da pesquisa; a importância do estudo e sua justificativa; a hipótese da pesquisa; uma breve descrição da metodologia e; por último, a estrutura do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Para contextualizar o presente trabalho, procurou-se escolher algumas referências comumente citadas sobre o assunto para se criar um referencial para mostrar como as mudanças nas relações de mercado têm afetado as organizações em todo o mundo de maneira geral.

Goldratt (1992) destaca dentre essas mudanças as transformações ocorridas nas indústrias, principalmente no campo da qualidade, ciclos de vida do produto, tecnologia de usinagem, sistemas logísticos e os giros de inventário, que impactaram sobremaneira a capacidade de mercados ocidentais competirem com os países do ocidente a partir da década de 80. A velocidade com que estas mudanças ocorreram Goldratt chamou de corrida pela vantagem competitiva. Segundo o autor, a meta dessa corrida, que também deve ser a meta de uma organização, é a de ganhar dinheiro no presente, bem como no futuro. Para isso é preciso que as organizações respondam a três perguntas: O que mudar? Para o que mudar? E como provocar a mudança?

As respostas a essas perguntas exigem das organizações a adoção de estratégias eficientes para atuarem e permanecerem no mercado. A própria competição leva a elaboração destas e impulsiona o mercado para isso.

Um bom exemplo de como se formam as estratégias competitivas é o texto de Porter (2008) no qual o autor propõe um guia para as organizações que queiram

traçar suas estratégias com base no estudo das cinco forças competitivas que são: a ameaça de novos entrantes, o poder de negociação dos fornecedores, o poder de negociação dos consumidores, a ameaça dos produtos e serviços substitutos e a rivalidade entre concorrentes.

A figura 1 apresenta a inter-relação das cinco forças:

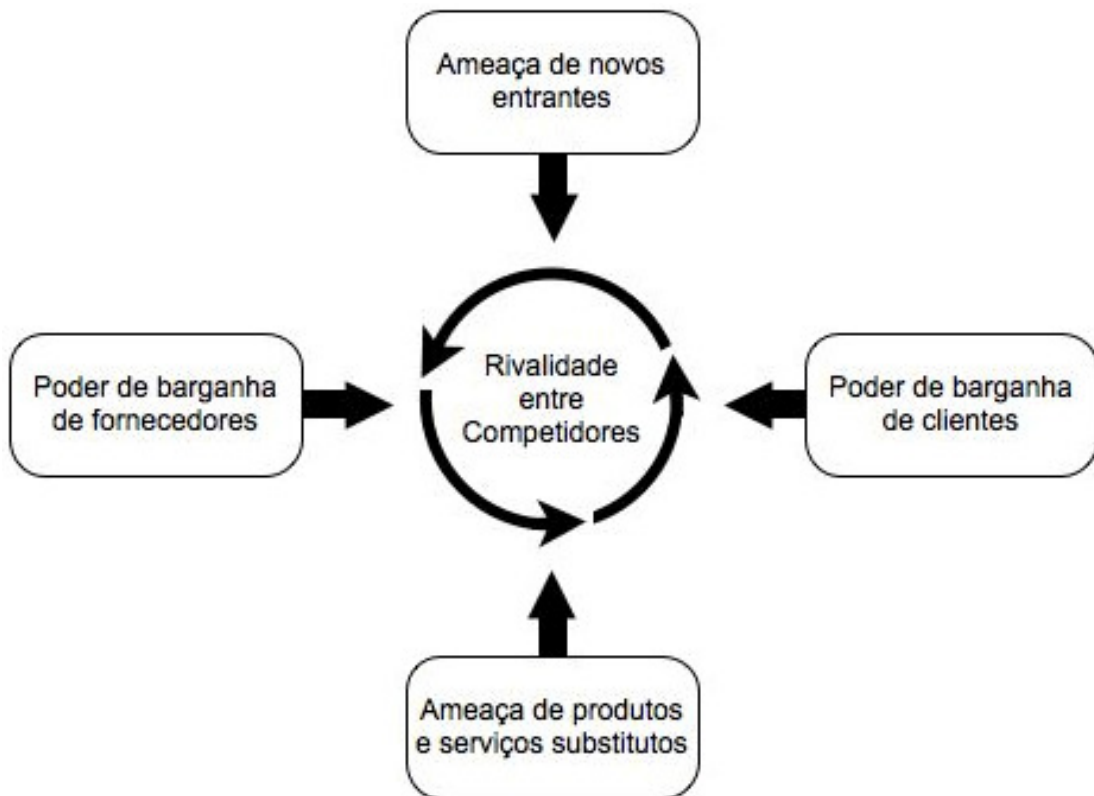


Figura 1 – As cinco forças que moldam a competição industrial - *The five forces that shape industry competition.*

Fonte: Porter (2008)

Porter (2008) destaca ainda as implicações que fatores como tecnologia e inovação, políticas governamentais e produtos e serviços complementares, exercem sobre a formação da vantagem competitiva em uma dada indústria ou mercado. O autor também chama atenção para as mudanças que a estrutura industrial sofre ao longo do tempo, exigindo dos estrategistas um acompanhamento detalhado dessa evolução. É o que se pode ver no trabalho de Boljwin e Kumpe (1990) no qual a empresa, para sobreviver neste mercado, precisa apresentar características próprias como: eficiência, flexibilidade e qualidade.

Essas características evoluíram ao longo de décadas e marcam fortemente a competição mundial a partir dos anos 90.

Para Boljwin e Kumpe (1990) se torna impossível suprimir fases, visto que uma se torna pré-requisito para a outra, o sucesso em uma fase depende do aprendizado adquirido na fase precedente. Avançar entre as fases envolve mudanças estruturais e culturais profundas. Portanto, não se torna uma questão de escolhas entre posições de baixos custos de produção, produção de qualidade ou produção flexível. Para se competir nos dias de hoje, as organizações precisam ser flexíveis, de qualidade e baixo custo, além de inovadoras.

Redução dos custos, melhoria da qualidade e aumento da flexibilidade estão todos intimamente envolvidos na busca contínua por novos avanços com o objetivo de oferecerem produtos superiores em termos de preço, qualidade e performance. Mostrando que a organização da década de 90 produz não só uma ampla e variada gama de produtos mas também é conhecida pela exclusividade de seus produtos. (BOLJWIN e KUMPE, 1990, p. 52)
tradução do autor.

É nesse contexto mundial que também se insere a indústria da moda que apresenta como característica o dinamismo, a flexibilidade e uma alta velocidade de obsolescência (RECH, 2006). Esses fatores forçam as confecções a oferecerem uma ampla variedade de produtos com um ciclo de vida curto que se renova a cada estação do ano forçando as empresas a atenderem com agilidade as demandas desse mercado.

É um desafio para as pequenas e médias empresas do setor de confecções manterem-se abertas e competitivas onde predominam as indústrias de pequeno porte, caracterizadas pela flexibilidade de atuar e sair do mercado, devido ao baixo capital necessário para abrir e ampliar empresas. O setor consegue agir com rapidez e adaptar-se às recessões do mercado brasileiro que segundo dados do IEMI (2008) empregam cerca de 1.223.000 pessoas em mais de 23.000 empresas e representou no ano de 2005 4,1% do PIB nacional.

Como se pode notar, no ambiente complexo e dinâmico no qual evolui a competição mundial, necessárias também são as teorias que ajudem as empresas a lidar com os desafios impostos por tais mudanças. Neste ponto, destaca-se a TOC (*Theory of Constraints*) ou Teoria das restrições como uma alternativa para as empresas fortalecerem ou criarem vantagens competitivas.

De acordo com Davies (2005) e Kendall (2007), vários estudos demonstram que a aplicação da TOC em sistemas de produção trouxe excelentes resultados.

Dessa forma, este trabalho pretende se utilizar da metodologia de estudos de caso para investigar a aplicação da TOC em uma empresa de confecções e os possíveis benefícios obtidos através dessa abordagem.

1.2 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

Como observado na seção anterior e destacado por Boljwin e Kumpe (1990), para se manterem competitivas as empresas precisam atender aos requisitos de mercado: preço, qualidade, linha de produtos e exclusividade, traduzidos internamente através dos critérios de performance: eficiência, qualidade, flexibilidade e inovação. Embora, isso possa ser observado em vários segmentos, a flexibilidade e a capacidade de inovar são amplificadas no setor de confecções, dadas as características do mercado da moda como observado por Rech (2006), as modificações do mercado exigem posturas novas na indústria: “Atualmente, pontos como flexibilidade; qualidade; inovação; criatividade; e seletividade são apontados como instrumentos estratégicos para as organizações”. Rech (2006, p. 104).

Por conseguinte, é imperativo para as confecções criarem condições para se tornarem competitivas. É nesse ínterim que as ferramentas de estratégia operacional (Mabin; Balderstone, 2003) desenvolvidas pela TOC, podem auxiliar essas empresas na obtenção de vantagem competitiva.

De acordo com Mabin e Balderstone (2003), a aplicação das ferramentas da TOC é capaz de diminuir os ciclos de produção (*cycle time*), o tempo de atravessamento (*lead time*), melhorar os prazos de entrega, diminuir os estoques e aumentar as vendas e a rentabilidade.

Os fatores como os descritos acima são de extrema importância para o sucesso das operações de manufatura encontradas nas confecções. Portanto, observar a aplicação da TOC no ambiente de produção dessas empresas pode ajudá-las no processo de aprimoramento contínuo.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Esta pesquisa tem como objetivo geral investigar a aplicação da TOC em uma empresa de confecções.

A pesquisa tem ainda como objetivos específicos os seguintes:

- Desenvolver uma modelagem para a aplicação da TOC na gestão da produção de uma pequena empresa do setor de confecções;
- Analisar os resultados desta aplicação;
- Identificar o gargalo (limitador da produção) através da cronometragem das operações.
- Simular a elevação dos gargalos para prever até que ponto é rentável para a empresa elevar o gargalo e que esforços serão necessários para alcançá-los.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia da TOC será aplicada a uma empresa de confecções na cidade de Juiz de Fora, no estado de Minas Gerais, especializada em roupa íntima masculina, visando obter um melhor conhecimento dos fatores limitadores do seu sistema de produção, analisando detalhadamente os aspectos que a tornam mais eficiente.

Embora o arcabouço teórico da TOC tenha se desenvolvido ao ponto de esta ser considerada uma teoria geral para gerenciamento de operações (GUPTA, 2008) o presente trabalho não tem a pretensão de analisar todos os aspectos operacionais da empresa foco desse estudo. Ele se limita a observação e aplicação dos cinco passos de focalização desenvolvidos pela TOC.

1.5 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

A indústria de confecções brasileira, de acordo com o IEMI (2008), possuía em 2007, 23.276 confecções e foi responsável por gerar 1.223.862 empregos, sendo a 6ª maior produtora mundial de têxteis e vestuário. Consumindo internamente mais de 90% do que produz e respondeu por um faturamento de US\$ 38,2 bilhões, juntamente com os têxteis o setor representou cerca de 5,5% do total da indústria de transformação nacional que foi de US\$ 744,9 bilhões. O setor também vem se modernizando, entre 1990 e 2007 foi investido cerca de US\$ 12 bilhões, o que permitiu o setor se tornar moderno e competitivo, podendo ser equiparado no mesmo nível tecnológico dos principais produtores mundiais. Os dados estatísticos do setor de confecções são bastante interessantes e expressivos e ilustram o potencial do setor na economia.

Porém, existem ainda alguns problemas a serem enfrentados, como por exemplo, a carência de maior escala produtiva, principalmente no setor confeccionista onde 97% das empresas em atividade são de pequeno e médio porte (até 99 empregados). (IEMI, 2008 – pág.32).

Ainda segundo o IEMI (2008) em termos de comércio exterior a participação do Brasil ainda é pequena, o país ocupa a 46ª posição entre os maiores exportadores e a 43ª dentre os maiores importadores do planeta.

Dado o número de empregos, renda e produção, que a indústria têxtil e confeccionista movimenta na economia, é necessário que se desenvolvam pesquisas que de alguma forma possam colaborar para o desenvolvimento e alavancagem do setor.

As pesquisas acerca da TOC oferecem estudos em sua maioria aplicados a realidades diferentes do Brasil, no exterior, cujos resultados podem incentivar estudos específicos no mercado nacional, visto que são mercados distintos. São tímidos os estudos já realizados no Brasil e aplicados em áreas muito diferentes umas das outras. As publicações estrangeiras são pouco acessíveis aos empreendedores do setor. Os textos são divulgados em língua estrangeira. Produzir pesquisa na área é uma forma de divulgar os avanços obtidos lá fora e entrar em

contato com as experiências feitas aqui, no Brasil. Isso possibilitará aos pequenos empresários ter acesso a divulgação de resultados em empresa local como é o caso da pesquisa em questão neste estudo.

As empresas de confecção oferecem um mercado de trabalho considerável no setor produtivo como se poderá constatar no gráfico 1 abaixo. Quanto mais conhecimento for gerado através de pesquisas, mais chances o setor terá de crescer internamente e externamente, ganhando confiabilidade, rapidez e qualidade nos produtos. Os números do setor podem ser conferidos na tabela 1 e no gráfico 1.

Tabela 1 – Participação do setor têxtil na economia.

	Receita Bruta 2007 (US\$bi)	Pessoal Ocupado 2007 (mil func.)
Têxteis básicos	23,2	333,7
Confeccionados	38,2	1.223,9
Total da Cadeia ⁽¹⁾	41,3	1.557,6
Faturamento Ind. Transf. ⁽²⁾	744,9	9.027,7
Participação	5,5%	17,3%

Notas: (1) refere-se ao valor final dos produtos acabados, somando aos têxteis básicos destinados a outras aplicações e/ou ao comércio varejista.

(2) Não inclui indústria extrativa mineral e construção civil. Dados preliminares

Fontes: IEMI/IBGE (2008)

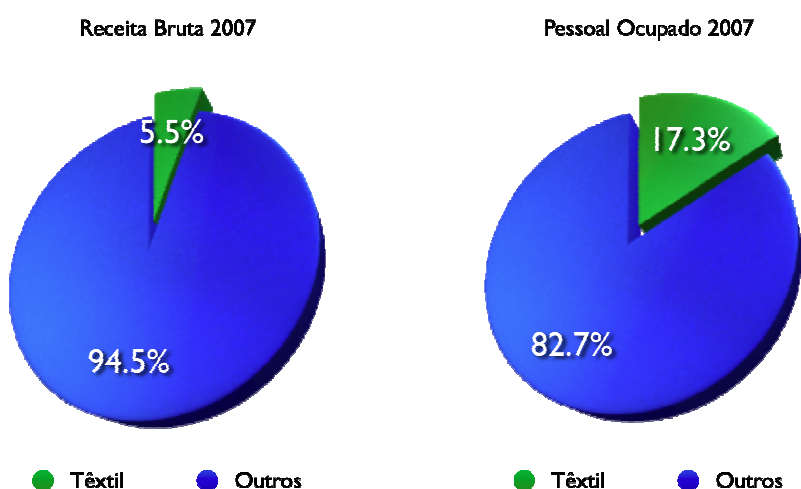


Gráfico 1 – Participação do setor têxtil na economia 2007.
Fonte: IEMI (2008)

1.6 HIPÓTESE DA PESQUISA

De acordo com Meleton (1986), Mabin e Balderstone (2003) e Seonmin *et al.* (2008), as empresas que se utilizaram da metodologia da TOC obtiveram resultados satisfatórios em termos de melhoria dos indicadores da produção e financeiros. A hipótese desta pesquisa é que resultados semelhantes sejam observados na empresa pesquisada.

1.7 BREVE DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A Pesquisa desenvolvida no presente trabalho baseia-se nos princípios da modelagem, estando estruturada nas seguintes etapas:

1. Revisão e consolidação dos conceitos sobre TOC;
2. Revisão da literatura identificando aspectos importantes das aplicações da TOC;
3. Aplicação e análise da TOC em um caso real.

Para a aplicação das etapas da TOC será utilizado o que é conhecido como os cinco passos de focalização. Essa estratégia levará em consideração:

1. Identificar a restrição;
2. Explorar a restrição;
3. Subordinar à restrição;
4. Elevar a restrição;
5. Voltar ao primeiro passo.

A aplicação desses passos possibilitará a observação da funcionalidade de obtenção de resultados a partir dos princípios que norteiam a TOC.

Para esse estudo foi utilizado um cronômetro com precisão centesimal, da

marca Oregon Scientific, modelo SL928M com capacidade de armazenamento de 500 tomadas de tempo.

As aferições dos tempos de processamento foram coletadas durante uma semana no período de 01/02/2010 à 5/02/2010. O capítulo 4, apresenta o detalhamento da modelagem.

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 6 partes:

- Introdução;
- Base conceitual;
- Revisão bibliográfica;
- Modelagem e aplicação dos conceitos da TOC;
- Considerações finais;
- Referências.

No primeiro capítulo, denominado, Introdução apresentou-se a contextualização do tema; a formulação da situação problema; os objetivos da pesquisa; a delimitação da pesquisa; importância e justificativa do estudo; hipótese da pesquisa e breve descrição da metodologia e por fim, a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo, Base conceitual, reúne de forma concisa os principais conceitos trabalhados pela TOC para o gerenciamento da produção.

No terceiro capítulo, Revisão bibliográfica, são apresentados estudos que se utilizaram dos conceitos apresentados no segundo capítulo.

O capítulo quarto, Modelagem e aplicação dos conceitos da TOC, apresenta o estudo feito em uma empresa de confecção com base nos conceitos da TOC.

O capítulo quinto, reúne as principais conclusões acerca do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2 BASE CONCEITUAL

Este capítulo apresenta os principais conceitos desenvolvidos pela TOC desde sua origem. Tem como propósito permitir o entendimento da teoria e criar a base para a aplicação da modelagem.

2.1 DEFINIÇÃO DE TOC

Costa et al. (2008) considera que TOC é uma metodologia para a gestão de sistema de produção, que tem por objetivo maximizar o fluxo de produção.

2.2 ORIGEM DA TOC

Segundo Meleton (1986), a Teoria das Restrições (TOC) originou-se no início dos anos 70, quando alguns pesquisadores israelenses entre eles, o físico Moshe Eliyahu Goldratt, se envolveu com problemas da logística de produção. Inicialmente, a TOC começou com o software da produção conhecido por OPT (Optimized production technology – Tecnologia de Otimização da Produção), era oferecido pela empresa Creative Output, Inc. (COI), e comercializado por US\$ 500.000,00, uma cifra alta que poderia ser uma barreira para o mercado da época, principalmente para um sistema cuja operação permanecia um mistério e que apenas podia se esperar que os resultados fossem os anunciados (MELETON, 1986).

A COI foi fundada em Israel e só em 1979 foi aberta nos EUA onde teve entre seus clientes empresas como: Ford, GE, GM, Westinghouse, RCA, Bendix e AVCO.

Para a implementação do OPT era necessária também a incorporação de toda a filosofia por trás do sistema. Para Goldratt (1985) o objetivo de uma empresa é gerar dinheiro agora e no futuro. Para tanto, é necessário simultaneamente aumentar o ganho (throughput), reduzir os estoques (inventory) e diminuir as despesas operacionais (operating expenses), essas são as medidas de desempenho da TOC (SPENCER e COX,1995).

Embora muitas empresas viessem a adotar os sistemas comercializados pela COI, a TOC só se disseminou a partir do livro, em forma de novela, A Meta (Goldratt, 1985), no qual Goldratt expõe alguns principais conceitos da TOC.

Meleton (1986) procurou questionar e analisar os possíveis avanços trazidos pelo OPT à época. Ele cita os conceitos iniciais que mais tarde seriam englobados na TOC. Os conceitos de gargalo e não gargalo, utilizados como base para a programação da produção, nos quais os recursos gargalo deveriam ser programados para uma plena utilização e os não gargalos programados para servirem aos gargalos.

Meleton (1986) menciona que o OPT acendeu a discussão sobre temas até então tidos como tabu na administração da produção, como os tempos de setup (tempo necessário para se preparar ou programar uma máquina) que deviam ser salvos a todo custo e que para o OPT só faziam sentido nos recursos gargalos. De acordo com o COI, o tempo salvo em um recurso não gargalo é uma miragem e não ajuda em nada o ganho. Desde o momento em que os setups são permitidos na maioria dos recursos, os lotes de produção não obedecem a regras pré-estabelecidas e podem ser transferidos ou processados de acordo com o melhor fluxo para a produção.

Segundo Meleton (1986) o OPT levantou um embate entre a contabilidade de custos (CC) e a produção. Na visão da TOC a CC era considerada inimiga da produção, quando motiva os gerentes a economizarem tempos de setup e a plena utilização de todos os recursos disponíveis em troca de uma boa análise contábil. Os resultados dessas políticas são altos níveis de estoques em processo, longos ciclos de produção, sem nenhum aumento no ganho, visto que os gargalos permanecem inalterados. A contabilidade de custos desencoraja o uso de alternativas mais caras para o recurso gargalo, pois se de um lado economiza em um ponto local do processo, por outro lado corta o ganho e aumenta o estoque ao longo do restante do processo.

2.3 OPERACIONALIZAÇÃO DO OPT

Segundo Meleton (1986), o OPT se diz útil na modelagem de ambientes produtivos, na consolidação de plantas, melhorias de layout, design de células e tecnologias de grupo e na solução de gargalos na produção.

Meleton (1986) identificou muitas histórias de sucesso na aplicação do OPT, nas quais a maioria dos usuários encontrou significativas reduções nos estoques em processo e melhorias nos tempos de entrega. Dentre os casos citados por Meleton (1986), observam-se os seguintes:

O caso da Howmet Turbine Factory em Indiana que apontou um crescimento de 10% no aumento das vendas, ocasionado pela melhoria na pontualidade dos prazos de entrega que não foram alcançados por seus concorrentes e se tornaram uma vantagem competitiva.

Outro caso citado é o da AVCO, Lycoming Division (divisão da cidade de Lycoming) que pela primeira vez foi capaz de entregar motores de turbinas no prazo programado.

Um terceiro caso foi o da Bendix/Friction Materials Division que relatou o aumento das receitas, diminuição das despesas operacionais, reduções no tempo de produção e redução no espaço necessário.

Nas análises feitas por Meleton (1986) e nas fontes que serviram para seu estudo, muito se encontrou de positivo para o OPT, porém algumas questões permaneceram sem resposta. Se o sistema funcionasse como dizia muitos benefícios seriam alcançados. Com a redução dos estoques em processo e o aumento no ganho, os custos operacionais cairiam, haveria uma melhora no *cycle time* (tempo de ciclo) e uma redução no espaço necessário.

Outro aspecto analisado do OPT foram os tempos para o processamento dos dados no computador comparados com os sistemas MRP (*material requirement planning* – planejamento das necessidades de materiais) necessários para se gerarem as programações da produção.

Meleton (1986) descreve ainda o funcionamento do OPT, como se pode ver na figura 2, que ilustra o processo desde o início até a finalização do cronograma de produção, a tarefa mais demorada e complexa é a manutenção das informações necessárias para se rodar o sistema.

A lista de materiais, rotas, planejamento de pedidos futuros e ordens já colocadas, estoques e outras informações dos centros de trabalho como tempos de setup e processamento são combinados e consolidados em uma espécie de rede para cada produto final.

O módulo chamado *BUILDNET* é responsável por unir e checar as informações, também testa modificações nas linhas de produtos, cria novos e modifica antigos.

A rede de produtos possui 24 campos de dados para cada operação. Uma vez montada a base de dados e a rede de produtos, o sistema está pronto para rodar. É a vez de o módulo *SERVE* providenciar um arquivo em ordem decrescente de utilização média para cada recurso, nesse ponto erros podem ser corrigidos e realimentados no *BUILDNET*. Quando são encontrados gargalos, o módulo chamado *SPLIT* divide os recursos em duas áreas, recursos com restrição de capacidade e recursos sem restrição.

Esse módulo é a parte central do OPT e é aí que está contida a mágica matemática desenvolvida por Goldratt. O módulo otimiza a programação para os recursos com restrição de capacidade em cada rede de produtos, criando um cronograma com programação finita para frente, determina o tamanho dos lotes de transferência e processamento, sincronizando o fluxo da produção e mantendo o *mix* (combinação de produtos) correto.

Novamente o *SERVE* programa os recursos sem restrição, levando em conta estoques de segurança para os gargalos e tempos extras de *setup* para os não gargalos. Dessa forma, completa-se a primeira interação. Se algum recurso não gargalo programado pelo *SERVE* mostrar mais de 100% de utilização, então dados e erros são checados e corrigidos ou o recurso é movido para a área de recursos com restrição e uma nova interação se segue. São realizadas várias interações até que nenhum recurso tenha uma utilização superior a 100%.

Para que se fique nesse limite são aceitas: horas extras, mudanças de turno, aumento da mão de obra ou mudanças nos prazos de entrega. Segundo o COI, uma média de seis interações é suficiente para se concluir a programação e não mais que duas horas de processamento no computador. Durante as interações são evitados reduções ou reavaliações de tempos de *setup*, processamento ou dados dos recursos apresentados como gargalos. Isto possibilita aos gerentes a oportunidade de evitar futuros problemas com gargalos ou no mínimo estarem

atentos as suas ocorrências. Confira na figura 2 o fluxograma remissivo do tratado até aqui.

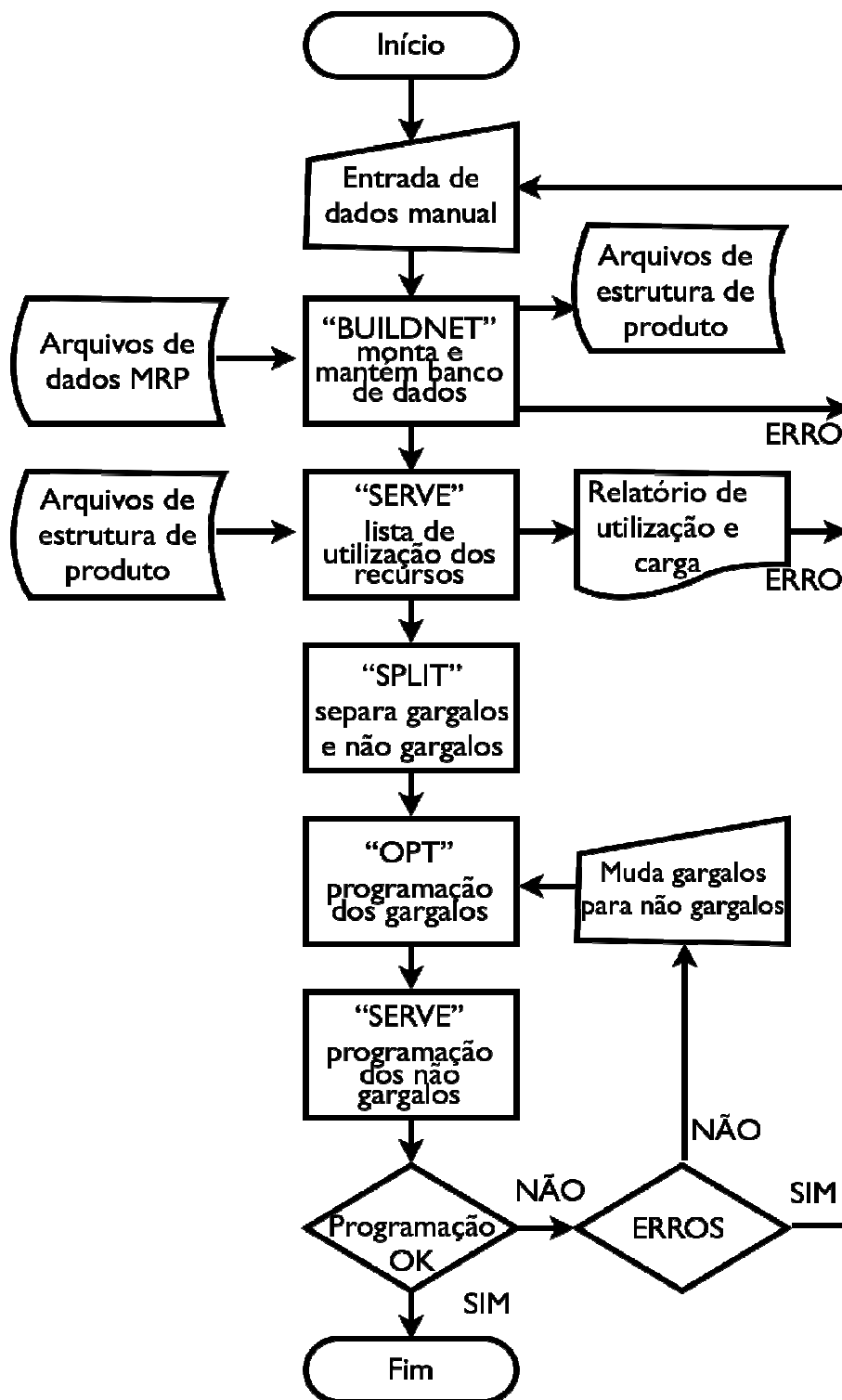


Figura 2 – Fluxograma do OPT.
Fonte: Meleton (1986)

2.4 RAMIFICAÇÕES DA TOC

Para Spencer e Cox (1995), a Teoria das Restrições está dividida em três componentes, ou ramificações:

1 – Ramo da Logística:

- Compreende os cinco passos de focalização;
- A metodologia de programação drum-buffer-rope (Tambor-Pulmão-Corda) e buffer management (Gerenciamento do Pulmão);
- E a análise V-A-T (usada para analisar linhas de produção e sistemas de distribuição), o termo V-A-T é uma alusão à forma dos três diagramas que definem os processos de produção.

2 – Medidas de desempenho:

- É o ramo em que se encontram as definições de Throughput (Ganho); Inventory (Estoque) e Operating Expense (Despesa Operacional);
- A aplicação do conceito de throughput-dollar-days (Ganho-Dinheiro-Dia);
- E a aplicação do conceito de decisão do mix de produção.

3 – Processos de raciocínio e métodos de solução de problemas:

- Neste ramo encontram-se os diagramas de efeito-causa-efeito (ECE) e seus componentes, árvore da realidade atual, árvore da realidade futura, árvore de pré-requisitos e árvore de transição.
- E os processos de auditoria do ECE, o diagrama de dispersão de nuvem e os cinco passos de focalização.

O Quadro 1 apresenta um sumário desta classificação.

1- Ramo da Logística
2- Medidas de desempenho
3- Processos de raciocínio e métodos de solução de problemas

Quadro 1 – Ramificações da TOC
Fonte: Spencer e Cox (1995)

A seguir são apresentados alguns conceitos utilizados na TOC. Os primeiros são recursos gargalo e não-gargalo.

2.5 CONCEITO DE RECURSO GARGALO E NÃO GARGALO

Na TOC a base para a programação e planejamento da produção é a separação dos recursos em dois grupos: os gargalos que também são chamados de recursos com restrição de capacidade (RRC) e os não-gargalos ou recursos sem restrição de capacidade.

O gargalo (RRC) é aquele recurso que em um determinado horizonte de tempo apresenta sua capacidade totalmente utilizada, enquanto os demais recursos possuem capacidade ociosa. Para a TOC, o gargalo é que mantém o ritmo da produção e controla o ganho da empresa. Vejam alguns relacionamentos entre os recursos:

Considere o recurso “X” como GARGALO e “Y” como NÃO-GARGALO, de acordo com a figura 3, verão que a disponibilidade do recurso X é de 200 horas por mês e que sua demanda é total, ou seja, as mesmas 200 horas por mês. Já o recurso Y que possui a mesma disponibilidade de 200 horas por mês apresenta sua demanda de apenas 150 horas por mês.

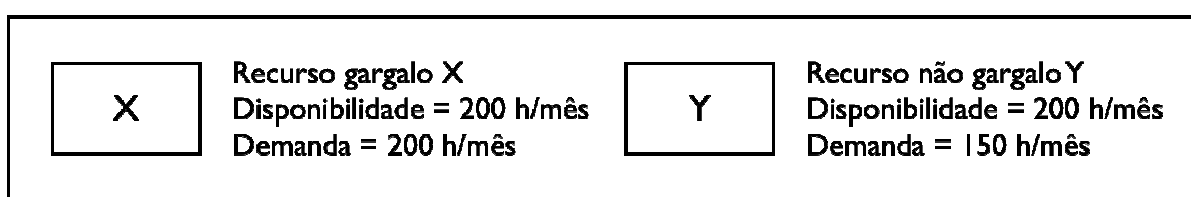


Figura 3 – Relacionamento entre gargalo e não gargalo.
 Fonte: Corrêa (2005)

Com base nesses dados será analisado a relação entre os recursos em 3 casos distintos:

Caso 1: a produção flui de X para Y, a capacidade de X está totalmente tomada (100%), enquanto Y só utiliza 75%, X não consegue manter Y trabalhando o tempo todo. Confira na figura 4:

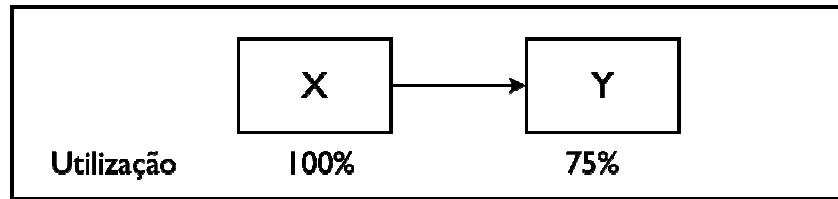


Figura 4 – Relacionamento X (100%) alimenta Y (75%)
Fonte: Corrêa (2005)

Caso 2: a produção flui de Y para X, mas uma vez que X trabalha o tempo todo, como Y está a sua frente, enquanto existir estoques Y poderia continuar a trabalhar, porém um dos princípios da TOC é diminuir os estoques, dessa forma, para Y não produzir estoques deve parar quando atingir os 75%. Confira na figura 5:

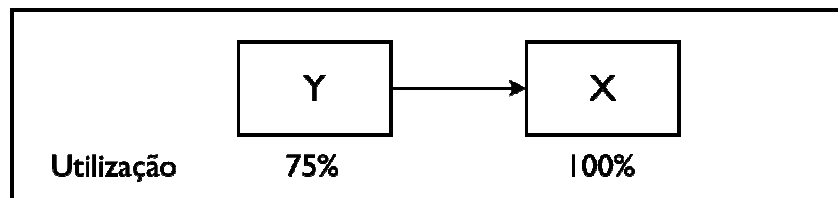


Figura 5 – Relacionamento Y(75%) alimenta X (100%)
Fonte: Corrêa (2005)

Caso 3: A produção flui tanto do recurso X, quanto Y para o setor de montagem, da mesma forma se Y continuar trabalhando irá gerar estoques, e, portanto deve parar em 75%. Confira na figura 6:

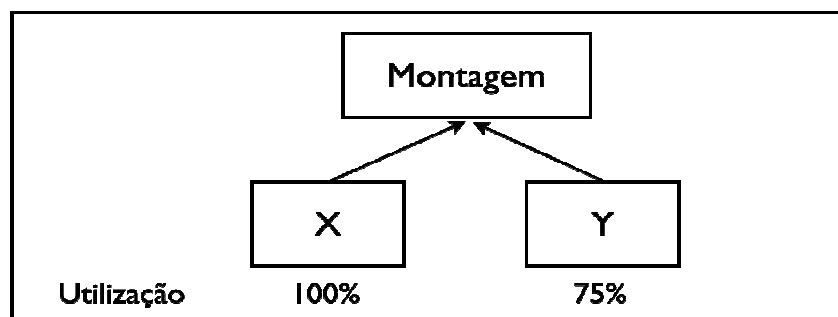


Figura 6 – Relacionamento X (100%) e Y (75%) alimentam uma montagem.
Fonte: Corrêa (2005)

2.6 ANÁLISE V.A.T.

Para Spencer e Cox (1995), a análise V-A-T é uma ferramenta usada para observar linhas de produção e sistemas de distribuição, o termo V-A-T é uma alusão à forma dos três diagramas que definem os processos de produção.

De acordo com Umble (1992), a análise V-A-T deve ser utilizada como uma ferramenta para a análise dos fluxos de produção dentro das fábricas, ela auxilia os gestores da produção a identificarem pontos de controle e a evitarem distúrbios e problemas nos processos. O diagrama de fluxo de produção sugere um modelo genérico que pode ser aplicado a qualquer processo de fabricação. Para Umble (1992), a base para a construção dos diagramas encontra-se nos seguintes pontos de interação entre produtos e recursos:

- a) Pontos de divergência;
- b) Pontos convergentes de montagem;
- c) Pontos divergentes de montagem.

Desta forma, as plantas são classificadas com base na categoria que for a mais dominante no processo de fabricação. A figura 7 apresenta o diagrama para as três categorias apresentadas acima.

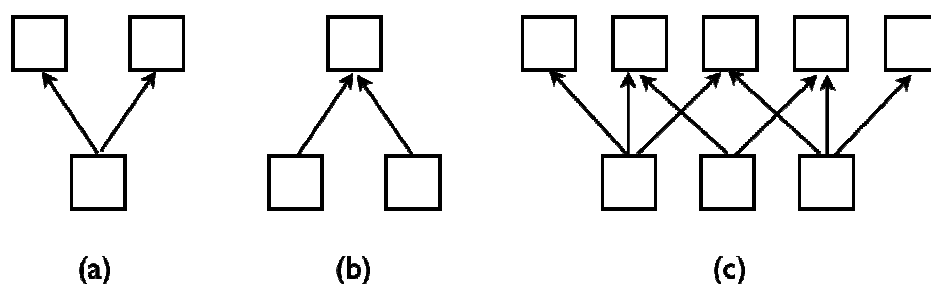


Figura 7 – As três categorias de diagramas de fluxo encontradas na produção.
Fonte: Umble (1992)

2.7 INDICADORES GLOBAIS DA TOC

Para a TOC os indicadores tradicionais de mensuração dos resultados econômicos não são suficientes para direcionarem os esforços gerenciais na busca da meta da empresa de ganhar dinheiro hoje e no futuro (Goldratt, 1992). Portanto, a TOC possui o que chama de INDICADORES OPERACIONAIS GLOBAIS que são responsáveis por fazer a ponte entre as ações tomadas pelos gestores na produção e o alcance dos resultados financeiros esperados. Os indicadores trabalhados na TOC são: ganho, despesas operacionais e inventário.

Ganho:

- O índice no qual o sistema gera dinheiro através das vendas.

Inventário:

- Todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que o sistema pretende vender.

Despesa Operacional:

- Todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar inventário em ganho. (GOLDRATT, 1992)

O ganho (*Throughput*) pode ser qualquer coisa que leve um sistema a atingir seu objetivo, sua meta. No caso de uma indústria, ganho é considerado como uma taxa pela qual o sistema gera dinheiro, através da venda de seus produtos. O ganho só deve ser reconhecido quando a empresa efetivamente vende seu produto (produtos acabados, mas não vendidos são considerados estoques). A seguinte expressão permite calcular o ganho:

$$G = F - I \quad [2.1]$$

Onde:

G - É o Ganho expresso em unidades monetárias;

F - É o faturamento a receita proveniente das vendas;

I - É o inventário ou estoques.

O inventário (*inventory*) é o dinheiro que a empresa empregou nos bens que pretende vender (não só matéria-prima, produto acabado, mas também prédios, máquinas, tudo o que foi investido). Não inclui valor adicionado ou o conteúdo do

trabalho, esses são incluídos nas despesas operacionais.

A despesa operacional (*operating expenses*) é todo o dinheiro que a empresa gasta para transformar o inventário em ganho. Tudo o que pertence ao dia a dia da empresa direto ou indireto, aluguéis, salários, geralmente fixados no tempo.

Segundo Guerreiro (1996), esses indicadores propagados por Goldratt para mensuração dos efeitos econômicos, derivam da contabilidade e também são conhecidos por custeio direto e margem de contribuição.

2.8 INDICADORES DA TOC X INDICADORES TRADICIONAIS

Os indicadores tradicionais usados para a medição de resultados econômicos mais conhecidos são:

- Lucro líquido (LL) é a medida absoluta
- Retorno sobre o investimento (RSI) é uma medida relativa
- Fluxo de caixa (FC) é uma medida de sobrevivência

O lucro líquido é uma medida absoluta de se ganhar dinheiro, é a diferença entre o que foi gasto e o que se gerou de receita, mas por si só não é suficiente para medir o desempenho de um sistema. Se uma empresa obtém um lucro de 10 milhões e investiu 20 milhões, obteve um bom resultado, mas se investiu 200 milhões e o resultado foi os mesmos 10 milhões já não parece tão bom. Por esse motivo, é necessário outro indicador que mostre o quanto se teve de resultado naquilo que se investiu, nesse caso, o retorno sobre o investimento é uma medida que mostra o quanto relativo são os resultados, dessa maneira os dois indicadores juntos parecem suficientes, a não ser pelo fato de muitas empresas não conseguirem tocar seus negócios por falta de dinheiro, no momento certo a medida de sobrevivência para estes casos é o fluxo de caixa. As três medidas em conjunto são uma boa forma de se medir o quanto um sistema gera de dinheiro, porém dizem pouco sobre a maneira como devem ser administrados os recursos na produção.

Para se entender melhor o relacionamento entre os indicadores tradicionais de medição de resultados e os indicadores da TOC, observa-se abaixo na figura 8 os impactos que cada indicador da TOC possui em relação ao indicador tradicional.

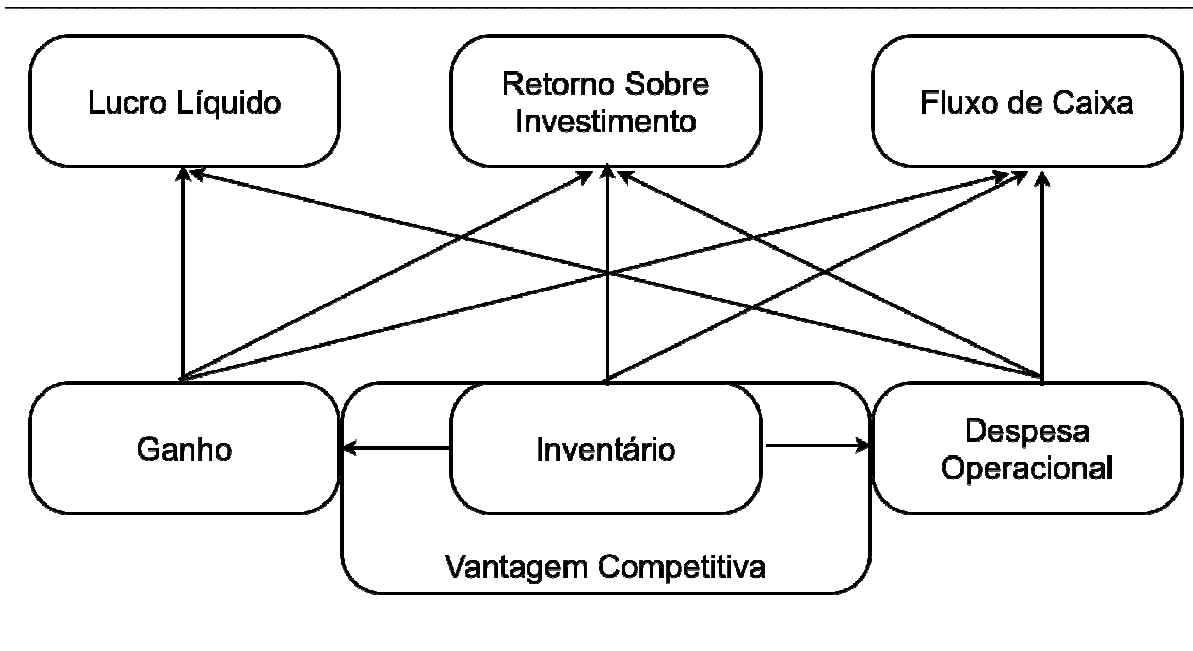


Figura 8 – Relacionamento entre indicadores globais e tradicionais.
Fonte: Goldratt e Fox (1992)

Um aumento no ganho demonstra impacto direto no aumento do lucro líquido, retorno sobre o investimento e no fluxo de caixa. Da mesma forma, como uma diminuição das despesas operacionais também afetam positivamente os três indicadores.

Já o inventário atua diretamente no retorno sobre o investimento e fluxo de caixa e indiretamente no lucro líquido através do ganho. Para análise do lucro líquido é importante observar a equação [2.2] abaixo, que define o cálculo do LL com base nos indicadores globais.

$$LL = G - DO \quad [2.2]$$

Onde:

LL - Lucro líquido

G - Ganho

DO - Despesa Operacional

Para Goldratt e Fox (1992), embora a diminuição do inventário tenha impacto direto apenas sobre o RSI e o FC, ela exerce um efeito adicional no ganho e nas despesas operacionais, que irá repercutir positivamente nos três indicadores tradicionais e que, portanto deve ser visto como gerador de vantagem competitiva para as empresas. Os autores chamam a atenção para a importância que, principalmente os japoneses, dão ao inventário através do processo de produção JIT (*Just in Time*).

2.9 OS NOVE PRINCÍPIOS DA OPT

Vários autores divulgam em seus textos teóricos os nove princípios do OPT (Lundrigan, 1986; Guerreiro, 1996; Corrêa e Corrêa, 2005). A seguir são apresentadas as bases que os organizam:

a. Balancear o fluxo e não a capacidade;

O fluxo deve ser igual por todo o processo produtivo, sendo assim, deve ser regulado por alguma restrição do sistema, no caso pelo recurso gargalo. A busca pela eficiência local faz com que os recursos não gargalo sejam ativados, o que colabora apenas para o aumento dos estoques.

b. A utilização de um recurso não-gargalo é determinada por alguma outra restrição do sistema (por exemplo, um gargalo);

Os gargalos ditam o ritmo de produção de maneira global. O nível de utilização dos não gargalos deve ser determinado pela necessidade dos gargalos. O único lugar para manter 100% os recursos trabalhando é nos gargalos, visto que são eles que governam o que sai pela porta da fábrica e volta em rendimentos.

c. A utilização e a ativação de um recurso não são sinônimos:

O OPT difere ativação de utilização. A ativação de um não-gargalo eleva os estoques o que gera desperdícios em forma de estoques excessivos. O

tempo total de um gargalo é dividido em tempo de preparação e tempo de processamento, enquanto o não-gargalo possui ainda um tempo ocioso. A organização operacional do sistema ficaria assim:

O que fazem os recursos gargalo:

$X = \text{preparação} / \text{processamento}$

O que fazem os recursos não-gargalo:

$Y = \text{preparação} / \text{processamento} / \text{ociosidade}$

d. Uma hora perdida no recurso gargalo é uma hora perdida para o sistema inteiro.

Se um verdadeiro gargalo está sendo utilizado em seu potencial máximo, uma hora perdida nesse recurso, nunca mais poderá ser recuperada, o que compromete a saída de produtos ou serviços do sistema como um todo.

e. Uma hora ganha num recurso não-gargalo não é nada, é só uma miragem;

Uma hora ganha no recurso não-gargalo aumenta o tempo de ociosidade, se esse tempo for convertido em produção, haverá aumento dos estoques que não serão absorvidos pelo gargalo, o que fará a empresa perder dinheiro. Da mesma forma, o gasto em engenharia, compras, instalação e execução, envolvidos na melhoria, são traduzidos em aumento das despesas operacionais, trazendo mais perdas à empresa.

f. O lote de transferência pode não ser, e frequentemente, não deveria ser, igual ao lote de processamento.

Para ilustrar este princípio, Lundrigan (1986) descreve que a linha de produção de Henry Ford em 1903, possuía 203 dias de estoque em processo. Em 1922, com a utilização do conceito da linha de montagem e integração vertical, ele reduziu de 203 para 17 dias os níveis de estoque. O tempo de produção da chegada do ferro até o carro pronto no final da linha, necessitava de 48 horas. Henry Ford reconhecia a sexta regra do OPT. Em sua linha, o lote de processamento era infinito e o lote de transferência unitário. Dessa forma, se permite que os materiais possam ser transferidos antes que todo o lote seja processado, fazendo com que os lotes sejam

divididos, reduzindo o tempo total de passagem pela fábrica.

g. O lote de processamento deve ser variável e não fixo.

Nos sistemas MRPII tradicionais, os lotes de processamento são fixos em termos de tempo ou tamanho. Porém, não há uma relação entre o tamanho do lote e o que é necessário para se balancear o fluxo do ciclo de produção. No sistema JIT, os lotes são puxados através de *Kanbans* (cartões). Eles evitam restringir o sistema com lotes de processamento prefixados e procuram deixar com que o fluxo de produção determine os lotes de transferência. Os lotes de transferência devem responder pela perspectiva do fluxo e os lotes de processamento pela perspectiva do recurso. Isso permite que os lotes sejam divididos, diminuindo o tempo de passagem dos produtos pela fábrica.

h. Os gargalos não só determinam o fluxo do sistema todo, mas também definem seus estoques. (Os gargalos governam o ganho e o inventário)

Comumente encontram-se longas filas a frente do gargalo, enquanto que nas operações subsequentes, se processam poucas ou nenhuma fila. Não se devem processar as montagens antes de liberadas pelo gargalo, visto que estas ficarão paradas, aguardando.

Os estoques existentes a frente dos gargalos também são importantes para a proteção desses, são chamados *time buffers* (pulmões de tempo) e servem para proteger os gargalos dos efeitos das flutuações estatísticas, características de eventos dependentes e das incertezas como quebras e absenteísmo.

i. A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não sequencialmente. *Lead times*, os tempos de atravessamento são um resultado da programação e não podem ser assumidos *a priori*.

Os sistemas tradicionais de programação da produção, como os modelos **MRPII**, utilizam tamanhos de lote predeterminados e *lead times* fixos para fazerem a programação e depois checarem a capacidade.

O OPT sugere que sejam consideradas todas as restrições do sistema como:

políticas de gestão, rotas complexas, tempos de setup (preparação), quantidades, tempos de processamento, ferramental, manutenção, atrasos, mudanças de pessoal, mudanças na demanda, entre outros. Simultaneamente com a programação da produção para que seja o mais realista possível.

2.10 PROCESSO DE DECISÃO DA TOC (OS 5 PASSOS DA FOCALIZAÇÃO)

Os cinco passos de focalização abordados por Goldratt (1993) foram destacados em diversas outras obras suas, além da supracitada e são os seguintes:

1. **Identificar** a restrição do sistema;
2. Decidir como **explorar** a restrição do sistema;
Analisar a forma mais eficiente de se explorar o RRC, ex. P&Q.
3. **Subordinar** todo o sistema às decisões acima;
4. **Elevar** as restrições do sistema;
5. Se a restrição tiver sido quebrada em um dos passos anteriores, retornar ao passo 1. Não permitir que a inércia se transforme na restrição do sistema.

Esses cinco passos, aparentemente simples, norteiam toda a filosofia por trás da TOC. Para a TOC, todo sistema possui uma restrição que limita a capacidade de obter maiores resultados, sem essa restrição o sistema tenderia ao infinito.

2.11 O PROBLEMA DOS PRODUTOS HIPOTÉTICOS P E Q

O problema dos produtos P e Q é um dos mais emblemáticos exemplos da aplicação dos princípios da TOC e foi proposto por Goldratt inicialmente em 1988 (Guerreiro, 1996). A figura 9 foi reproduzida do livro *A síndrome do palheiro* de

Goldratt (1990), é um exercício que pode ser aproveitado para demonstrar a eficiência da TOC como a observação dos cinco passos de focalização já mencionados.

Trata-se de uma simulação da produção de dois produtos hipotéticos conhecidos por produto P e produto Q, na qual o objetivo é identificar o quanto de lucro pode-se obter nessa planta de uma fábrica por semana. Ao propor o problema, Goldratt pedia ao leitor que tentasse solucionar a questão, antes de conhecer o resultado e então compará-lo. Observe abaixo o fluxograma da hipótese:

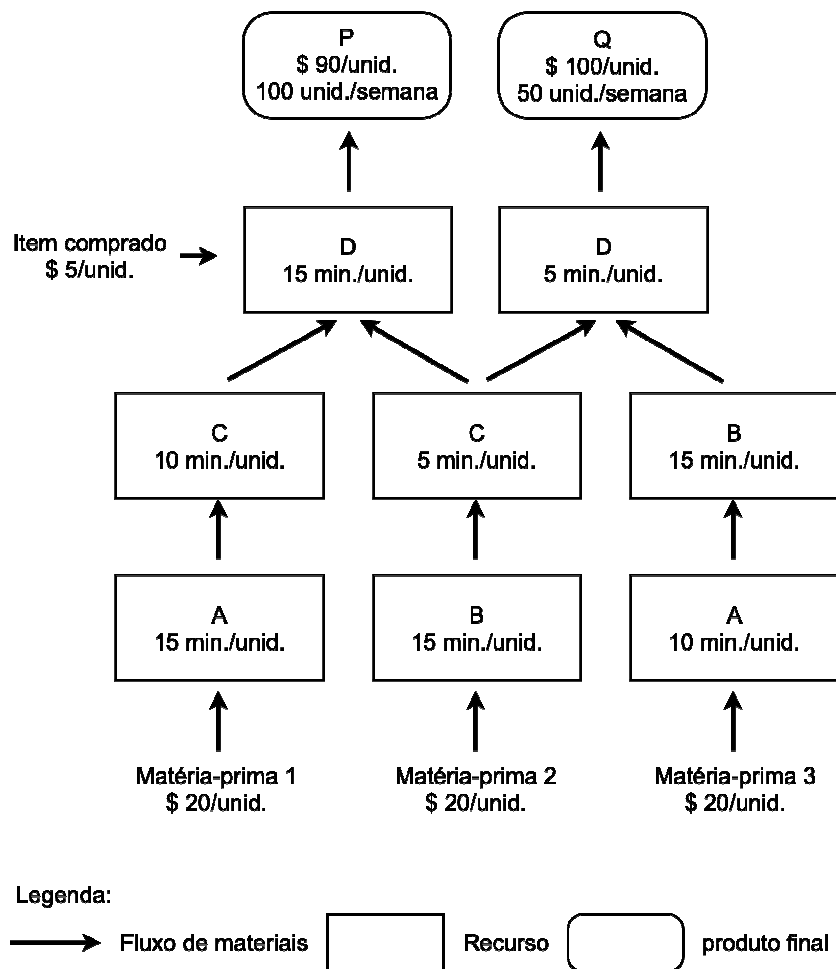


Figura 9 – Fluxograma dos produtos P e Q.
 Fonte: Goldratt (1990)

No fluxograma o produto *P* possui uma demanda semanal de 100 unidades e um preço de venda de \$90,00, enquanto o produto *Q* apresenta uma demanda de 50 unidades por semana e seu preço é \$100,00. Para o produto *P* são utilizadas

duas matérias-primas no valor de R\$20,00 cada e é adicionado um item que custa \$5,00 para montagem final. Já o produto Q utiliza como matéria-prima, apenas duas partes no valor de \$20,00, cada uma. Para a obtenção dos produtos são utilizados quatro processos: A, B, C e D.

Os tempos de processamento para *P* são: o tempo para A, B, C e D é igual à 15 minutos. Já para Q se apresentam tempos diferentes: A igual à 10 minutos, B igual à 30 minutos e C e D igual à 5 minutos. Os recursos estão disponíveis 8 horas por dia, em 5 dias da semana e cada trabalhador tem 2400 minutos por semana. Os custos fixos são de \$6.000,00 semanais. Esse é o problema que deve ser solucionado pelo leitor: Quanto de lucro se é possível obter nessa planta?

Nas tabelas 2 e 4, pode-se ver duas formas diferentes de se responder a questão, nas quais os resultados são completamente diferentes. No primeiro caso, o resultado é de um prejuízo de \$300,00, enquanto que no segundo há um lucro de \$300,00.

Solução 1: se a opção for atender a demanda total de Q, ou seja 50 unidades, o resultado será um prejuízo de R\$300,00.:

Tabela 2 – Simulação com resultado negativo para a produção dos produtos P e Q.

Produto	Preço de Venda por Unidade	Custo matéria-prima por unidade	Ganho por unidade	Demanda Atendida	Ganho Total por produto
P	R\$ 90,00	R\$ 45,00	R\$ 45,00	60 unid.	(60xR\$ 45,00) = R\$2700,00
Q	R\$100,00	R\$ 40,00	R\$ 60,00	50 unid.	(50xR\$ 60,00) = R\$3000,00
					Total R\$ 5700,00
					Despesa R\$ 6000,00
					Lucro/Prejuízo - R\$ 300,00

A lógica que leva ao primeiro resultado que é atender primeiro a demanda total de Q, é a busca pela rentabilidade, gerada individualmente por cada produto, ou seja, o produto *P* apresenta uma rentabilidade de \$45,00, enquanto *Q* possui \$60,00, essa é uma escolha baseada na análise puramente contábil entre a diferença do preço de venda e o custo da matéria-prima. Outra lógica que pode levar a esse resultado é a escolha pelo produto que utiliza o menor tempo de processamento, que novamente seria o produto Q com 50 minutos (5+5+30+10=50), contra os 60 minutos de P(15+15+15+15=60). Ambas as análises

se baseiam em observações isoladas de critérios como rentabilidade ou tempo total de processamento. Os cálculos para se encontrar a utilização dos recursos necessários para se atender a demanda de 50Q e 60P se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 – Utilização dos recursos para a produção de 60P e 50Q.

Recursos	Tempo necessário para produzir		Tempo Disponível	Tempo Consumido	Folga
	P	Q			
A	15 min.	10 min.	2400 min.	$(15 \times 60) + (10 \times 50) = 1400 \text{ min.}$	1000 min.
B	15 min.	30 min.	2400 min.	$(15 \times 60) + (30 \times 50) = 2400 \text{ min.}$	0 min.
C	15 min.	5 min.	2400 min.	$(15 \times 60) + (5 \times 50) = 1150 \text{ min.}$	1250 min.
D	15 min.	5 min.	2400 min.	$(15 \times 60) + (5 \times 50) = 1150 \text{ min.}$	1250 min.

Para a TOC, é preciso observar o sistema como um todo e não apenas critérios isolados, o que define a quantidade e a prioridade em se atender a demanda de um produto deve partir da análise obtida através dos cinco passos de focalização, ou seja, primeiro, deve-se identificar o gargalo.

Solução 2: se a opção for atender a demanda total de *P*, ou seja 100 unidades, o resultado será um lucro de R\$300,00, a tabela 4 apresenta a simulação.

Tabela 4 – Simulação com resultado positivo para a produção dos produtos P e Q

Produto	Preço de Venda por Unidade	Custo matéria-prima por unidade	Ganho por unidade	Demanda Atendida	Ganho Total por produto
P	R\$ 90,00	R\$ 45,00	R\$ 45,00	100 unid.	$(100 \times R\$ 45,00) = R\$4500,00$
Q	R\$ 100,00	R\$ 40,00	R\$ 60,00	30 unid.	$(30 \times R\$ 60,00) = R\$1800,00$
					Total R\$ 6300,00
					Despesa R\$ 6000,00
					Lucro/Prejuízo R\$ 300,00

No caso apresentado, o gargalo do sistema é o recurso B, pois possui uma demanda superior à sua capacidade de produção ($100 \times 15 + 50 \times 30 = 3000$ minutos), são necessários 3000 minutos de processamento no recurso B sendo que este dispõe apenas de 2400 minutos. Portanto, a TOC utilizando-se dos 9 princípios da OPT, vistos anteriormente, preconiza que o gargalo é que controla o ganho de um sistema. No caso, o gargalo gera \$3,00 por unidade para o sistema ao processar o produto P ($\$45,00/15\text{min} = \$3,00$), enquanto que para o produto Q gera apenas

\$2,00 ($\$60,00/30\text{min}=\$2,00$). Os cálculos para se encontrar a utilização dos recursos necessários para se atender a demanda de 100Q e 30P se encontram na Tabela 5.

Tabela 5 – Utilização dos recursos para a produção de 100P e 30Q.

Recursos	Tempo necessário para produzir		Tempo Disponível	Tempo Consumido	Folga
	P	Q			
A	15 min.	10 min.	2400 min.	$(15 \times 100) + (10 \times 30) = 1800\text{min.}$	600 min.
B	15 min.	30 min.	2400 min.	$(15 \times 100) + (30 \times 30) = 2400\text{min.}$	0 min.
C	15 min.	5 min.	2400 min.	$(15 \times 100) + (5 \times 30) = 1650\text{min.}$	750 min.
D	15 min.	5 min.	2400 min.	$(15 \times 100) + (5 \times 30) = 1650\text{min.}$	750 min.

Por conseguinte a lógica da TOC indica através da análise do ganho gerado pelo gargalo, o caminho para se decidir quais produtos e em que quantidades devem ser produzidos para se obter o maior ganho para todo o sistema.

2.12 METODOLOGIA DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO TAMBOR-PULMÃO-CORDA – TPC (DBR)

A metodologia conhecida como tambor-pulmão-corda (TPC) tradução de *drum-buffer-rop*e (DBR), em inglês, é utilizada para o planejamento e controle da produção. Como para a TOC, é o gargalo que governa o ganho do sistema, é ele quem deve ditar o ritmo da produção, portanto é o tambor. Para garantir que não haja uma interrupção, ele deve ser protegido através de um pulmão de tempo, que possa mantê-lo ocupado o tempo suficiente para que problemas da produção tais como: quebras de máquinas, atrasos no fornecimento, desvios de matéria-prima possam ser corrigidos e não atinjam sua capacidade de produção. A corda é que regula a quantidade de estoque liberada para o sistema e não permite que sejam liberados materiais em excesso.

Goldratt e Fox (1992) utilizam a analogia de uma tropa de soldados em marcha para esclarecerem os conceitos do TPC. O caminho a ser percorrido pela tropa é semelhante ao recebimento de matéria-prima na fábrica, à medida que os

soldados seguem a marcha esse material é processado em sequência, caminhando, entre as fileiras seguintes de soldados (recursos de produção). A última fileira libera (expede os produtos acabados) a estrada em que toda a tropa passou. A distância entre os soldados é o estoque em processo, ao iniciar a marcha todos estão agrupados, à medida que seguem a dispersão aumenta, ou seja, os estoques crescem. Esta dispersão é um fenômeno comum nas fábricas e são causados pela combinação de eventos dependentes (atividades que devem ser feitas em sequência) e flutuações estatísticas.

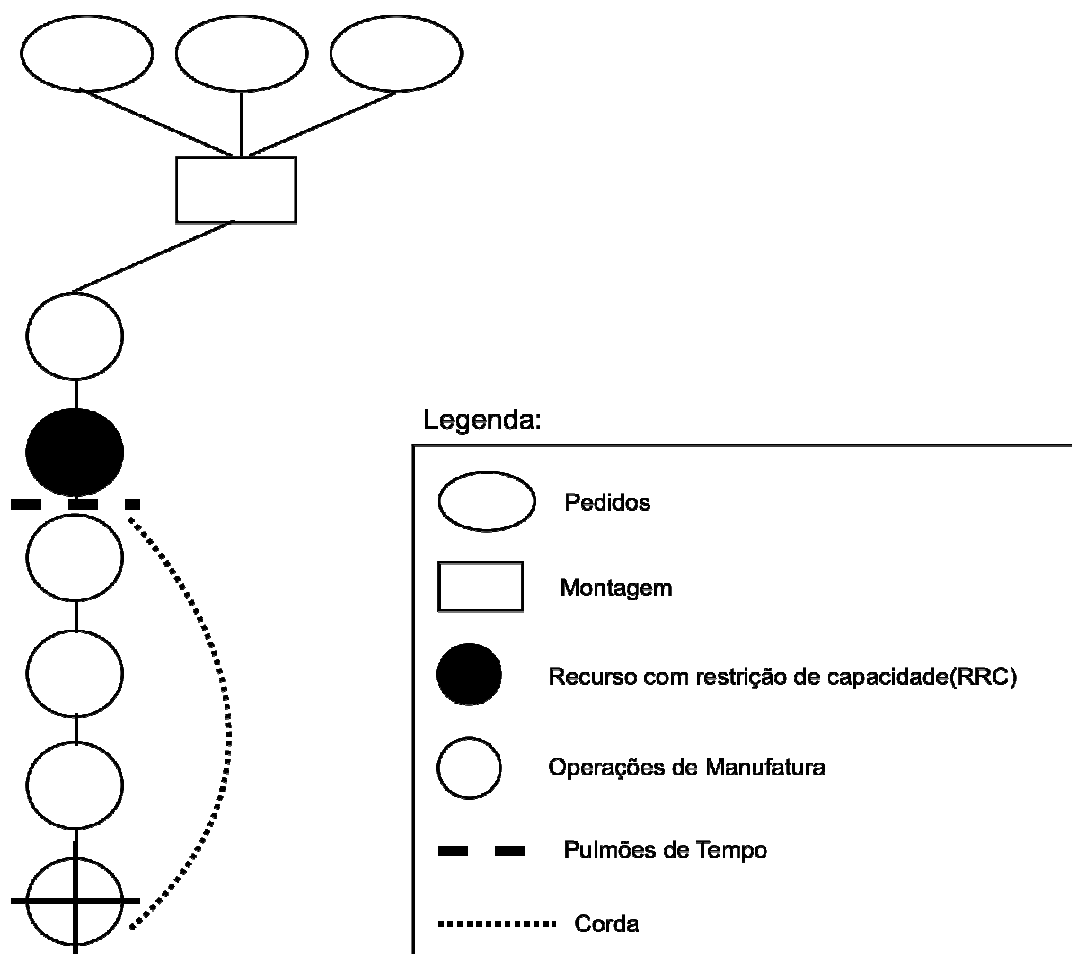


Figura 10 – Esquema da metodologia TPC
Fonte: Goldratt e Fox (1992)

A figura 10 ilustra a metodologia TPC. O tambor aqui chamado de recurso com restrição de capacidade (RRC) é quem dita o ritmo da produção. Toda a programação da fábrica é feita em cima de sua capacidade. O pulmão de tempo é um estoque de segurança que protege e fica a frente do RRC mantendo-o

abastecido por todo o tempo evitando paradas por esperas. A corda é um mecanismo que sincroniza a liberação de matéria-prima para a fábrica de acordo com o consumo do RRCSchragenheim e Dettmer (2000) evoluíram o conceito do TPC para o que chamou de TPC-Simplificado, (S-DBR- em inglês), a diferença de acordo com os autores é que no sistema simplificado não se considera qualquer recurso interno como restrição e sim o mercado. Dessa forma, o TPC-Simplificado possui como tambor a demanda do mercado e apenas um pulmão de expedição.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em função do contexto deste trabalho a revisão da literatura para o presente estudo focaliza-se na TOC, no campo das ferramentas de estratégia operacional, ou seja, da produção. A seguir apresenta-se a revisão que está estruturada em tópicos segundo o foco de aplicação.

3.1 GERENCIAMENTO DE ESTOQUES E FLUXO DA PRODUÇÃO (TIME BUFFERS)

Kuo *et al.* (2009) analisaram a aplicação da TOC, em um estudo de caso na fabricação de componentes eletrônicos. O estudo teve como objetivo melhorar a performance da fábrica com relação à data de entrega. Segundo os autores isto deveria ser possível através do controle dos estoques, do fluxo de produção e do tempo de atravessamento (*lead time*) na fábrica. Para tal foi aplicado a ferramenta de controle de projetos conhecida como corrente crítica (GOLDRATT,1998), mas especificamente o que concerne ao tratamento dos pulmões de tempo (*time buffers*), que tem como objetivo proteger os recursos críticos das incertezas das demais operações, mantendo-o abastecido/ocupado por todo o tempo.

Kuo *et al.* (2009) compararam o problema de entrega de pedidos de um cliente na data prevista com um problema de projeto, visto que, para alcançarem seus objetivos com sucesso, ambos levam em consideração: o tempo das tarefas, tempo gasto para percorrer o caminho dos processos e as incertezas dos recursos.

O estudo contou com a criação de um modelo, que a partir da escolha de um ponto de monitoramento dos níveis de estoque, utilizou um algoritmo para classificar os atrasos nos materiais permitindo ações gerenciais capazes de corrigir os desvios nas datas previstas para a execução das tarefas.

O modelo desenvolvido foi testado através de um experimento e obteve como resultado uma melhora no controle das datas de entrega, percebidos em

termos do aumento do número de pedidos expedidos a tempo e diminuição do tempo médio de atrasos.

Nogueira e Gomes (2007) relatam a aplicação da TOC no laboratório de vestuário industrial da Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Onde foram aplicados os cinco passos de focalização da TOC com o objetivo de identificar a restrição do laboratório em atender as demandas por produtos confeccionados e a entregar no prazo previsto. Foram destacados os nove princípios do OPT e os conceitos de ganho, inventário e despesas operacionais objetivando o alcance da meta da empresa.

A aplicação da TOC neste estudo de caso se deu pela constatação dos seguintes problemas: formação de estoques intermediários entre os postos de trabalho, e constantes atrasos nas entregas de pedidos e na redução de ganho.

A produção no laboratório era basicamente de artigos esportivos, além de artigos para departamentos da UFPel e da comunidade em geral. O modelo da TOC foi aplicado em dois produtos: uma camiseta polo (P) e uma camiseta comum (C). Constatou-se que o produto P apresentava maior número de operações, maior tempo de confecção, maior custo e menor lucro e que dos três operadores (X,Y e Z) Z apresentava um tempo de execução maior do que os outros e era responsável por um número maior de operações .

A partir destas análises localizou-se a restrição do sistema e também ficou evidente que se os produtos P e C fossem produzidos na mesma quantidade haveria uma extrapolação da capacidade do operador Z. Duas restrições foram identificadas, a máquina galoneira e a falta de multifuncionalidade dos operadores. Neste estudo, houve mudança no *lay-out* do laboratório, os colaboradores obtiveram treinamento interno a fim de se capacitarem em outras operações e aprenderam a planejar as datas de entrega dos produtos de acordo com a distribuição das operações de forma mais balanceada entre os operadores.

Nogueira e Gomes (2007) concluem o estudo de caso salientando que a utilização da TOC no processo produtivo como ferramenta identificadora das restrições, foi capaz de proporcionar tomadas de decisões no âmbito gerencial. Uma vez definida a restrição estabelece-se o modelo de decisão gerencial que irá otimizar o processo.

Moellmann *et al.* (2006) aplicaram a TOC no estudo de caso em uma indústria do setor automobilístico, mais especificamente na usinagem de motores.

Para os autores a importância desse estudo está na busca da maximização da capacidade produtiva nas unidades fabris e a aplicação da teoria na prática que tem como consequência a redução de custos e o aumento da capacidade num curto prazo de tempo.

Para o estudo foram desenvolvidos os conceitos de linha de produção, ressaltando que sua definição está na disposição linear de operações subsequentes, onde a realização de uma operação depende da conclusão da operação anterior. O conceito do método de focalização dos 5 passos da TOC, já apresentados no capítulo 2 deste trabalho. E o conceito de índice de eficiência global do equipamento (OEE – *overall equipment effectiveness*), ferramenta utilizada pela engenharia de produção para se conhecer o desempenho dos equipamentos. No estudo citado, o OEE auxiliou no processo de identificação dos gargalos da produção. Para obtenção do índice são levados em consideração:

- A disponibilidade: É o tempo útil do recurso, já descontados as paradas e perdas.
- A eficiência: É dada pela relação percentual entre a produção real e a produção padrão.
- E a qualidade: É dada pela porcentagem de peças produzidas em conformidade.

Conhecendo-se o OEE é possível encontrar a capacidade líquida de produção, ou seja, a quantidade de peças que a operação vai efetivamente produzir.

O objetivo principal foi definir a relevância e a vantagem na utilização do OEE em conjunto com a TOC.

De acordo com Moellmann *et al.* (2006) o estudo teve como consequência um aumento da produtividade da linha de fabricação de motores de 43 peças por hora para um total de 60 peças por hora (39% de acréscimo) em um prazo de 22 semanas, além de diminuição no custo com troca de ferramentas e tempo ocioso da máquina gerando indiretamente ganhos em qualidade dos produtos.

A conclusão do estudo foi que a TOC apresentou-se como uma proposta viável para a análise de linhas de fabricação em conjunto com o OEE que foi útil para identificação do gargalo para casos de produção em série permitindo uma visão global do processo, disponibilizando um indicador para informações sobre a disponibilidade do equipamento, qualidade e eficiência.

Schrageheim e Ronen (1991) apresentam os conceitos de gerenciamento do pulmão - *buffer management* (BM) através da simulação de uma fábrica com dois produtos e dois pontos de checagem: o pulmão do gargalo e o pulmão de expedição. Os autores demonstram que a técnica de gerenciamento do pulmão deve ser aplicada em ambientes em que o método TPC que serve como programação da produção já tenha sido implementado. Os autores afirmam que o BM é uma ferramenta de diagnóstico e que se trata de uma metodologia de controle do chão-de-fábrica.

Destacam como principais objetivos do BM, os seguintes:

- Servir como alarme do sistema quando problemas sérios ou ameaças de não cumprimento dos prazos estão próximas de ocorrer, causando danos reais;
- Oferecer uma forma de controle do tempo de atravessamento (*lead time*);
- Indicar as áreas mais frágeis da produção que necessitam melhorias e maior atenção da gerência.

Para Schrageheim e Ronen (1991) as vantagens do BM, residem nos seguintes pontos:

- Permitir à gerência focar nas ações de correção certas para garantir a performance global do sistema;
- Facilitar as decisões entre proteção e tempo de atravessamento (*lead time*);
- Assegurar quais mudanças apresentarão um maior impacto na melhoria global do sistema.

Ainda de acordo com os autores, o gerenciamento do pulmão permite focar apenas naquilo que é crucial, necessitando de poucos dados para a tomada de decisão, simplificando os procedimentos e mantendo a eficiência.

3.2 INDICADORES DE DESEMPENHO

Ho e Li (2006) propõem uma evolução para os indicadores conhecidos por

GDD (Ganho-Dinheiro-Dia) e IDD (Inventário-Dinheiro-Dia), os termos evoluíram dos indicadores globais da TOC, ganho e inventário.

O GDD é obtido multiplicando-se o ganho de determinado produto pelo número de dias em atraso. O objetivo desse indicador é demonstrar a habilidade da empresa em expedir seus produtos nas datas combinadas. Quanto maior o valor do GDD pior a performance da empresa, o índice auxilia os gestores a perseguirem valores próximos de zero e com isso evitarem a insatisfação de clientes e possíveis perdas e cancelamentos das vendas.

O IDD é obtido multiplicando-se o valor da matéria-prima pelo número de dias que foi liberada na fábrica. Quanto maior o valor do IDD pior a performance da empresa. Altos índices de IDD significam altos volumes de estoque em processo, que acarretam aumento do *lead time*, diminuindo o tempo de resposta da empresa e consequente competitividade.

Segundo Ho e Li (2006), as fábricas que produzem sob encomenda tendem a valorizar mais o GDD, enquanto fábricas que produzem para estoque tendem a valorizar mais o IDD. Fábricas montadoras consideram ambos indicadores importantes. Os autores propõem em seu estudo a combinação dos dois indicadores em um único índice chamado VALOR Z. Esse índice foi então comparado com regras de despacho (*dispatching rules*), que são políticas ou procedimentos utilizadas na produção para otimizar o fluxo de materiais no sistema, encontradas na literatura e um exemplo ilustrativo foi criado para a comparação dos métodos analisados. Os autores concluíram que a abordagem do VALOR Z obteve valores superiores aos métodos tradicionais comparados.

3.3 PROCESSO DE DECISÃO NA ESCOLHA DE PRODUTOS

Singh *et al.* (2006) utilizaram a TOC em um estudo comparativo entre ferramentas para solução de problemas de decisão na fabricação de produtos (*product mix decision problem*). Este tipo de problema é comum às fábricas que possuem uma restrição interna na produção e não conseguem atender à 100% da demanda por seus produtos. Portanto, devem escolher dentre quais produtos irão

gerar o maior ganho, trata-se de um problema de otimização dos recursos. Para a solução desse dilema a TOC propõe a utilização dos 5 passos de focalização.

- No primeiro passo encontra-se a restrição;
- No segundo passo, no qual se deve explorar a restrição, é calculado quanto cada produto gera de ganho, isso é feito deduzindo-se do valor de venda o custo da matéria-prima. Com base nesse valor e o tempo gasto no recurso com restrição tem-se o ganho por unidade de tempo gasto no gargalo. Dessa forma, é possível ranquear os produtos e optar por aqueles que trazem o maior ganho para o sistema.

De acordo com Singh *et al.*(2006), este problema vem sendo discutido em vários estudos. O objetivo dos autores foi propor uma nova abordagem baseada em um algoritmo chamado de *psycho-clonal algorithm* (algoritmo psico-clonal), que levou em conta a teoria das necessidades de Maslow e teorias de clonagem da biologia. Com base no algoritmo proposto foi desenvolvido um exemplo ilustrativo e comparado os resultados com os da literatura, no qual os autores afirmam que a abordagem proposta apresentou uma performance superior.

Singh *et al.*(2006) concluem o estudo indicando o algoritmo como alternativa para a solução de problemas de decisão dos mix de produtos encontrados na TOC e salientam a importância desse componente na construção do programa mestre de produção e na maximização dos ganhos do sistema.

3.4 ANÁLISE SISTÊMICA E PROCESSO DE RACIOCÍNIO

Sellitto (2005) propõe em seu estudo a aplicação dos processos de pensamento da TOC como alternativa sistêmica de análise organizacional em saúde pública. O objetivo deste estudo foi discutir o uso dos processos de pensamento da teoria das restrições TOC como alternativa para análise sistêmica em organizações.

Para tanto o autor revisa conceitualmente o pensamento sistêmico discutindo suas bases de apoio e sua definição. Identifica o pensamento sistêmico como um conjunto de princípios e ferramentas voltados para a análise da inter-relação das

forças que atuam em um sistema. Algumas vezes, o mecanismo do movimento destas forças age de modo subjacente à estrutura formal, reagindo e se adaptando às modificações do meio ambiente. Sellito (2005) relaciona este conceito aos sistemas produtivos entendendo que estes são abertos e interagem com forças externas em busca de um equilíbrio dinâmico. Desta forma, só se compreenderá uma parte de um sistema produtivo estudando-se suas relações com outras partes, suas interdependências, suas forças e cadeias prolongadoras de efeitos. Efeitos estes que acontecerão dos dois lados da fronteira organizacional.

A atual formulação do pensamento sistêmico unifica o enfoque clássico, de um modo geral, deve-se segundo Sellito (2005) localizar o ponto de alavancagem: ações que modifiquem a estrutura sistêmica e o comportamento das variáveis. O autor faz uma revisão dos processos de pensamento da TOC classificando inicialmente o método de gerenciamento de restrições (os 5 passos de focalização), em seguida os três indicadores para a monitoração de processos de melhoria (indicadores globais operacionais) e logo após as três questões do processo de pensamento (TP - *thinking process*) que exploram a capacidade de adaptação e aprendizado da organização ao procurar as respostas para: o que mudar, para o que mudar e como mudar.

Uma vez definida a revisão conceitual o autor apresenta um caso de aplicação dos TP da TOC em uma situação de conflito na gestão de materiais de uso repetitivo em um hospital de saúde pública em uma capital brasileira.

Os métodos de intervenção utilizados possuem três etapas: leitura da situação, diagnóstico e plano de trabalho. O autor conclui que a TOC neste caso identificou e julgou pressupostos enquanto que, o método sistêmico, identificou os arquétipos não os julgando.

Foi possível analisar que o plano de trabalho das duas abordagens conduziu a resultados bastante diversos. A TOC chega a um plano de ação para a intervenção e o método sistêmico testa alternativas em simuladores.

Conclui-se que a TOC é mais indicada para a análise de situações estáticas gerando um plano imediato, enquanto que o método sistêmico trata melhor de situações dinâmicas.

Sellito (2005) sugere a necessidade da TOC não mais negligenciar os aspectos probabilísticos das variáveis e das restrições. Existe sim uma relação entre os métodos da TOC e o método sistêmico, contudo, cada uma das teorias

comporta-se melhor em algum tipo de situação conduzindo ambas a resultados organizacionais aceitáveis.

Mabin e Balderstone (2003), classificaram a TOC como uma teoria de gerenciamento que possui uma metodologia, técnicas e ferramentas próprias, capaz de desenvolver soluções através de uma análise rigorosa nos mais variados ambientes. Os autores reconhecem a origem da TOC com o OPT e o ambiente da produção e observam o crescimento da teoria e sua disseminação por outras áreas como:

- distribuição;
- marketing;
- gerenciamento de projetos;
- e contabilidade.

Comprovando a aplicabilidade dos conceitos da TOC na mudança em processos em variados sistemas.

Tabela 6 – Resumo das quantidades por melhoria relatadas.

Indicadores	Casos (n)	Mínimo	1Q	Média	Mediana	2 Q	Máximo
Tempo de atravessamento (<i>lead time</i>)	34	20	50	70	75	86	98
Tempo de ciclo (<i>cycle Time</i>)	14	24	50	65	66	80	97
Pontualidade na entrega	13	15	30	44	50	90	166
Estoque	32	-4	40	49	50	68	80
Receita	20	10	21	83	39	66	600
Ganho (Throughput)	4	28	30	65	65	100	100
Lucro	7	37	42	116	100	156	300

Fonte: Mabin e Balderstone; 2003 p. 581

Os autores analisaram aproximadamente 81 casos de sucesso da aplicação da TOC e observaram melhoras operacionais e financeiras nas organizações envolvidas. Segundo Mabin e Balderstone (2003) das empresas estudadas, 45 relataram melhorias nos indicadores financeiros e operacionais, 22 empresas melhorias apenas dos indicadores financeiros e 14 empresas obtiveram melhorias

apenas dos indicadores operacionais. O estudo procurou reunir casos compatíveis para uma análise estatística que culminou na formulação da tabela 6 que apresenta os resultados obtidos.

Como observado na tabela 6, a pesquisa procurou ressaltar o impacto da TOC nos indicadores operacionais: *lead time*, *cycle time*, pontualidade na entrega e estoque que procuram ensejar a habilidade da empresa em relação ao tempo de resposta ao atendimento dos clientes e os indicadores financeiros receita, ganho e lucro.

Mabin e Balderstone (2003) ressaltam a importância de estudos comparativos das aplicações da TOC e salientam os desafios encontrados para este tipo de pesquisa, principalmente no que tange a uma correta definição dos conceitos para uma boa avaliação.

3.5 ANÁLISE VAT PARA FLUXO DE MATERIAIS

Umble (1992) afirma que nenhuma planta produtiva é única, todas dividem algumas características e problemas básicos entre si. Dessa forma propõe a análise VAT, como ferramenta gerencial, para identificar, controlar e melhorar aspectos críticos das operações de fluxo da produção e logística. Essa análise se dá através de diagramas de fluxo da produção (*product-flow-diagram*) nos quais recursos críticos e as interações entre os produtos podem ser traçados no trajeto que os materiais e produtos circulam na planta.

Segundo Umble (1992), a estrutura de análise VAT possibilita a visualização da causa e efeito das relações e como relacionar os sintomas com as causas dos problemas. Todo processo produtivo pode ser visualizado como um conjunto de atividades interdependentes aonde interrupções, problemas de qualidade e quebra de maquinário geram um efeito cascata que impactará o planejamento dos recursos através da planta.

O diagrama representando algum ambiente produtivo englobará três pontos a saber:

1. Pontos divergentes: Um material transformado em dois ou mais

materiais distintos;

2. Montagem convergente: Dois ou mais materiais montam um produto;
3. Montagem divergente: Componentes comuns transformam-se em uma variedade de itens.

Uma destas três categorias irá dominar as interações produtivas e podem ser classificadas da seguinte forma:

Plantas do tipo V: nas plantas V um único pedaço de material poderá ser processado e transformado em um largo número de produtos finais distintos. Existem três características que estes ramos produtivos compartilham:

1. Grande número de itens finais;
2. Itens fabricados da mesma maneira;
3. O equipamento é geralmente essencial e altamente especializado.

Plantas do tipo A: são caracterizadas pela existência de pontos de convergência através do processo produtivo. Nestas plantas, um grande número de materiais é necessário para formarem um único produto final. Estas plantas compartilham as seguintes características:

1. O traço que as diferencia é um largo número de partes que irão resultar num número pequeno de produtos finais;
2. As partes componentes são únicas para itens finais específicos;
3. A rota produtiva das partes componentes para um único produto é dissimilar;
4. As máquinas e ferramentas utilizadas no processo tendem a ter vários propósitos atendendo diferentes funções.

Plantas do tipo T: a característica dominante das plantas T é a existência de pontos divergentes na montagem final. Os produtos finais são montados de um número de diferentes partes componentes, a maioria delas é comum a vários e diferentes produtos finais. Estas plantas exibem quatro características:

1. Vários produtos adquiridos ou preparados são manufaturados juntos para produzirem o produto final;
2. As partes componentes são comuns a vários e diferentes produtos finais;
3. A rota do fluxo destas partes componentes não inclui um número significativo de pontos divergentes ou de processos de montagem convergente;

4. O fluxo de qualquer componente que requeira processo é usualmente dissimilar.

Umble (1992) destaca como plantas combinadas aquelas que exibem características de mais de uma destas categorias. Processos produtivos verticalizados quase sempre possuem características múltiplas estruturais.

Estas categorias podem exibir alguns problemas de controle que o autor define como:

- *Over activation of resources* (super ativação de recurso): acontece quando um recurso é utilizado para realizar um trabalho para o qual não houve demanda;
- *Misallocation of resources* (alocação perdida de recurso): o recurso deixa de produzir materiais que possuem demanda para produzirem materiais que ficaram aguardando;
- *Material misallocation* (alocação perdida de material): ocorre sempre quando material necessário para um produto específico é utilizado para uma situação que não houve demanda.

Nas três categorias apresentadas as consequências são altos estoques, reprocesso, longos *lead-times* (tempos de atravessamento), maior esforço para expedir dentro dos cronogramas de entrega, atraso de pedidos.

Umble (1992) conclui reconhecendo que os problemas comuns de controle existentes nas plantas do tipo V, A e T, não são primariamente causados por ausência de disciplina no chão-de-fábrica. Eles são usualmente resultado da falta de direção gerencial dos procedimentos que focam custo e eficiência.

Chakravorty (2000) descreve a aplicação da análise V-A-T em uma fábrica de janelas com sede na cidade de Marietta e com filial em Duluth ambas na Georgia, EUA. A configuração predominante da planta foi a do tipo V. O estudo teve foco na aplicação de pontos de controle para os estoques e o fluxo de produção. Através do entendimento das características das plantas do tipo V e a aplicação da metodologia de controle da produção TPC foi possível observar uma melhora nos indicadores de desempenho. Um dos principais problemas encontrados nas plantas do tipo V está localizado nos pontos divergentes, nos quais partes componentes que servem a dois ou mais produtos são utilizadas sem critério, formando estoques demasiados de uns e falta de outros, o que foi observado nesse estudo de caso. Através da aplicação do TPC os itens passaram a ser controlados segundo a

metodologia o que aumentou a qualidade na tomada de decisão gerencial.

A tabela 7 apresenta um resumo das melhorias obtidas com a aplicação que foi realizada entre os meses de Novembro à Dezembro de 1996.

Tabela 7 – Resumo dos resultados da aplicação.

	1996	1997	1999
Vendas Anuais (unidades)	57.789	60.135	80.760
Estoque de produtos acabados (unidades)	3.800	1.250	1.325
Percentagem de ordens atrasadas	19	7	7
Número de trabalhadores	12	12	16

Fonte: Chakravorty (2000; p.40)

De acordo com os dados da tabela 7 comparando o ano de 1996 com 1997, houve um acréscimo de 4,06% nas vendas, uma diminuição de 67,11% no estoque de produtos acabados e uma melhora no atendimento ao cliente de 63,16% expresso em percentagem na diminuição das ordens entregues sem atraso, o número de empregados permaneceu o mesmo. Se comparados o ano de 1997 com 1999, houve um aumento de 34,3% nas vendas, um aumento de 10% dos estoques, o mesmo número de ordens entregues em atraso e aumento de 33% no número de trabalhadores.

Chakravorty (2000) conclui esclarecendo que o aumento dos estoques foi devido ao maior número de itens oferecidos pela empresa e que o aumento no número de empregados foi mais que proporcional ao crescimento das vendas.

Lockamy (2008) propõe em seu estudo a utilização da ferramenta de análise do fluxo de materiais conhecida por análise V-A-T, como uma alternativa no estudo das cadeias de suprimentos (SCM – *Supply chain management*).

Segundo o autor, a técnica foi desenvolvida no bojo do OPT por Goldratt na década de 80 para categorizar o tipo de arranjo físico das instalações fabris, trata-se de uma ferramenta da TOC inicialmente utilizada em fábricas que se expandiu em outras aplicações. O termo é baseado na natureza dominante do fluxo de materiais dentro das instalações. O diagrama de fluxo de materiais identifica a matéria-prima, a operação e o recurso que será usado em cada etapa do processo de fabricação de cada produto e caracteriza as rotas de produção (*routings*) e a lista

de materiais (bill of materials).

Lockamy (2008) destaca em seu artigo algumas aplicações da técnica encontradas na literatura, utilizadas como uma ferramenta de auxílio nos seguintes campos:

- Melhorias do gerenciamento de instalações produtivas;
- Análise das necessidades de materiais (MRP);
- Planejamento da distribuição de recursos (DPR);
- Eficiência nas aplicações de técnicas do *Just in time* (JIT);
- Análise de processo e colheitas agrícolas.

O autor, após a observação da aplicabilidade e utilidade da ferramenta em diversos campos, propõe a utilização da análise V-A-T como uma alternativa para os profissionais de gerenciamento das cadeias de suprimentos encontrarem novos meios eficientes de gestão de suas redes. Para o autor, a ferramenta deve ser utilizada como base para a escolha de pontos de controle no gerenciamento do fluxo de materiais e gerenciamento dos pulmões ao longo da cadeia.

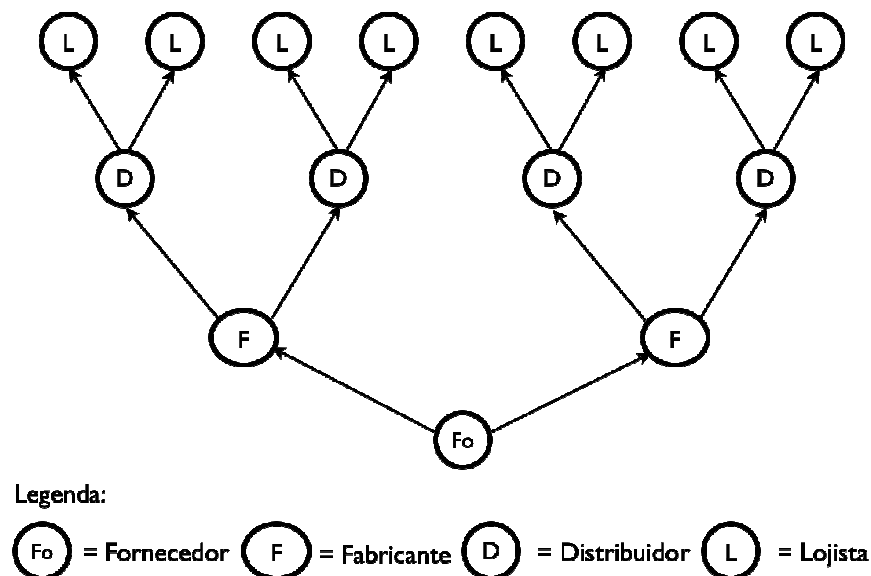


Figura 11 – Diagrama do fluxo de rede V da cadeia de suprimentos
 Fonte: Lockamy (2008 p.346)

As figuras 11,12 e 13 permitem observar os diagramas elaborados por Lockamy (2008), e os principais pontos de análise das configurações.

A rede da cadeia de suprimentos V pode ser observada na figura 11, essa

configuração exige dos gestores um acompanhamento maior dos pontos de divergência, pontos de controle devem ser criados para eliminar erros e falta de materiais.

A figura 12 apresenta uma típica configuração da rede da cadeia de suprimentos A, na qual o destaque se dá aos pontos de convergência e a atenção por parte dos gestores deve ser voltada ao acompanhamento dos níveis de estoques (*buffers*) e variedade dos itens de produtos (*mix*). Devem ser estabelecidos pontos de controle para todas as áreas de convergência e criados pulmões de estoque com quantidade e variedade adequadas.

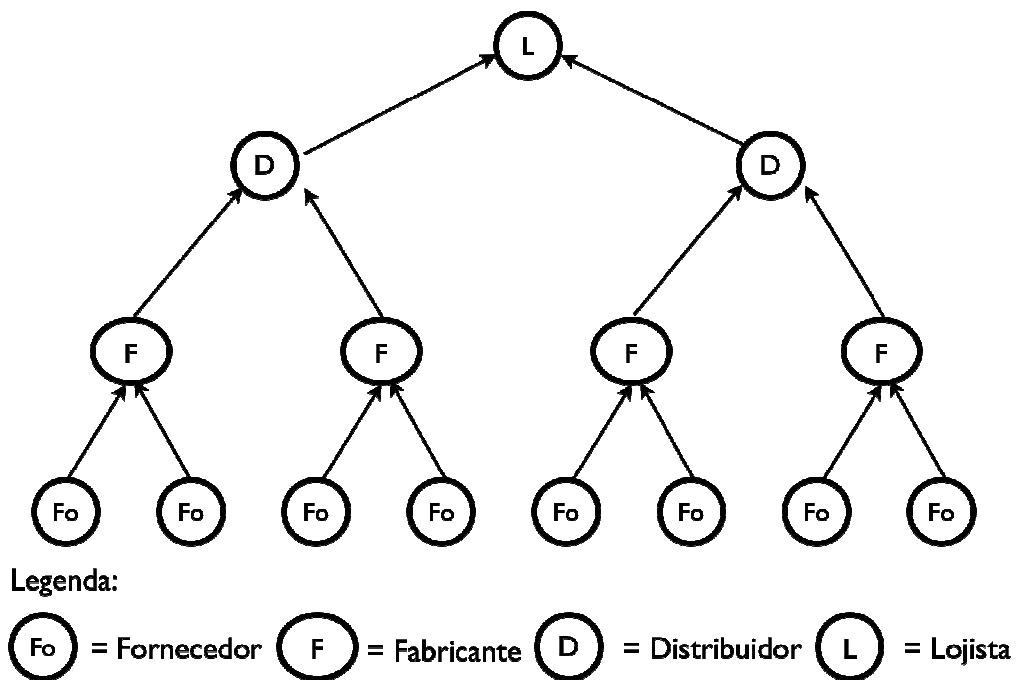


Figura 12 – Diagrama do fluxo de rede A da cadeia de suprimentos
 Fonte: Lockamy (2008 p.346)

Finalmente, na Figura 13 encontra-se uma típica configuração da rede de suprimentos T, aqui o maior esforço dos gestores encontra-se no controle dos distribuidores para que não se sintam tentados a retirarem itens de alguns pedidos para completarem outros. Pontos de controle devem ser criados para todos os gargalos, nos pulmões de expedição, e nas operações divergentes dos distribuidores.

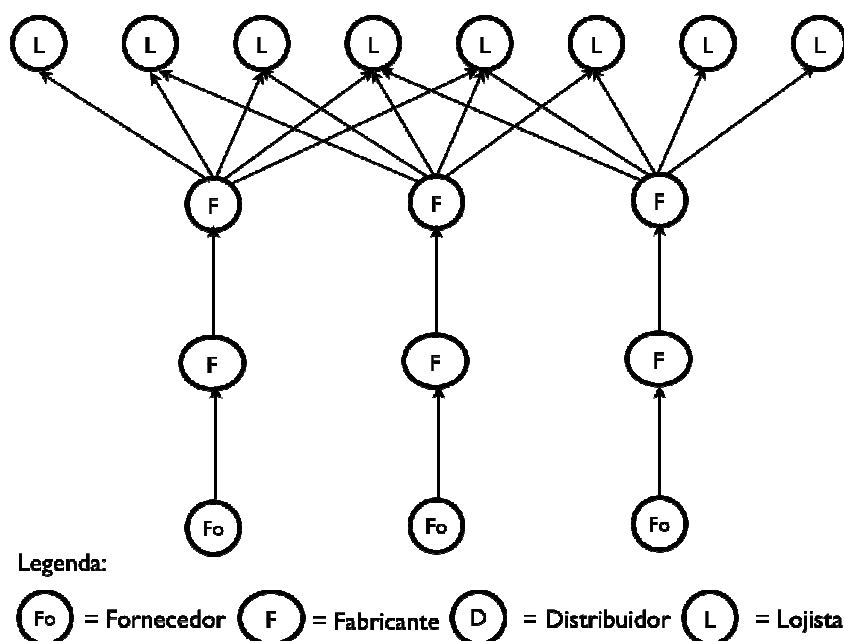


Figura 13 – Diagrama do fluxo de rede T da cadeia de suprimentos
 Fonte: Lockamy (2008 p.346)

3.6 SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)

Souza *et al.* (2002) em seu estudo procurou comparar critérios de alocação de recursos com métodos de programação e controle da produção (PCP). O objetivo foi o de estudar a eficiência de oito configurações de distribuição de capacidades entre recursos (distribuição balanceada, distribuição *bowI*, distribuição linear crescente, distribuição linear decrescente, distribuição segmentada, distribuição em passo, distribuição em v, distribuição alternada), segundo quatro métodos de gestão da produção. Um dos sistemas de PCP analisados foi o TPC que é a metodologia para programação da produção da TOC, os outros três sistemas foram: Sistema *Reorder Point* (ROP), Sistema de controle *Kanban* tradicional, Sistema *CONWINP* básico.

Cada uma das configurações e dos sistemas foi definido detalhadamente e foram destacadas suas características singulares. O estudo contou com uma modelagem que foi testada através de simulação computacional com *software*

GPSS/H. A partir daí foram criados gráficos com tendências de desempenho para cada modelo e todo o estudo foi feito comparando-se estas tendências. A análise dos resultados mostrou a estreita ligação entre políticas de PCP e técnicas de alocação de capacidades. Segundo os autores após análise dos dados não foi possível eleger um sistema como o melhor em todas as configurações. No entanto, a pesquisa apontou sistemas que obtiveram melhores resultados para determinadas configurações, demonstrando ser o mais indicado naquela situação específica.

À luz dos resultados alcançados Souza *et al.*(2002) propõem que os temas projetos de linha e sistemas de PCP deixem de ser tratados de maneira isolada, passando a fazer parte de um conjunto único de estudo com fins teóricos e práticos.

3.7 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Barcui e Quelhas (2004) apresentam em seu artigo a aplicação da TOC para gerenciamento de projetos conhecida por corrente crítica ou CCPM (*Critical Chain Project Management*), e indicam-na como alternativa ao gerenciamento de projetos tradicional comparando as diferentes abordagens.

Os autores avaliam o tempo embutido em cada tarefa, como margem de segurança nos projetos tradicionais e que não garantem o término do projeto na data estipulada. Essas são levantadas como causas dos atrasos:

- a síndrome do estudante,
- a lei de *Parkison*,
- o desperdício da folga no caminho das redes
- e a multitarefa.

Os autores comparam a abordagem da CCPM com a do método do caminho crítico (CPM – *Critical Path Method*) que só considera a dependência entre tarefas, enquanto a CCPM considera a dependência entre tarefas e recursos. São destacados os conceitos de pulmão de convergência (*feeding buffers*), responsáveis por proteger os recursos com restrição de capacidade e pulmão do projeto (*Project buffer*) responsável por agregar todo o tempo de segurança do projeto e apresentados os passos para a criação de um diagrama de rede com base

nos conceitos da CCPM. Os autores concluem o artigo, observando a necessidade de se gerenciar projetos com maior eficiência e sugerem a CCPM como uma alternativa simples na sua essência, mas que requer mudanças culturais na sua implantação. Eles argumentam ainda que não se pode negligenciar as incertezas inerentes aos processos de gerenciamento de projetos, mas que o sucesso pode estar na forma de gerenciá-las.

3.8 A TOC COMO UMA TEORIA PARA GESTÃO DE OPERAÇÕES

Gupta e Boyd (2008) sugerem em seu estudo que a TOC possa servir como uma teoria de gestão de operações (OM – *operational management*). Para os autores, a TOC reúne qualidades e pré-requisitos suficientes para tal. Os autores analisam os elos entre a OM e a TOC e mostram como os conceitos entre as duas teorias podem ser integrados. São destacadas algumas correlações entre os seguintes tópicos:

- Estratégias operacionais;
- Medidas de desempenho;
- Gerenciamento de processos;
- Gerenciamento da qualidade e melhoria contínua;
- Gerenciamento da capacidade;
- Gestão de estoques.

A cada tópico são revisados os conceitos e a literatura mostrando a equivalência entre as teorias.

São discutidos ainda os componentes necessários para a criação de uma boa teoria. Baseando-se na revisão da literatura, os autores concluem que são necessários quatro componentes: definições de termos e variáveis, domínio de aplicação da teoria, conjunto de relacionamento entre as variáveis e predições específicas. Após variadas análises, Gupta e Boyd (2008) concluem que a TOC reúne qualidades suficientes para ser considerada uma teoria viável ao gerenciamento de operações.

O quadro 2 apresenta uma compilação da revisão bibliográfica efetuada ao longo do capítulo.

Autor	Foco da Pesquisa	Área de interesse	Resultados obtidos
(Kuo et al., 2009)	Pulmão de tempo (time buffers)	Componentes eletrônicos	Melhora no prazo de entrega
(Nogueira e Gomes., 2007)	5 passos de focalização	Vestuário	Melhora no prazo de entrega e aumento da produtividade
(Moellmann et al., 2006)	5 passos de focalização	Automobilístico	Aumento da produtividade
(Schrageheim e Ronen, 1991)	Buffer management (Gerenciamento do pulmão)	Teórico	-----
(Ho e Li, 2006)	Indicadores de performance	Teórico	-----
(Singh et al., 2006)	5 passos de focalização	Simulação	Aumento no ganho
(Sellitto, 2005)	Processo de raciocínio (TP)	Saúde Pública	Melhora no atendimento
(Mabin e Balderstone, 2003)	Aplicações da TOC	Teórico	-----
(Umble, 1992)	Análise V-A-T	Teórico	-----
(Chakravorty, 2000)	Análise V-A-T e Metodologia TPC	Metalurgia	Melhora dos indicadores operacionais
(Lockamy, 2008)	Análise V-A-T	Supply Chain	
(Barcaui e Quelhas, 2004)	Controle de Projetos	Gerenciamento de Projetos	-----
(Gupta e Boyd, 2008)	Gerenciamento de operações	Pesquisa e ensino	-----

Quadro 2 – Relação de autores da TOC por área de interesse.

Fonte: O autor.

4 MODELAGEM E APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DA TOC

Com base na revisão bibliográfica, foram estabelecidas as seguintes etapas para a aplicação da TOC:

1. Caracterização do objeto de estudo;
2. Setores produtivos da empresa;
3. Definição e apresentação dos produtos;
4. Identificação e apresentação dos processos;
5. Arranjo físico da confecção;
6. Aplicação dos 5 passos de focalização da TOC;
7. Análise da aplicação.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A empresa, foco deste estudo está situada na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais e iniciou suas atividades em julho de 2008. Atua no ramo de confecções, produzindo cuecas em malha e seu principal mercado consumidor são atacadistas e lojistas, da cidade de São Paulo. Possuía na época da pesquisa 17 funcionários e de acordo com a classificação estabelecida pelo SEBRAE (2005) é considerada microempresa.

4.2 SETORES PRODUTIVOS DA EMPRESA

Os setores produtivos da empresa podem ser divididos da seguinte forma:

- Setor de Corte;

- Setor de Costura;
- Setor de Embalagem.

A figura 14 apresenta em forma de fluxograma o relacionamento entre os três setores e as etapas internas pertencentes a cada um.

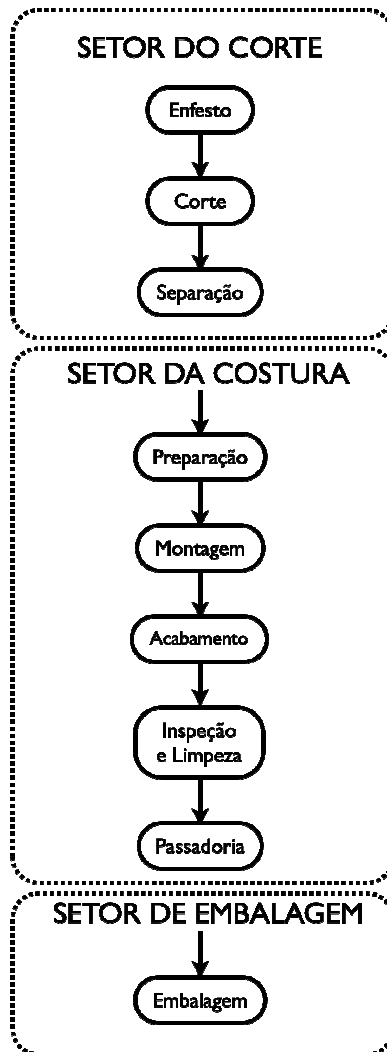


Figura 14 – Fluxograma dos setores e etapas da confecção

Setor de Corte: É o responsável pelo corte do tecido e pelo abastecimento da costura. Para tanto, é necessário o processo de enfesto, que consiste na disposição do tecido em camadas sobrepostas, de acordo com um programa pré-estabelecido. Esta programação, também chamada de encaixe, leva em conta fatores como: a largura do tecido, medidas dos moldes, distribuição dos tamanhos (grade do pedido) e os recursos disponíveis, tais como o comprimento da mesa de enfesto. Podem ser feitos manualmente ou com o auxílio de *softwares* de programação e visam otimizar o maior aproveitamento da área disponível do tecido.

Após, feito o enfiado, dá-se início ao corte, que utiliza equipamento de lâmina circular. Antes de seguirem para o setor de costura, é necessário que as partes componentes sejam separadas e novamente agrupadas em pacotes ou lotes.

Setor de Costura: Depois de receber os pacotes do setor de corte, eles serão distribuídos, obedecendo a uma sequência de produção, que irá buscar o máximo de qualidade e eficiência. Fazem parte desse setor as seguintes etapas:

- Preparação;
- Montagem;
- Acabamento;
- Inspeção e Limpeza;
- Passadoria.

A preparação é responsável por pequenas operações, que devem ser realizadas antes de seguirem para a etapa de montagem, na qual as partes componentes serão juntadas. O acabamento, assim como a preparação, executa operações complementares àquelas de montagem. Embora a inspeção deva ser feita durante todo o processo, cabe à etapa de inspeção e limpeza a conferência final da qualidade das costuras, assim como a retirada do excesso de linhas e possíveis defeitos.

A passadoria é o setor no qual são passadas as peças acabadas e enviadas ao setor de embalagem.

Setor de Embalagem: Finalmente as peças confeccionadas são dobradas e envelopadas de acordo com os critérios da empresa e características do produto. É também na embalagem que são afixados códigos de barra e outros cartões (*tags*) que sirvam para o controle, promoção ou venda dos produtos.

4.3 DEFINIÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS

A empresa possui dois produtos, que serão identificados por produto C1 e produto C2. A diferença básica entre os dois modelos está no elástico da cintura.

No modelo C1, o elástico é aplicado sobre o tecido e fica aparente lendo-se a marca "MARCA". Enquanto no modelo C2, o elástico fica embutido e é necessária

uma operação a mais para se completar o produto. A figura 15 ilustra o produto C1:

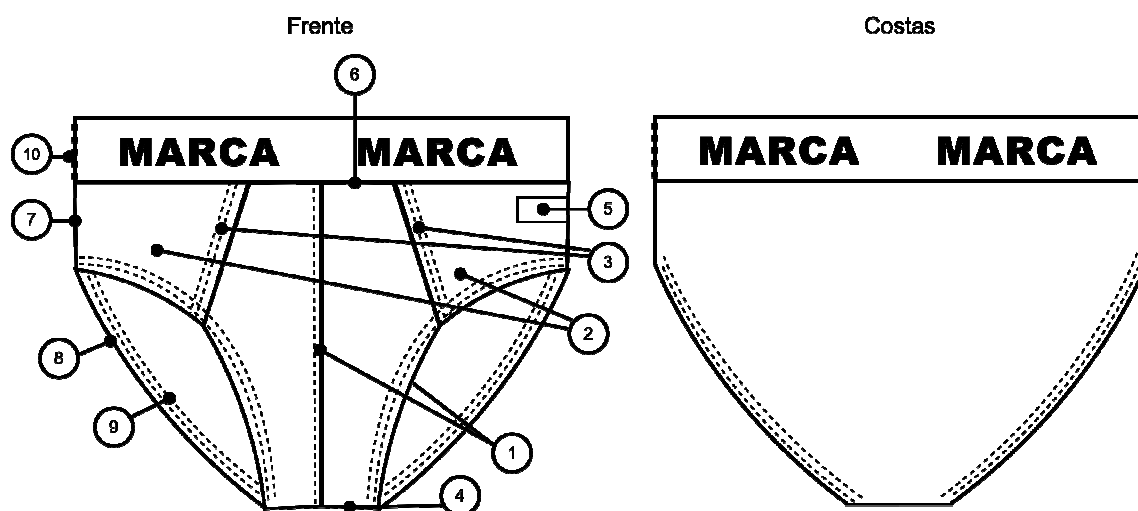


Figura 15 – Desenho do produto C1.

De acordo com a figura 15 é possível construir o fluxograma de montagem para o modelo C1. Os números de 1 a 10 formam a sequência de montagem do produto e representam os processos necessários para sua confecção. Dessa forma temos as operações:

1. É a primeira operação e consiste em unir a frente e o forro através da passagem de um viés, essa operação acontece em uma máquina de duas agulhas adaptada para esse processo. Essa operação será chamada de P1.
2. Segunda operação, nela são unidos duas partes laterais em malha canelada diferente da meia malha usada nas demais partes, isso se dá com a intenção de criar um detalhe diferenciado ao produto. É utilizada uma overloque normal. Essa operação será chamada de P2.
3. A terceira operação é a passagem de dois pespontos em uma máquina de 2 agulhas. Essa operação será chamada de P3.
4. A quarta operação uni a frente com as costas em uma overloque normal. Essa operação será chamada de P4.
5. A quinta operação é fechar uma das laterais com a aplicação de uma etiqueta de composição em uma máquina overloque normal. Essa operação será chamada de P5.
6. A sexta operação é a aplicação do elástico de cintura em uma

máquina de duas agulhas refiladeira. Essa operação será chamada de P6.

7. A sétima operação fecha o segundo lado em uma overloque normal. Essa operação será chamada de P8.

8. A oitava operação é aplicar o elástico na perna e utiliza uma máquina overloque adaptada a esse propósito. Essa operação será chamada de P10.

9. A nona operação é rebater o elástico da perna em uma máquina de duas agulhas adaptada. Essa operação será chamada de P11.

10. A décima e última operação é aplicar um reforço na lateral do elástico através de uma máquina travete. Essa operação será chamada de P13.

A construção do fluxograma pode ser conferida na figura 16.

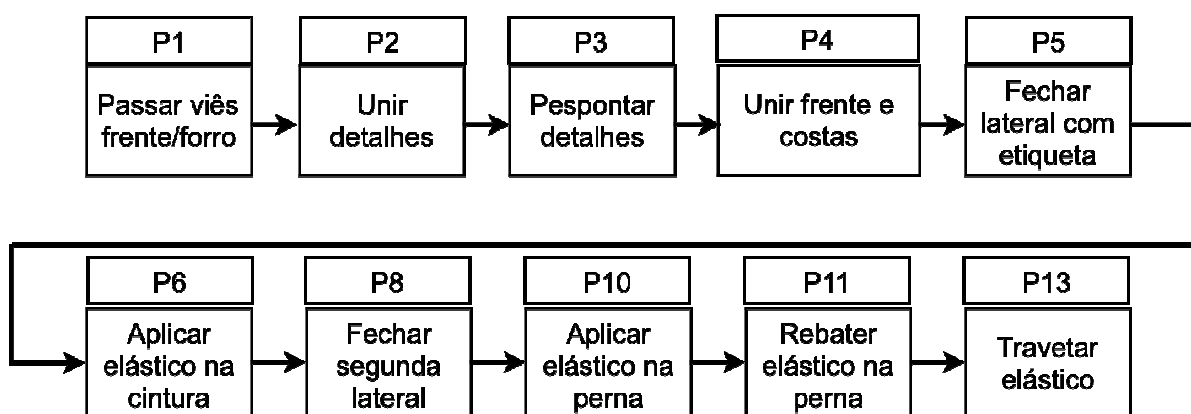


Figura 16 – Fluxograma de montagem do produto C1.

A construção do fluxograma auxilia na visualização das operações necessárias para a confecção do produto e permite identificar a dependência entre elas, ou seja, não se pode aplicar o elástico das pernas antes que estejam unidos frente e costas. A correta sequência de operações é o primeiro passo para a definição do arranjo físico do setor de costura.

O segundo produto, chamado de C2, possui as operações P1, P2, P3, P4, P5, P8, P10 e P11 em comum com C1, porém não possui a operação P6 nem P13. Em seu lugar estão as operações P7, P9 e P12. O desenho representativo de C2 pode ser conferido na figura 17.

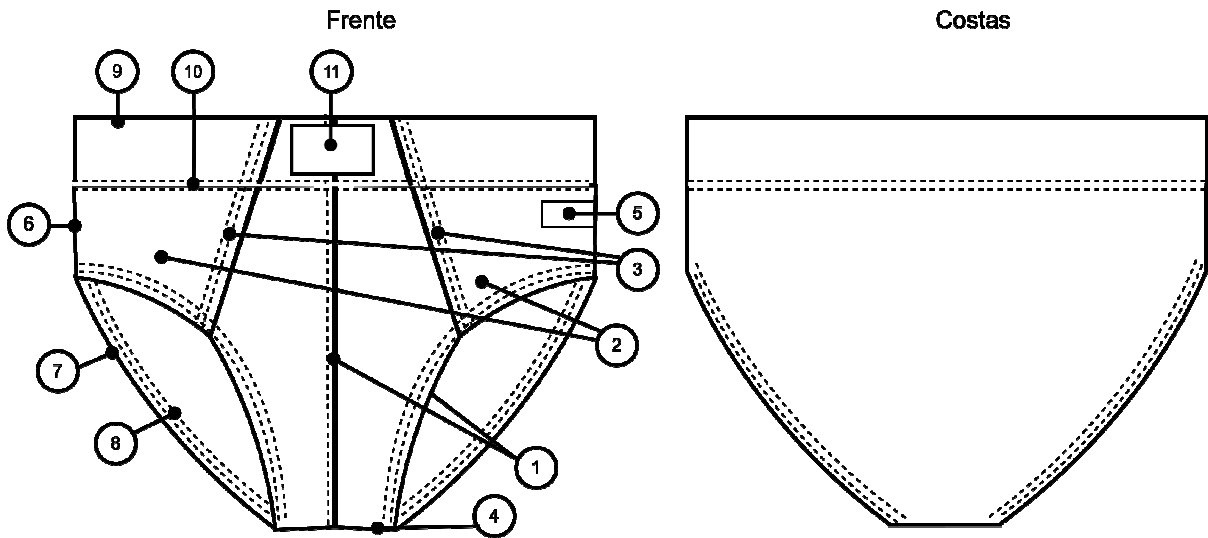


Figura 17 – Desenho do produto C2.

Como pode-se observar na figura 17 a diferença entre C1 e C2 esta no elástico da cintura, e as operações que diferem entre os modelos são:

Esta operação consiste em aplicar o elástico na cintura em uma máquina overloque adaptada para esta função. Essa operação será chamada de P7.

É a operação de rebater o elástico deixando-o embutido, é feita em uma máquina de 2 agulhas adaptada. Essa operação será chamada de P9.

É a operação de aplicar uma etiqueta externa com a marca do produto, é feita em uma máquina de costura reta. Essa operação será chamada de P12.

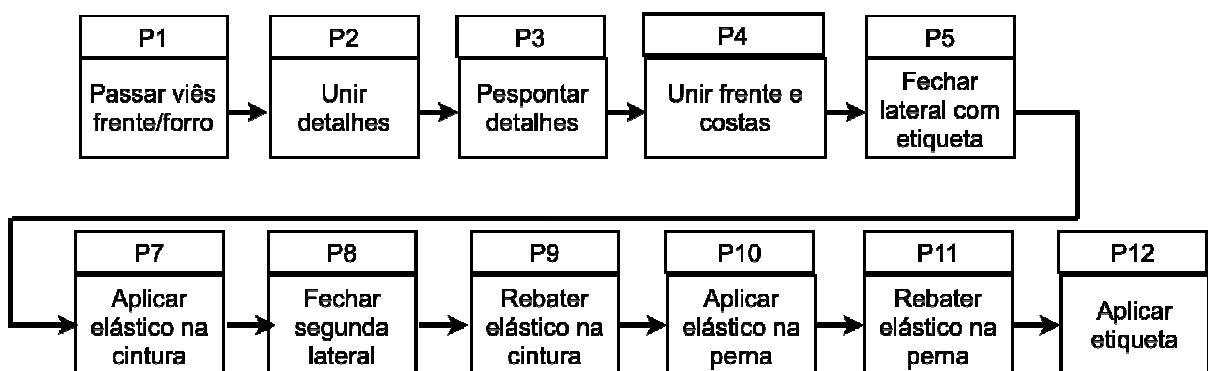


Figura 18 – Fluxograma de montagem do produto C2.

A figura 18 apresenta o fluxograma de montagem para o produto C2:

4.3.1 Insumos utilizados na produção

Todo processo fabril caracteriza-se pela transformação de matéria-prima em produtos acabados. Nos processos de industrialização os insumos representam uma grande fatia do preço de venda dos produtos.

A seguir são apresentados, de forma agrupada, os insumos utilizados para a confecção dos produtos em estudo.

Item	Descrição	Grupo	Participação no custo da matéria-prima
1	Meia-malha	Malha	41%
2	Malha canelada		
3	Fio de poliéster	Fio	2%
4	Etiqueta de composição	Aviamentos	48%
5	Elástico personalizado		
6	Elástico de perna		
7	Cartela de apresentação	Embalagem	9%
8	Saco pvc personalizado		
9	Caixa de papelão		
10	Fita adesiva		
11	Fita de amarração		
Custo Total			100%

Quadro 3 – Insumos necessários para a produção do produto C1.

O quadro 3 apresenta os insumos necessários para a produção de C1:

Item	Descrição	Grupo	Participação no custo da matéria-prima
1	Meia-malha	Malha	64%
2	Malha canelada		
3	Fio poliéster	Fio	3%
4	Etiqueta de composição	Aviamentos	21%
5	Etiqueta externa		
6	Elástico de embutir		
7	Elástico de perna		
8	Cartela de apresentação	Embalagem	12%
9	Saco pvc personalizado		
10	Caixa papelão		
11	Fita adesiva		
12	Fita de amarração		
Custo Total			100%

Quadro 4 – Insumos necessários para a produção do produto C2.

O quadro 4 apresenta os insumos necessários para a produção de C2:

Embora semelhantes, os produtos C1 e C2 apresentam uma composição de custos bem diferentes como verificado nos quadros 3 e 4.

A coluna participação indica em percentagem o peso que cada item exerce sobre os custos totais. O gráfico 2 compara a participação por grupo entre os produtos C1 e C2:

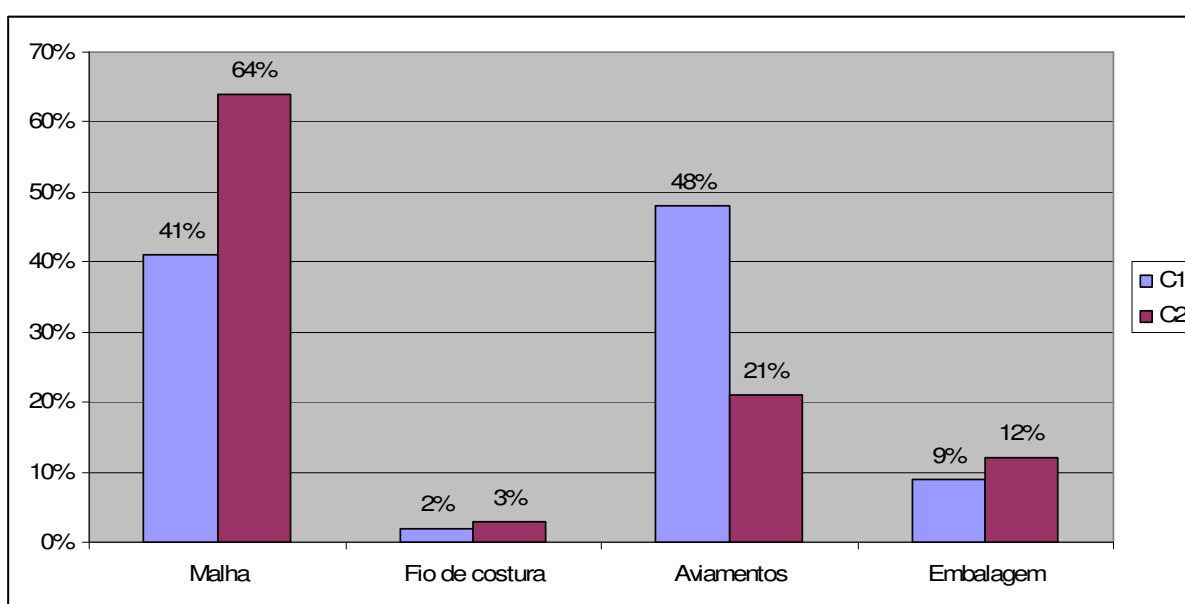


Gráfico 2 – Comparativo na participação por grupos de insumos entre os produtos C1 e C2.

Pode-se observar que o produto C1 apresenta como principal custo o grupo dos aviamentos, representando 48%, isso acontece devido ao valor do item 5, o elástico personalizado. Já o produto C2 é no grupo malha com 64%, como seu principal custo dentre os insumos. Mesmo C1 tendo os aviamentos como principal grupo de custos, o peso da malha ainda é bastante expressivo 41%.

O peso que a malha exerce sobre os produtos da confecção torna esse item o mais representativo dentre os insumos utilizados e por muitas vezes é também responsável por gerar vantagem competitiva em termos de custos com a concorrência.

Para a confecção dos produtos C1 e C2 são necessários dos tipos de malhas diferentes, que são:

- Meia-malha;
- Malha Canelada.

A meia-malha é a principal malha utilizada e representa 80% do total

consumido, enquanto a malha canelada representa os outros 20% e é utilizada apenas para compor o detalhe lateral de ambos os produtos.

4.3.2 A importância das cores dos produtos

Para atender as exigências do mercado os produtos C1 e C2 são comercializados através de *kits*, contendo cada um três produtos em cores diferentes. Os *kits* podem ser comercializados individualmente ou combinados em quatro kits, formando assim um pacote com 12 itens.

A prática comum de comercialização de produtos de moda íntima e meias é na forma de dúzias desses produtos. Para se obter um *mix* que agrade aos consumidores a empresa pesquisa em sites da internet, com seus fornecedores têxteis e clientes quais as tendências de cores da estação e oferece combinações como a utilizada na época da pesquisa. A figura 19 apresenta essa combinação:

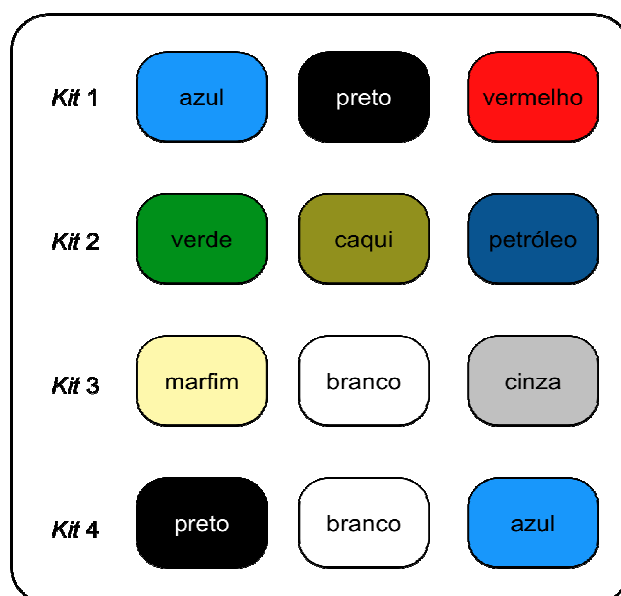


Figura 19 – Combinação de cores dos produtos C1 e C2.

Assim as cores utilizadas são: azul, preto, vermelho, verde, caqui, petróleo, marfim, branco e cinza. As cores exercem uma grande influência na comercialização dos produtos, elas mudam de acordo com as coleções, portanto

não são fixas, obedecem como os produtos de moda as tendências e precisam ser renovadas periodicamente.

A empresa optou por trabalhar com 9 cores, das quais 3 são repetidas para se obter uma dúzia.

4.4 IDENTIFICAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS PROCESSOS

Os processos envolvidos na fabricação dos produtos C1 e C2 são basicamente os mesmos. Como observado nos tópicos anteriores, a empresa tem como principal item de matéria-prima a malha que exerce uma participação que vai de 41% a 65% dos custos totais com materiais. Isso faz com que haja uma preocupação constante, por parte da administração, em diminuir os custos desse item, forçando a empresa a buscar alternativas nessa direção.

A forma encontrada pela empresa para diminuir os custos com a malha foi incorporar através da terceirização, os processos de tecelagem e tinturaria. Dessa forma, a figura 20 apresenta em forma de fluxograma os processos desde o fio de algodão até a obtenção do produto acabado chegando ao cliente.

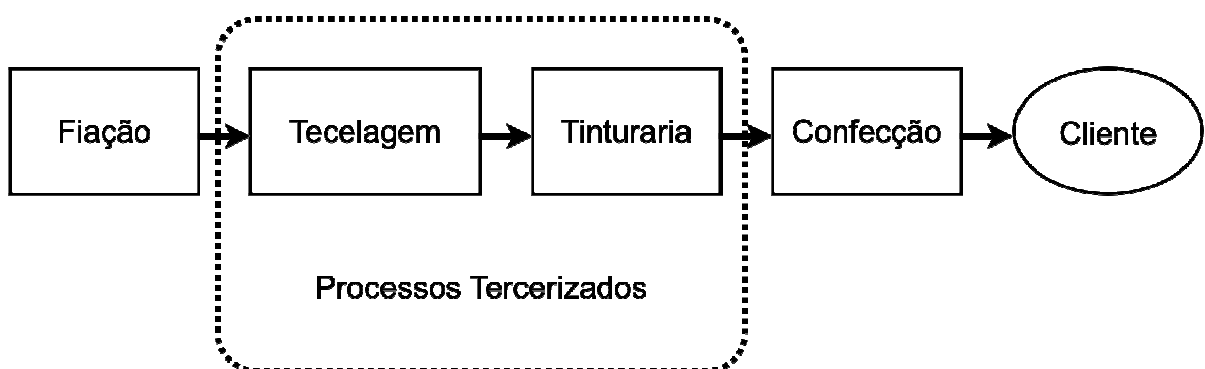


Figura 20 – Fluxograma dos processos utilizados pela empresa.

O fio de algodão é adquirido diretamente de fornecedores cadastrados na empresa e a escolha da compra é baseada principalmente no fator preço. A empresa trabalha com um estoque equivalente à sua produção mensal e mantém uma programação de reposição nos mesmos volumes, podendo sofrer alterações

de acordo com a demanda dos produtos no mercado. Dessa forma, a programação da tecelagem e da tinturaria se mantém constante e segue a mesma metodologia.

Para a tecelagem são emitidas ordens de produção para os dois tipos de malha: meia-malha e malha canelada, na proporção de 80% para meia-malha e 20% para a malha canelada. A cada remessa de fio comprada é disparada uma ordem proporcional dentro desses parâmetros.

A tinturaria recebe as malhas e ordens de tingimento de acordo com a combinação de cores da cartela em vigor. Como apresentado em tópicos anteriores a empresa possui 9 cores fixas a cada coleção. Para completarem o pacote com 12 itens é necessário que se repitam 3 dessas cores, o que implica na separação de dois tamanhos de lotes, no qual um deles é o dobro do tamanho do outro.

O fato das ordens de produção apresentar lotes fixos facilita os processos terceirizados. Dessa forma é de se esperar um abastecimento constante da confecção, embora muitas vezes, atrasos e problemas de qualidade sejam percebidos.

Após realizarem-se os processos externos a malha tinta segue para a confecção na qual serão executadas as operações de corte, costura e embalagem.

O setor do corte possui uma operadora e uma máquina de corte que realizam todos os processos necessários para se obter as partes componentes.

A embalagem possui duas operadoras e todos os processos são manuais.

Tabela 8 – Processos e máquinas utilizados na fabricação de C1 e C2.

Processo	Descrição da operação	Máquinas	Tipo da Máquina	C1	C2
P1	Passar o viés frente/forro	M1	2 agulhas adaptada	X	X
P2	Unir detalhes	M2 e M14	Overloque	X	X
P3	Pespontar detalhes	M3	2 agulhas	X	X
P4	Unir frente e costas	M4	Overloque	X	X
P5	Fechar lateral com etiqueta	M5	Overloque	X	X
P6	Aplicar elástico na cintura	M6	Refiladeira	X	
P7	Aplicar elástico cintura viés	M7	Overloque adaptada		X
P8	Fechar segunda lateral	M8	Overloque	X	X
P9	Rebater elástico da cintura	M9	2 agulhas adaptada		X
P10	Aplicar elástico na perna	M10	Overloque adaptada	X	X
P11	Rebater elástico da perna	M11	2 agulhas adaptada	X	X
P12	Aplicar etiqueta	M12	Reta		X
P13	Travetar elástico	M13	Travete	X	

A tabela 8 apresenta os processos e máquinas necessárias para a obtenção dos produtos C1 e C2, no setor de costura:

Os processos que fazem parte de cada produto foram assinalados com um x nas colunas C1 e C2.

4.5 ARRANJO FÍSICO DA CONFECÇÃO

Os processos internos são analisados melhor se observados do ponto de vista do arranjo físico das instalações. A figura 21 apresenta esse esquema:

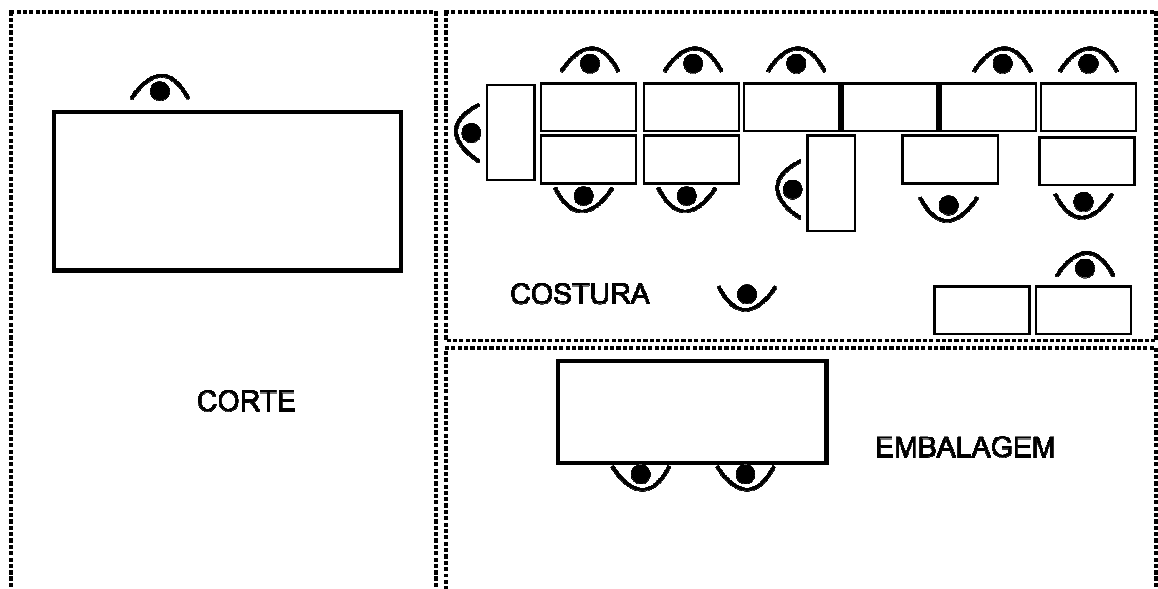


Figura 21 – Arranjo físico da confecção

De acordo com a figura 21 se podem observar os três setores da confecção a partir do corte onde são representadas a mesa de corte e uma operadora, a seguir a costura com 14 máquinas e 12 operadoras e finalmente a embalagem, com uma mesa e duas operadoras.

4.5.1 Fluxo de produção do setor corte para o setor costura

Após a análise dos produtos e dos processos verificou-se que o fluxo de

produção inicia-se com a chegada da malha no corte. Para assegurar que as quantidades nas cores certas irão terminar o processo, prontas para serem expedidas, é necessário atender a alguns padrões pré-estabelecidos.

Sendo assim, o corte trabalha com dois tamanhos de lotes:

Lote 1 - Total de 6 dúzias distribuídas no tamanho P com 1 dúzia, M com 2 dúzias, G com 2 dúzias e GG com 1 dúzia;

Lote 2 - Total de 12 dúzias distribuídas no tamanho P com 2 dúzias, M com 4 dúzias, G com 4 dúzias e GG com 2 dúzias.

A tabela 9 apresenta a distribuição da quantidade por cores e tamanhos.

Os produtos completam kits que são vendidos em dúzias, as cores azul, preto e branco se repetem, fazendo parte do lote 2, as demais fazem parte do lote 1. Com base na carteira de pedidos da fábrica e o nível de estoque dos produtos acabados, decidiu-se por qual produto começar.

Tabela 9 – Lotes de produção por cor e tamanho

Cor		Tamanhos			
		P	M	G	GG
1	Azul	2	4	4	2
2	Preto	2	4	4	2
3	Vermelho	1	2	2	1
4	Verde	1	2	2	1
5	Caqui	1	2	2	1
6	Petróleo	1	2	2	1
7	Marfim	1	2	2	1
8	Branco	2	4	4	2
9	Cinza	1	2	2	1

Estabelece-se a ordem dos *kits* a serem produzidos, ou seja, se o *kit* é composto das cores 1,2 e 3, a ordem de corte obedecerá essa sequência.

Inicia-se os processos de encaixe e corte dos tecidos.

Assim que o primeiro tamanho de uma cor é completado, ele segue para o setor de costura. Nota-se que o lote de transferência não é igual ao de produção. A figura 22 apresenta o fluxo do produto iniciando-se no setor do corte para o setor da costura.

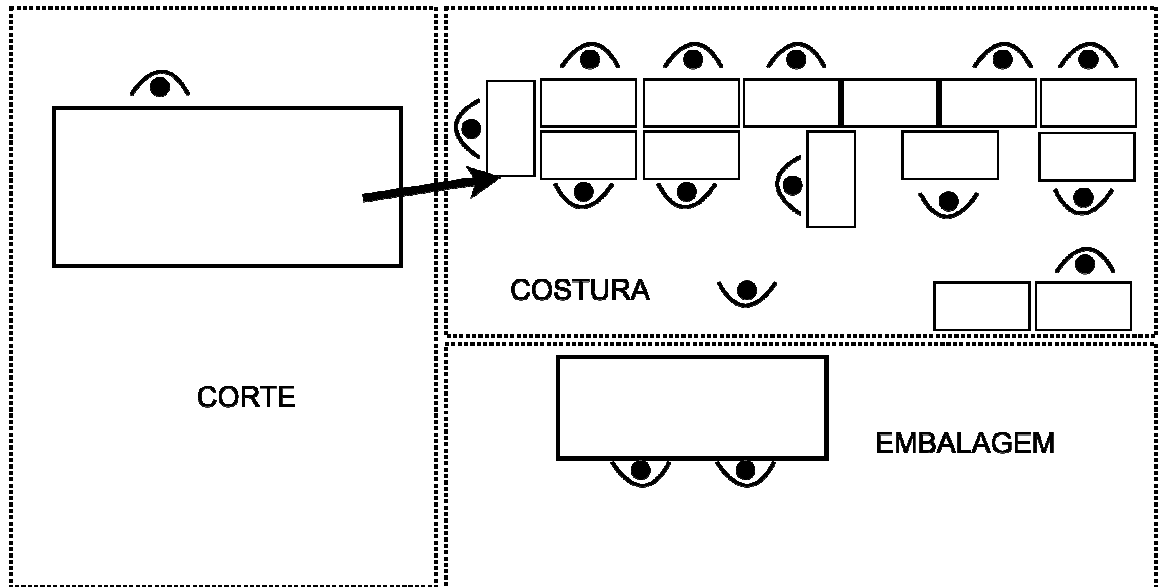


Figura 22 – Fluxo do produto do corte para a costura.

Uma vez transferido para o setor de costura, a sequência para análise do fluxo de produção irá variar de acordo com o produto.

4.5.2 Fluxo de produção para o produto C1

A figura 23 apresenta o fluxo do produto C1, através das máquinas localizadas na costura:

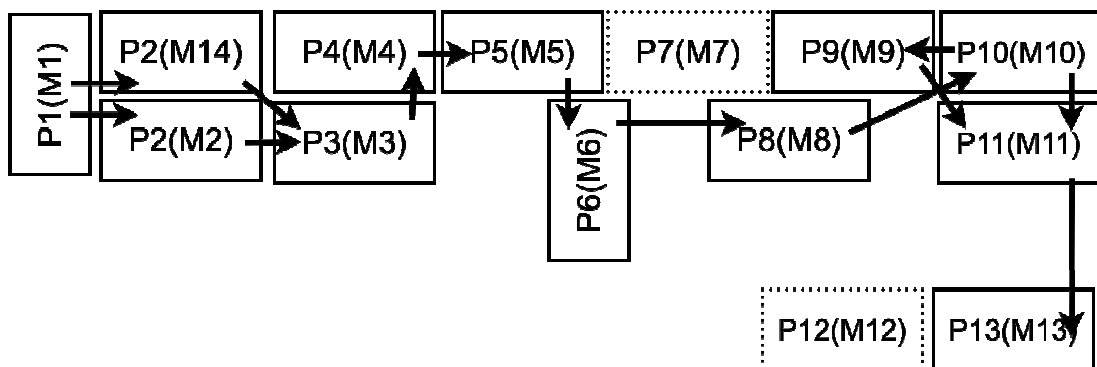


Figura 23 – Fluxo do produto C1 na montagem.

O fluxo inicia-se na máquina M1, onde é passado o viés unindo a frente e o forro, segue para a máquina M2 ou M14, onde são aplicados os detalhes laterais. Daí

seguem para M3 onde são pespontados esses detalhes. Na máquina M4 são unidas frente e costas. A máquina M5 fecha o primeiro lado afixando uma etiqueta de composição, a máquina M6 aplica o elástico da cintura, M8 fecha o segundo lado, M10 aplica o elástico das pernas. Nesse ponto podem seguir para M9 ou M11 onde são rebatidos os elásticos da perna, finalmente seguem para M13 onde é feita uma costura para reforço da lateral do elástico.

4.5.3 Fluxo de produção para o produto C2

A figura 24 apresenta o fluxo do produto C2, através das máquinas localizadas na costura:

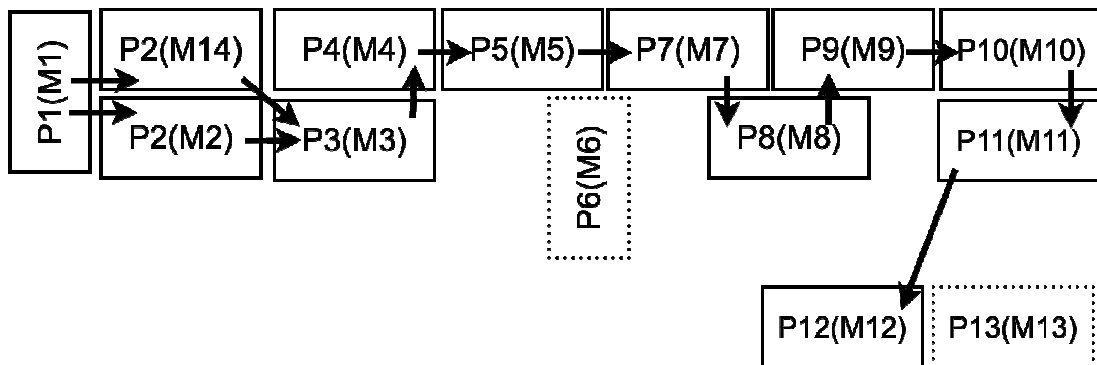


Figura 24 – Fluxo do produto C2 na montagem.

Assim como no caso do produto C1 este fluxo também inicia-se na máquina M1, onde é passado o viés unindo a frente e o forro, segue para a máquina M2 ou M14, onde são aplicados os detalhes laterais, seguindo para M3 onde são pespontados esses detalhes. Na máquina M4, são unidas frente e costas. A máquina M5 fecha o primeiro lado afixando uma etiqueta de composição. A partir desse ponto nota-se a diferença no fluxo do processo entre os produtos C1 e C2. O produto C2 irá para a máquina M7 onde é aplicado o elástico na cintura que ficará embutido, segue para M8 onde é fechada a segunda lateral e segue para M9 rebater o elástico da cintura, na máquina M10 é aplicado o elástico da perna e em

M11 o elástico é rebatido, seguindo para M12 onde é aplicada a etiqueta externa e completa-se a montagem do produto C2. A figura 25 apresenta o fluxo do setor de costura para a embalagem.

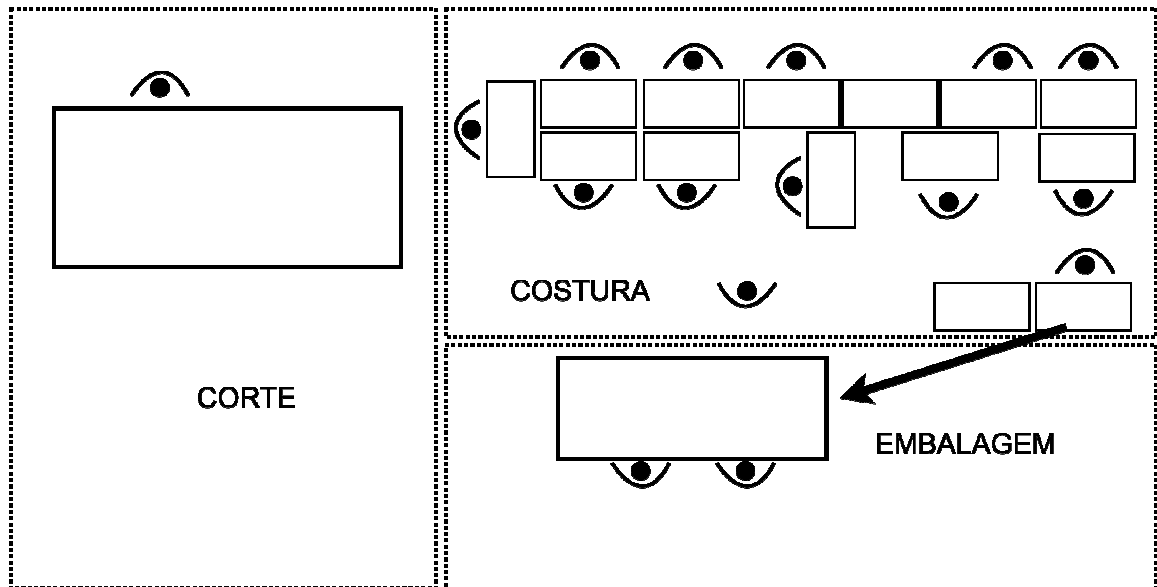


Figura 25 – Fluxo do produto da costura para a embalagem.

Terminadas as operações de montagem dos produtos, dá-se início as operações de embalagem. Fazem parte desse processo a limpeza e inspeção, no qual são retirados os excessos de linhas e verificados possíveis defeitos, dobrar e embalar.

4.6 APLICAÇÃO DOS CINCO PASSOS DE FOCALIZAÇÃO DA TOC

De acordo com Goldratt (1993) os cinco passos de focalização são os seguintes:

1. **Identificar** a restrição do sistema;
2. Decidir como **explorar** a restrição do sistema. Analisar a forma mais eficiente de se explorar o RRC, ex. P&Q.
3. **Subordinar** todo o sistema às decisões acima;
4. **Elevar** as restrições do sistema;

5. Se a restrição tiver sido quebrada em um dos passos anteriores, retornar ao passo 1. Não deixar a inércia se transformar na restrição do sistema.

4.6.1 Identificação do gargalo do sistema

O primeiro passo será identificar a restrição para a empresa foco desse estudo. Como visto na revisão bibliográfica uma restrição é tudo aquilo que impede um sistema de obter um desempenho superior. No caso desse estudo a restrição é o que limita a produção dos produtos C1 e C2.

Segundo Goldratt (1992) não é necessário que se calcule individualmente toda a capacidade disponível dos recursos do sistema, bastando apenas observar no chão-de-fábrica em qual local estão as maiores pilhas de estoques esperando para processamento, a frente dessas possivelmente estará o gargalo. Goldratt (1992) sugere que a partir da escolha desse recurso, parta-se para o segundo passo o de se explorar o gargalo. A partir desse momento, se este não for o verdadeiro gargalo rapidamente outro recurso chamará atenção apresentando outra pilha a sua frente e assim o foco passaria para este. Até que não restem dúvidas sobre o verdadeiro gargalo.

Seguindo esta lógica foi possível reconhecer o setor de costura como o responsável pelo gargalo do sistema, pois à frente do setor encontravam-se as maiores pilhas de material em processo.

A figura 26 ilustra a identificação do setor da costura como sendo o gargalo dentro do sistema de produção.

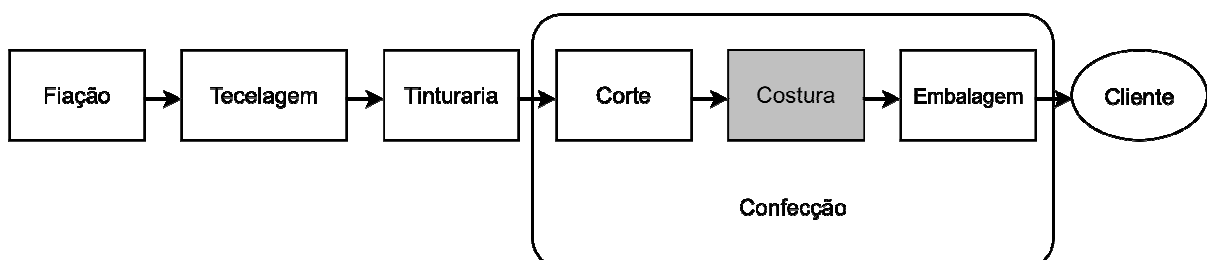


Figura 26 – Identificação do setor de costura como gargalo do sistema.

A identificação do setor de costura como a restrição do sistema indica que os outros elos envolvidos no processo possuem capacidade produtiva superiores ao seu. Neste ponto, foi necessário se obter com precisão os dados sobre a capacidade de produção de cada processo do setor de costura, a fim de se identificar o gargalo entre as operações e com isso conhecer a capacidade produtiva de todo o setor.

Para se conhecer a capacidade de produção do sistema foi efetuado um levantamento dos tempos de cada operação, através da cronometragem.

Neste levantamento utilizou-se um cronômetro com precisão centesimal, da marca Oregon Scientific, modelo SL928M com capacidade de armazenamento de 500 tomadas de tempo.

As aferições dos tempos de processamento foram coletadas durante uma semana no período de 01/02/2010 à 5/02/2010, em horários alternados de acordo com a técnica de cronometragem e padrões difundidos no curso de supervisor de confecções oferecidos pelo SENAI. (GUIMARÃES, 2004).

Dessa forma as tomadas de tempo ocorreram em horários aleatórios com o objetivo de compensar variações ao longo da jornada de trabalho.

Para realizar a cronometragem é necessário que se identifique o ciclo da operação, que começa com o início da atividade e termina com o início da atividade subsequente, sendo assim o cronômetro é disparado quando a operadora apanha a primeira peça e pára quando ela apanha a segunda, já sendo disparado novamente, esse procedimento é repetido até que se completem dez ciclos. No momento da tomada de tempos, são observados o ritmo de trabalho e o fluxo de produção, que não deve ser interrompido até que se completem os dez ciclos. Os tempos são então somados e divididos por dez, encontrando-se a média.

Para o uso da simulação foram utilizadas as médias dos tempos encontrados na cronometragem.

A tabela 10 apresenta o resultado com as médias dos tempos encontrados para o produto C1 e C2.

Observa-se que alguns operadores executam tarefas diferentes de acordo com o modelo em produção. O operador O8, é responsável pela operação P2 quando se produz C1 e é responsável pela operação P9 quando se produz C2. Assim também é o caso de O6 que é responsável pela operação P6 quando se produz C1 e pela operação P7 quando se produz C2. O operador O11 é

responsável pela operação P13 quando se produz C1 e P12 quando se produz C2.

Tabela 10 – Tempo padrão das operações.

Processo	Máquinas	C1		C2	
		Operador	Tempo*	Operador	Tempo*
P1	M1	O1	6,11	O1	6,11
P2	M2	O2 e O8	9,78	O2	19,55
P3	M3	O3	9,67	O3	9,67
P4	M4	O4	12,13	O4	12,13
P5	M5	O5	9,92	O5	9,92
P6	M6	O6	6,91		
P7	M7			O6	6,06
P8	M8	O7	9,38	O7	9,38
P9	M9			O8	9,28
P10	M10	O9	10,85	O9	10,85
P11	M11	O10	13,92	O10	13,92
P12	M12			O11	9,62
P13	M13	O11	5,8		

* Tempo expresso em segundos

Assim temos para o produto C1 a operação P11 como a de maior tempo de processamento e para C2 a operação P2. Ou seja, dependendo do produto em processo tem-se uma restrição diferente. Para que se possa encontrar a restrição do sistema é necessário se conhecer a demanda individual para cada produto e o tempo disponível de cada recurso. O tempo disponível para os recursos é a jornada de trabalho da fábrica que é de 8:30h (oito horas e trinta minutos) por dia, para facilitar a simulação será usado o tempo em segundos, no caso 30600 segundos.

A demanda pelos produtos, segundo a empresa, é de 1200 peças do produto C1 e 1200 do produto C2 por dia.

Com base nestas informações pode-se calcular a utilização dos recursos para atenderem a demanda diária do mercado. Os quais são apresentados na tabela 11 :

Como pode-se observar na tabela 11, o processo com maior restrição no sistema é P2, visto que C1 utiliza 9,78 segundos por produto, para atender a demanda de 1.200 peças, precisa trabalhar 11.736 segundos e para atender C2 que utiliza 19,55 segundos com uma demanda de 1.200 peças precisa de mais 23.460 segundos. A soma do tempo total para atender a demanda dos dois

produtos é de 35.196 segundos, ou seja, 15% a mais que a capacidade de P2. Dessa forma não é possível atender toda a demanda prevista para o mercado, pois a utilização de P2 ultrapassa os 100%. P2 é o gargalo do sistema.

Tabela 11 – Tempo padrão das operações.

Processo	Tempo C1	Padrão* C2	Disponível Dia*	Tempo* para atender C1	necessário 1200 unid. C2	Utilização %
P1	6,11	6,11	30600	7332	7332	48%
P2	9,78	19,55	30600	11736	23460	115%
P3	9,67	9,67	30600	11604	11604	76%
P4	12,13	12,13	30600	14556	14556	95%
P5	9,92	9,92	30600	11904	11904	78%
P6	6,91		30600	8292		27%
P7		6,06	30600		7272	24%
P8	9,38	9,38	30600	11256	11256	74%
P9		9,28	30600		11136	36%
P10	10,85	10,85	30600	13020	13020	85%
P11	13,92	13,92	30600	16704	16704	109%
P12		9,62	30600		11544	38%
P13	5,80		30600	6960		23%

* Tempo expresso em segundos

4.6.2 Explorando o gargalo do sistema

Uma vez identificado o gargalo é preciso explorá-lo. Explorar significa aproveitar todo o tempo disponível do recurso. O que significa assegurar que o recurso deva fazer apenas o que se espera que ele faça. Para se ter certeza de que isso acontecerá, a TOC propõe que se crie uma programação da produção baseada na metodologia Tambor-Pulmão-Corda (TPC), apresentada no capítulo 2. A figura 27 propõe o esquema para o planejamento e controle da produção da TOC para o sistema de produção da empresa.

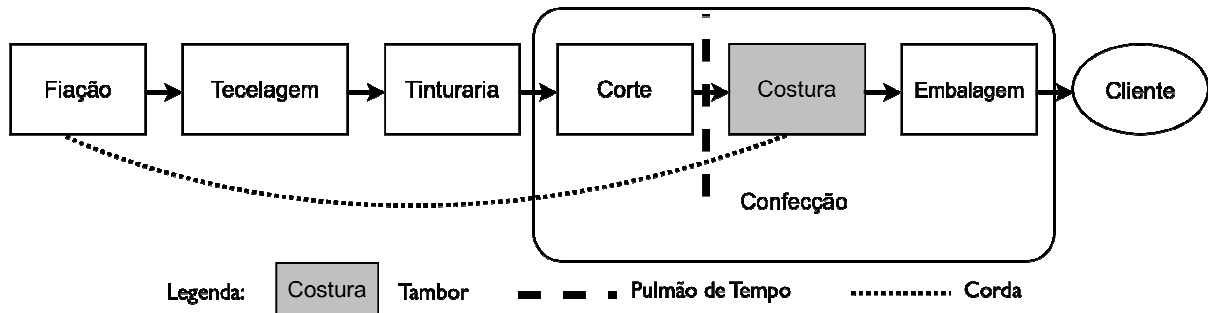


Figura 27 – Esquema para implantação da metodologia TPC.

A figura 27 apresenta os componentes necessários para a programação TPC, que são:

- O tambor (gargalo) como sendo o setor da costura;
- O pulmão de tempo localizando-se a frente do setor da costura;
- E a corda que amarra o tambor ao início do processo, a liberação de matéria-prima na fiação.

O tambor por ser o gargalo do sistema é quem dita o ritmo da produção e define o ganho (*throughput*) da empresa. Para assegurar que o gargalo não pare por falta de alimentação é criado um pulmão de tempo. O objetivo deste pulmão é proteger o gargalo tornando possível à gerência o monitoramento dos pedidos a serem processados, permitindo serem tomadas providências quando os níveis de estoque não estiverem de acordo com o programa. A corda limita a entrada de matéria-prima no sistema fazendo com que seja obedecida a capacidade de processamento do tambor, com isso regula os níveis de estoque em processo.

Para operacionalização do programa TPC na prática, são necessários a definição dos volumes de produção a serem processados pelo gargalo (tambor) e o tamanho do estoque de segurança (pulmão) que se pretende trabalhar e a quantidade de matéria-prima a ser liberada (corda) para o sistema. Para se chegar a esses valores é preciso quantificar o volume de produtos processados pelo gargalo.

Uma vez conhecida a capacidade de produção para o produto C1 e C2, pôde-se definir o volume de matéria-prima a ser liberada (corda) para o sistema e dessa forma controlar os níveis de inventário (estoque) em processo. Pôde-se também definir qual o tamanho do pulmão, protegendo o gargalo de possíveis paradas. O tamanho do pulmão de tempo deve ser o suficiente para que se resolvam problemas de interrupção no abastecimento de produtos para o gargalo.

Para a TOC explorar o gargalo significa gerar o maior ganho possível através do recurso. No caso de dois ou mais produtos competindo pelo mesmo recurso e cada um deles gerando ganhos diferentes é preciso optar pela fabricação do produto que gere maior ganho para a empresa. A tabela 12 apresenta o ganho gerado por unidade do produto C1 e C2.

Tabela 12 – Ganho gerado pelo produto C1 e C2.

Produto	Preço de Venda*	Custo da Matéria-prima*	Ganho*
C1	R\$ 1,92	R\$ 1,11	R\$ 0,81
C2	R\$ 1,73	R\$ 0,86	R\$ 0,87

*valores por unidade

Uma vez conhecido o ganho gerado por cada produto é preciso calcular quanto o recurso gargalo pode gerar por tempo de utilização. No caso do produto C1 é utilizado 9,78 segundos de P2 o que significa que a cada segundo P2 gera (R\$ 0,81/9,78) R\$ 0,08, enquanto C2 que utiliza 19,55 segundos gera (R\$ 0,87/19,55) R\$0,04 por segundo, ou seja, a metade do ganho de C1. Dessa forma, mesmo C2 possuindo um ganho por produto maior que C1, quando analisado do ponto de vista da utilização do tempo do gargalo, C1 gera maior ganho para todo o sistema.

Tabela 13 – Utilização dos recursos com 100% de utilização do gargalo.

Processo	Tempo C1	Padrão* C2	Disponível Dia*	Tempo* para C1=1200	necessário atender C2=964	Utilização %
P1	6,11	6,11	30600	7332	5890	43%
P2	9,78	19,55	30600	11736	18846	100%
P3	9,67	9,67	30600	11604	9322	68%
P4	12,13	12,13	30600	14556	11693	86%
P5	9,92	9,92	30600	11904	9563	70%
P6	6,91		30600	8292		27%
P7		6,06	30600		5842	19%
P8	9,38	9,38	30600	11256	9042	66%
P9		9,28	30600		8946	29%
P10	10,85	10,85	30600	13020	10459	77%
P11	13,92	13,92	30600	16704	13419	98%
P12		9,62	30600		9274	30%
P13	5,80		30600	6960		23%

A tabela 13 apresenta a demanda factível de ser atendida pelo recurso P2.

Adequando-se a produção à capacidade do gargalo e priorizando a produção de C1, a empresa poderia atender a uma demanda de 1200 peças de C1 e 895 peças de C2.

4.6.3 Subordinar todo o sistema ao gargalo

A etapa de subordinação pode ser vista como uma consequência da aplicação da metodologia de programação da produção TPC. Subordinar nesse caso, significa fazer com que todos os recursos não-gargalo sigam a programação feita para o recurso gargalo.

Nesse ponto, a empresa precisou se conscientizar da mudança de cultura, na qual o ótimo global não é igual à soma dos ótimos locais e sim resultado do gerenciamento da restrição do sistema. Para isso, deve deixar de buscar a eficiência por setores, baseado na contabilidade de custos, medindo a produtividade isolada de cada setor. O conceito baseado em ótimos locais faz com que os gestores procurem manter seu pessoal o tempo todo ocupado fazendo com que os níveis de estoque cresçam e prejudiquem o desempenho global da empresa. A principal função exercida pela corda na programação TPC é evitar esse impulso de manter as pessoas ocupadas na produção de itens que irão para o estoque ou que não foram vendidos ainda. A corda só libera os materiais que serão processados pelo gargalo de acordo com a programação que foi feita para ele, dessa forma os outros setores ficam limitados, ou seja, subordinados a essas quantidades. Assim que o material é liberado os setores não-gargalo poderão trabalhar imediatamente nesses itens, agilizando o tempo de atravessamento (*lead time*) pela fábrica.

A capacidade encontrada disponível para atender a demanda foi de 1200 peças de C1 e 964 peças de C2. Assim sendo, a programação da produção tomou como base para seu planejamento esses valores. Na prática isso significou liberar material suficiente para que se atenda a estes pedidos, e o pulmão de tempo ter um tamanho suficiente para proteger o gargalo e evitar a falta de material.

4.6.4 Elevar a restrição do sistema.

A etapa de elevar a restrição do sistema deve levar em conta dois aspectos importantes:

- A capacidade interna do sistema;
- O volume de vendas.

Como a TOC preconiza, uma restrição pode ser uma limitação física, como um gargalo da produção ou uma restrição política, como lotes mínimos para a venda de produtos ou valores mínimos de faturamento que podem fazer com que clientes deixem de comprar.

No caso da empresa foco desse estudo a restrição encontra-se na capacidade interna de produção e não no mercado, uma vez que sua produção é inferior a demanda de mercado.

Tabela 14 – Adequação da utilização dos recursos de acordo com a demanda.

Processo	C1 Tempo	C2 Tempo	Disponível Dia	Demanda C1 1200	Demanda C2 1200	Utilização %
P1	6,11	6,11	30600	7332	7332	48%
P2	9,78	9,78	30600	11736	11736	77%
P3	9,67	9,67	30600	11604	11604	76%
P4	12,13	12,13	30600	14556	14556	95%
P5	9,92	9,92	30600	11904	11904	78%
P6	6,91		30600	8292		27%
P7		6,06	30600		7272	24%
P8	9,38	9,38	30600	11256	11256	74%
P9		9,28	30600		11136	36%
P10	10,85	10,85	30600	13020	13020	85%
P11	6,96	13,92	30600	8352	16704	82%
P12		9,62	30600		11544	38%
P13	5,8		30600	6960		23%

A etapa de elevar a restrição do sistema para a empresa deve ser entendida por aumentar a capacidade de produção para os produtos C1 e C2. Essa decisão

implica em fazer investimentos no setor de costura, contratando novos funcionários e adquirindo novos equipamentos.

Uma vez identificado o gargalo (P2,M2) foi efetuada a elevação do mesmo. Esta elevação ocorreu através da contratação de um funcionário que ficou responsável pela operação P11 quando se produz C1 e pela operação P2 quando se produz C2, resultando no aumento da capacidade de P2 que passou a ter uma utilização de 77%. A tabela 14 apresenta a nova configuração do sistema de produção, após a elevação do gargalo.

Com essa atitude se tornou possível atingir a demanda dada pelo mercado que é de 1200 peças de cada modelo, ficando ainda tempo disponível no recurso P4 que é o com maior utilização entre os demais. Dessa forma a restrição deixou de ser interna e passou a ser uma restrição do mercado.

4.6.5 Não deixar a inércia tomar conta do sistema.

Nessa etapa é importante estar consciente que após elevar a restrição do sistema, outra irá limitar a capacidade de gerar resultados para a empresa. Os cinco passos de focalização da TOC preconizam a necessidade dos gestores estarem atentos a essas novas restrições para que possam continuar o processo de aprimoramento contínuo.

Voltar ao primeiro passo é rever todo o sistema em busca de novos pontos de alavancagem e romper novas restrições.

Para se romper as restrições, nem sempre é necessário que se façam grandes investimentos. A habilidade de reconhecer potenciais melhorias gera vantagem competitiva para as empresas que se utiliza de pequenos esforços para alavancarem seus negócios.

A tabela 15 e o gráfico 3 apresentam uma simulação sobre o impacto da elevação de novas restrições e os investimentos necessários para alcançá-los.

Tabela 15 – Resultados obtidos com a simulação da elevação da restrição.

Elevação da restrição	Demanda atendida*		Ganho adicional	Investimento necessário	Resultado
	C1	C2			
P2	1200	965	-	-	-
De P2 para P4	1200	1200	R\$ 4.293,45	R\$ 973,20	R\$ 3.320,25
De P4 para P11	1500	1448	R\$ 10.421,46	R\$ 2.533,20	R\$ 7.888,26
De P11 para P5	1484	1600	R\$ 1.717,38	R\$ 2.688,20	-R\$ 970,82
De P5 para P2	1530	1600	R\$ 782,46	R\$ 1.560,00	-R\$ 777,54

* valores em unidades

De acordo com a tabela 15 pode-se observar as etapas de elevação das restrições à partir do estágio inicial em que o processo P2 era o gargalo. As tabelas com os cálculos das simulações encontram-se no apêndice A.

As elevações são descritas, abaixo:

De P2 para P4: Para se elevar a restrição de P2 para P4, foi preciso a contratação de mais um funcionário (O12) que representou um aumento na despesa operacional de R\$ 973,20, valor que contempla as despesas com salário e encargos. É importante notar que embora P4 seja o novo gargalo, a simulação considerou a demanda de 1.200 peças por produto como a restrição do sistema. O resultado foi positivo em R\$ 3.320,25.

De P4 para P11: Antes de se elevar o gargalo de P4 para P11, foi preciso simular o aumento na demanda, que passou para 1600 peças por produto, mantendo assim a mesma proporção anterior. Para atender a nova demanda P11, atingiu uma utilização de 109%, sendo novamente preciso decidir entre produzir C1 ou C2, o maior ganho, R\$10.421,46 foi obtido produzindo-se 1600 peças de C1 e 1398 peças de C2, que significou um resultado positivo de R\$ 7.888,26. Nesse caso foi necessária a contratação de mais um operador (O13), no valor de R\$ 973,20 e a aquisição de uma máquina (M15), no valor de R\$ 1.560,00.

De P11 para P5: Foi preciso a contratação de mais um funcionário (O14) no valor de R\$ 973,20 e a aquisição de uma máquina (M16) no valor de R\$ 1.707,00, perfazendo um total de R\$2.688,20. Porém a proximidade do percentual de utilização entre P11 e P5, não permitiu um aumento no ganho (R\$ 1.717,38) superior ao investimento, o que gerou um resultado negativo de R\$ 970,82.

De P5 para P2: Com a elevação anterior P2 passou a ser o novo gargalo, como operador O14 não pôde ser aproveitado na operação P2 por falta de

equipamento, Foi necessário a compra de uma máquina (M17) no valor de R\$ 1.560,00, para esse propósito. Ainda assim o ganho adicional, no valor de R\$ 782,46 foi menor que o investimento gerando um resultado negativo de R\$ 777,54.

O gráfico 3 assinala os ganhos obtidos nas duas primeiras elevações e a inversão dos resultados da terceira e quarta tentativas.

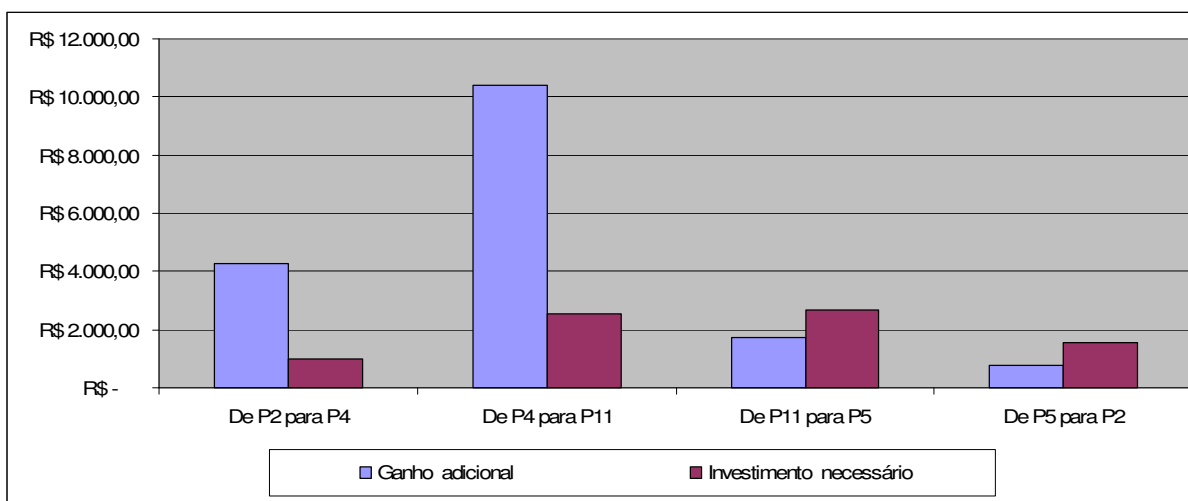


Gráfico 3 – Ganho adicional x investimento necessário.

Embora a TOC separe despesa operacional de investimento, a simulação chamou de investimento o esforço necessário para se elevar a restrição. Procurando tornar claro para os gestores o quanto será preciso gastar para se obter novos ganhos. No caso a contratação de um operador, significa um aumento na despesa operacional e um desembolso mensal, já a aquisição de uma máquina é um investimento que poderá ser depreciado.

4.7 ANÁLISE DA APLICAÇÃO

Com base no que foi observado nos tópicos anteriores reconhece-se a contribuição que a abordagem da TOC trouxe para a empresa de confecções, foco desse estudo.

- Primeiro passo: **Identificar** a restrição do sistema. Foi possível através da análise dos tempos identificar o gargalo do sistema como sendo a

operação P2 onde são unidos os detalhes laterais dos produtos C1 e C2. A contribuição desse passo foi o de auxiliar os gestores da produção a priorizarem seus esforços de melhoria contínua nessa operação, em um primeiro momento buscando operados mais qualificados e uma política de manutenção preventiva das máquinas mais eficiente. E em um segundo momento elevarem a restrição.

- Segundo passo: Decidir como **explorar** a restrição do sistema. Nessa fase foi possível para a empresa planejar de forma simples o sistema de planejamento e controle da produção (PCP) com base na metodologia Tambor-Pulmão-Corda (TPC) o que trouxe um sincronismo entre as etapas de produção. Também foi possível definir a prioridade na produção de C1 ou C2 quando não era possível se atender a demanda total para os dois produtos.
- Terceiro passo: **Subordinar** o sistema de produção às decisões acima. A fase de subordinação foi contemplada com a implantação do TPC que orienta todas as demais etapas a seguirem o planejamento do recurso gargalo, evitando desvios e garantindo um fluxo constante para o sistema.
- Quarto passo: **Elevar** as restrições do sistema. Ao elevar a restrição do sistema de P2 para P4 foi possível à empresa não só aumentar o seu ganho como atender à sua demanda. Fortalecendo sua imagem frente aos clientes.
- Quinto passo: Se a restrição tiver sido quebrada em um dos passos anteriores, retornar ao passo 1. Não deixar a inércia se transformar na restrição do sistema. Nesse ponto a simulação permitiu aos gestores enxergarem antes da execução, o impacto que a elevação do gargalo terá no ganho da empresa e o investimento necessário para alcançá-lo. Embora a simulação tenha sido feita com base nos tempos médios dos operadores e máquinas disponíveis, retratam a tendência que será encontrada na realidade.

4.8 PERCEPÇÃO DO GESTOR DA ORGANIZAÇÃO:

Esta parte do trabalho procurou relatar as percepções obtidas pelos gestores da empresa a partir da aplicação do estudo. Segundo Sodré (2008) proprietária da empresa, destaca-se as seguintes melhorias:

- **Visão clara dos objetivos da produção:** Antes da implementação da TOC não havia um ponto de controle da produção que permitisse um acompanhamento real do número de peças acabadas produzidas durante a jornada de trabalho, a eficiência das operações eram controladas individualmente, uma vez que as operações possuíam tempos de processo diferentes eram geradas distorções no cálculo de peças produzidas durante o dia. Com a identificação do gargalo, foi possível controlar e acompanhar o fluxo de produção auxiliando na tomada de decisão gerencial.
- **Aumento de 40% nas vendas:** Com a elevação dos gargalos foi possível a empresa atender um número maior de pedidos com prazos menores de entrega o que permitiu a equipe de vendas aumentarem os pedidos com clientes antigos e atender a novos.
- **Diminuição do inventário em 66%:** Com a implementação da metodologia TPC, os inventários ficaram atrelados as necessidades do gargalo o que gerou facilidades nos cálculos de compras de matéria-prima definindo valores de estoque mínimo e lotes de reposição que até então não eram utilizados pela empresa.
- **Diminuição do lead time de 1 semana para 2 dias:** O sistema anterior de produção baseava-se na eficiência local das operações, procurando manter o pessoal o tempo todo ocupado gerava altos níveis de estoque em processo e conseqüentemente maior tempo de atravessamento (lead time). Com a implementação da metodologia TPC, o gargalo passou a regular o nível de estoque possibilitando entregar pedidos com maior agilidade.
- **Melhora no desempenho das entregas:** A melhoria no desempenho das entregas é função direta dos resultados obtidos no sistema de produção da empresa, que através da diminuição do lead time e

melhor previsão e controle da produção pôde trabalhar com cronogramas de entrega realísticos, oferecendo a seus clientes prazos factíveis de entrega e aumentando a credibilidade na organização.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo desenvolveu uma modelagem para a aplicação da TOC no sistema de produção de uma empresa de confecções.

O modelo obtido conta com pontos positivos e pontos negativos que foram percebidos durante a modelagem e listados abaixo:

Pontos positivos:

- **Identificação do gargalo:** Foi possível a identificação de P2 como o gargalo do sistema através da cronometragem das operações.
- **Viabilidade da aplicação da TOC:** Foi elaborada uma modelagem capaz de viabilizar a aplicação da TOC. Antes de se implementarem mudanças no chão-de-fábrica foi possível prever os impactos que elas causariam, trazendo maior confiança para os gestores e melhor planejamento.
- **Simulação da elevação dos gargalos:** Foi possível a simulação da elevação dos gargalos. A simulação permitiu aos gestores visualizarem os impactos das mudanças sem ter que arcar com o ônus de implantá-las. Foi possível prever até que ponto é rentável para a empresa elevar o gargalo e que esforços serão necessários para alcançá-los.

Pontos negativos:

- **Caráter temporal:** Por trabalhar com dados limitados a um período de tempo, a modelagem para continuar sendo útil, precisa ser atualizada caso aconteçam mudanças significativas, como a entrada de um novo modelo, processo ou recurso.
- **Dificuldade de aderência a mudanças:** A modelagem não contou com fatores como o absenteísmo, quebra de máquinas, atrasos de fornecedores e outros que afetam o desempenho direto da empresa.

É importante registrar que não foi encontrado na revisão bibliográfica, texto

científico que abordasse o uso da TOC em um caso real aplicado a uma indústria de confecções.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros no âmbito da pesquisa realizada, sugere-se:

- Revisar continuamente os dados de entrada e o próprio modelo, em acordo com os princípios da melhoria contínua.
- Desenvolver um modelo matemático para otimizar a simulação da elevação dos gargalos.
- Continuar a aplicar e observar a longo prazo os resultados financeiros e econômicos na gestão do negócio.

6 REFERÊNCIAS

BARCAUI, A. B.; QUELHAS, O. Corrente Crítica: uma alternativa à gerência de projetos tradicional. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**. v. 2, p. 1-21. 2004.

BOLWIJN, P. T.; KUMPE, T. Manufacturing in the 1990s: Productivity, Flexibility, and Innovation. **Long Range Planning**. v. 23, n. 4, p. 44-57. 1990.

CHAKRAVORTY, S. S. Improving a V-plant operation: a window manufacturing case study. **Production and Inventory Management Journal**. v. 41, n. 3, Third Quarter p. 37. 2000.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: Uma Abordagem Estratégica**. São Paulo: Atlas, 2005.

CORRÊA, H. L.; GIANESI I. G. N. **Just in Time, Mrp II E Opt: um enfoque estratégico** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1993.

COSTA, H.G, *et al.* Sistemas de produção. In: LUSTOSA, L. *et al.* **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier. 355p.,2008.

DAVIES, J.; MABIN V. J.; BALDERSTONE, S. J. The theory of constraints: a methodology apart? a comparison with selected or/ms methodologies. **Omega**. v. 33, n. 6, p. 506 - 524. 2005.

FOX, R. F. Opt an answer for america: Part IV - Leapfrogging the Japanese. **Inventories and Production**. 1983.

GOLDRATT, E. M. Computerized shop floor scheduling. **International Journal of Production Research**. v. 26, n. 3, p. 443-455, 1988.

_____. **The haystack syndrome: sifting information out of the data ocean**. Great Barrington: North River Press, 1990.

_____. **Corrente Crítica**. São Paulo: Nobel, 1998.

_____. **A Meta Na Prática**. São Paulo: Nobel, 2006.

GOLDRATT, E. M.; COX J. **A Meta: Um processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: Educator, 1993.

GOLDRATT, E. M.; FOX, R. E. **A corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: IMAM, 1992.

GOLDRATT, E. M.; SCHRAGENHEIM, E.; PTAK, C. **A. Necessary but not sufficient – a theory of constraints business novel**. Great Barrington: North River Press, 2000.

GUERREIRO, R. **A meta da empresa: seu alcance sem mistérios**. São Paulo: Atlas, 1996.

GUIMARÃES, S. R., **Cronoanálise para confecção**. Curso de supervisor de confecção. SENAI, 2004. Apostila.

GUPTA, M. C. ; BOYD, L. H. Theory of constraints: a theory for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 28, n. 9-10, p. 991-1012. 2008.

HO, T. F.; LI, R. K. Bottleneck-based heuristic dispatching rule for optimizing mixed tdd/idd performance in various factories. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. 2006.

HUANG, H. H. Integrated production model in agile manufacturing systems. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 20, n.7, p. 515-525. 2002.

IEMI, Instituto de estudos e marketing industrial. **Relatório setorial da indústria têxtil brasileira**. São Paulo. 2008.

INMAN, R. A.; SALE M. L.; GREEN, K. W. analysis of the relationships among toc use, toc outcomes, and organizational performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 3-4, p. 341-356. 2009.

KENDALL, G. I. **Visão viável: transformando o faturamento em lucro líquido**. Tradução: Renate Schinke, Porto Alegre. 2007

KUO, T. C.; CHANG S. H.; HUANG, S. N. Due-date performance improvement using toc's aggregated time buffer method at a wafer fabrication factory. **Expert Systems with Applications**, v.36, n.2, p.1783-1792. 2009.

LOCKAMY, A. I. Examining supply chain networks using v-a-t material flow analysis. **Supply Chain Management: An International Journal**, v.13, n.5, p.343-348. 2008.

LUNDRIGAN, R. What Is This Thing Called Opt? **Production Inventory**

Management, v.27, n.2, p.2-11. 1986.

MABIN, V. J.; BALDERSTONE S. J. **The world of the theory of constraints: A review of the international literature.** Boca Raton: St. Lucie Press: 2000.

MABIN, V. J.; BALDERSTONE S. J.. The Performance of the Theory of Constraints Methodology: Analysis and Discussion of Successful Toc Applications. **International Journal of Operations & Production Management**, v.23, n.5/6, p.28. 2003.

MELETON, M. P. J. Opt-fantasy or breakthrough? **Production Inventory Management.**, v.27, n.2, p.13-21. 1986.

MEREDITH, J. R.; MCTAVISH R. Organized Manufacturing for Superior Market Performance. **Long Range Planning**, v.25, n.6, p.63-71. 1992.

MOELLMANN, A. H.; ALBUQUERQUE A. S; CONTADOR, J. L.; MARINS, F. A. S. Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação. **Revista Gestão Industrial.** 2006.

NOGUEIRA, M. D. G. S.; GOMES K. G. B. Aplicação da teoria das restrições no laboratório de vestuário industrial da Ufpel.In: **ENEGEP.** Foz do Iguaçu, 2007.

PLENERT, G. Optimized theory of constraint when multiple constrained resource exist. **European Journal of Operational Research**, n.70, p.126–133. 1993.

PORTER, M. E. The five competitive forces that shape strategy. **Harvard Business Review**, v.86, n.1, Jan, p.78-+. 2008.

RECH, S. R. Cadeia Produtiva da Moda: Um modelo conceitual de análise da competitividade no elo de confecção. Programa de pós-graduação em engenharia de produção, UFSC, Santa Catarina, 2006.

SCHRAGENHEIM, E.; COX J.; RONEN, B. Process flow industry - scheduling and control using theory of constraints. **International Journal of Production Research**, v.32, n.8, Aug, p.1867-1877. 1994.

SCHRAGENHEIM, E.; RONEN, B. Buffer Management: a diagnostic tool for production control. **Production and Inventory Management Journal**, v.32, n. 2, Second Quarter p.74. 1991.

SCHRAGENHEIM, E.; DETTMER, H. W. **Simplified Drum-Buffer-Rope: A Whole System Approach to High Velocity Manufacturing.** Manufacturing at Warp

Speed:Optimizing Supply Chain Business Performance. Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 2000.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Boletim estatístico de micro e pequenas empresas**. Observatório Sebrae: 1º Semestre, Brasília: 2005. Disponível em: [http://www.dce.sebrae.com.br/bte/bte.nsf/03DE0485DB219CDE0325701B004CBD01/\\$File/NT000A8E66.pdf](http://www.dce.sebrae.com.br/bte/bte.nsf/03DE0485DB219CDE0325701B004CBD01/$File/NT000A8E66.pdf) . Acesso em: 14 de fev. de 2007.

SELLITTO, M. A. Processos de pensamento da toc como alternativa sistêmica de análise organizacional: uma aplicação em saúde pública. **Gestão&Produção**, v.12, p.81-96. 2005.

SEONMIN, K.; MABIN, V. J; DAVIES, J. The theory of constraints thinking processes: retrospect and prospect. **International Journal of Operations & Production Management**, v.28, n.2, p.155 - 184. 2008.

SINGH, R.; PRAKASH; KUMAR, S; TIWARI, M. Psycho-clonal based approach to solve a toc product mix decision problem. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.29, n.11, p.1194-1202. 2006.

SODRÉ, M. G. B. Entrevista concebida a Fabio G. Torres. Juiz de Fora, ago. 2009.

SOUZA, F. B. D. Do Opt à teoria das restrições: avanços e mitos. **Produção**, v.15, p.184-197. 2005.

SOUZA, F. B. D; TAKAO, E.L.; SILVA, M. A. C; ANTONIOLLI, P. D. Utilização da abordagem da teoria das restrições na gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão conceitual. 2004. **XI SIMPEP**, Bauru, 2004.

SOUZA, F. B. D., A. F. RENTES, *et al.* A Interdependência Entre Sistemas De Controle De Produção E Critérios De Alocação De Capacidades. **Gestão & Produção**, v.9, n.2, p.215-234. 2002.

SPENCER, M. S. Using 'the Goal' in an mrp system. **Production and Inventory Management Journal**, v.32, n.4, Fourth Quarter p.pg. 22. 1991.

SPENCER, M. S.; COX J. 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.

_____. Master Production Scheduling Development in a Theory of Constraints. **Production and Inventory Management Journal**, v.36, n.1, First Quarter p.8. 1995.

UMBLE, M. M. Analyzing Manufacturing Problems Using V-a-T Analysis. **Production & Inventory Management Journal**, v.33, n.2, p.55-60. 1992.

APÊNDICE A – SIMULAÇÕES DA ELEVAÇÃO DAS RESTRIÇÕES.

1- Simulação com P2 como gargalo.

Processo		Operadores		Tempos		Tempo Total		Utilização
Máquina		C1	C2	C1	C2	C1	C2	%*
P1	M1	O1	O1	6,11	6,11	7.332	5.896	43%
P2	M2/M14	O2/O8	O2	9,78	19,55	11.730	18.866	100%
P3	M3	O3	O3	9,67	9,67	11.604	9.332	68%
P4	M4	O4	O4	12,13	12,13	14.556	11.705	86%
P5	M5	O5	O5	9,92	9,92	11.904	9.573	70%
P6	M6	O6		6,91		8.292	-	27%
P7	M7		O6		6,06	-	5.848	19%
P8	M8	O7	O7	9,38	9,38	11.256	9.052	66%
P9	M9		O8		9,28	-	8.955	29%
P10	M10	O9	O9	10,85	10,85	13.020	10.470	77%
P11	M11	O10	O10	13,92	13,92	16.704	13.433	98%
P12	M12		O11		9,62	-	9.283	30%
P13	M13	O11		5,80		6.960	-	23%

* Utilização = ((Tempo de C1 x Demanda de C1) + (Tempo de C2 x Demanda de C2)) / 30.600
Os Tempos encontram-se em segundos.

Produto	Demanda	Valor unitário	Ganho mensal*
C1	1200	R\$ 0,81	R\$ 20.412,00
C2	965	R\$ 0,87	R\$ 17.630,55
Total de C1+C2			R\$ 38.042,55

2 - Simulação da elevação de P2 para P4 com a contratação do operador O12.

Processo		Operadores		Tempos		Tempo Total		Utilização
Máquina		C1	C2	C1	C2	C1	C2	%*
P1	M1	O1	O1	6,11	6,11	7.332	7.332	48%
P2	M2/M14	O2/O8	O2/O12	9,78	9,78	11.730	11.730	77%
P3	M3	O3	O3	9,67	9,67	11.604	11.604	76%
P4	M4	O4	O4	12,13	12,13	14.556	14.556	95%
P5	M5	O5	O5	9,92	9,92	11.904	11.904	78%
P6	M6	O6		6,91		8.292	-	27%
P7	M7		O6		6,06	-	7.272	24%
P8	M8	O7	O7	9,38	9,38	11.256	11.256	74%
P9	M9		O8		9,28	-	11.136	36%
P10	M10	O9	O9	10,85	10,85	13.020	13.020	85%
P11	M11/M9	O10/O12	O10	6,96	13,92	8.352	16.704	82%
P12	M12		O11		9,62	-	11.544	38%
P13	M13	O11		5,80		6.960	-	23%

* Utilização = ((Tempo de C1 x Demanda de C1) + (Tempo de C2 x Demanda de C2)) / 30.600

Os Tempos encontram-se em segundos.

Produto	Demanda	Valor unitário	Ganho mensal*	
C1	1200	R\$ 0,81	R\$ 20.412,00	
C2	1200	R\$ 0,87	R\$ 21.924,00	
Total de C1+C2			R\$ 42.336,00	

3- Simulação da elevação de P4 para P11 com a contratação do operador O13 e aquisição da máquina M15.

Processo	Máquina	Operadores		Tempos		Tempo Total		Utilização %*
		C1	C2	C1	C2	C1	C2	
P1	M1	O1	O1	6,11	6,11	9.776	8.542	60%
P2	M2/M14	O2 /O8	O2/O12	9,78	9,78	15.640	13.665	96%
P3	M3	O3	O3	9,67	9,67	15.472	13.519	95%
P4	M4/M15	O4	O4/O13	12,13	6,07	19.408	8.479	91%
P5	M5	O5	O5	9,92	9,92	15.872	13.868	97%
P6	M6	O6		6,91		11.056	-	36%
P7	M7		O6		6,06	-	8.472	28%
P8	M8	O7	O7	9,38	9,38	15.008	13.113	92%
P9	M9		O8		9,28	-	12.973	42%
P10	M10/M7	O9/O13	O9	5,43	10,85	8.680	15.168	78%
P11	M11/M9	O10/O12	O10	6,96	13,92	11.136	19.460	100%
P12	M12		O11		9,62	-	13.449	44%
P13	M13	O11		5,80		9.280	-	30%

* Utilização =((Tempo de C1 x Demanda de C1) + (Tempo de C2 x Demanda de C12))/30.600
Os Tempos encontram-se em segundos

Produto	Demanda	Valor unitário	Ganho mensal*	
C1	1600	R\$ 0,81	R\$ 27.216,00	
C2	1398	R\$ 0,87	R\$ 25.541,46	
Total de C1+C2			R\$ 52.757,46	

4 - Simulação da elevação de P11 para P5 com a contratação do operador O14 e aquisição da máquina M16

Processo	Máquina	Operadores		Tempos		Tempo Total		Utilização %*
		C1	C2	C1	C2	C1	C2	
P1	M1	O1	O1	6,11	6,11	9.067	9.776	62%
P2	M2/M14	O2 /O8	O2/O12	9,78	9,78	14.506	15.640	99%
P3	M3	O3	O3	9,67	9,67	14.350	15.472	97%
P4	M4/M15	O4	O4/O13	12,13	6,07	18.001	9.704	91%
P5	M5	O5	O5	9,92	9,92	14.721	15.872	100%
P6	M6	O6		6,91		10.254	-	34%
P7	M7		O6		6,06	-	9.696	32%
P8	M8	O7	O7	9,38	9,38	13.920	15.008	95%

Processo	Máquina	Operadores		Tempos		Tempo Total		Utilização %*
		C1	C2	C1	C2	C1	C2	
P9	M9		O8		9,28	-	14.848	49%
P10	M10	O9/O13	O9	5,43	10,85	8.051	17.360	83%
P11	M11/9/16	O10/O12	O10/O14	6,96	6,96	10.329	11.136	70%
P12	M12		O11		9,62	-	15.392	50%
P13	M13	O11		5,80		8.607	-	28%

* Utilização = ((Tempo de C1 x Demanda de C1) + (Tempo de C2 x Demanda de C2))/30.600
Os Tempos encontram-se em segundos.

Produto	Demanda	Valor unitário	Ganho mensal*
C1	1484	R\$ 0,81	R\$ 25.242,84
C2	1600	R\$ 0,87	R\$ 29.232,00
Total de C1+C2			R\$ 54.474,84

5 - Simulação da elevação de P5 para P2 com a aquisição da máquina M17.

Processo	Máquina	Operadores		Tempos		Tempo Total		Utilização %*
		C1	C2	C1	C2	C1	C2	
P1	M1	O1	O1	6,11	6,11	9.348	9.776	62%
P2	M2/M14	O2/O8	O2/O12	9,78	9,78	14.956	15.640	100%
P3	M3	O3	O3	9,67	9,67	14.795	15.472	99%
P4	M4/M15	O4	O4/O13	12,13	6,07	18.559	9.704	92%
P5	M5/M17	O5/O14	O5	4,96	9,92	7.589	15.872	77%
P6	M6	O6		6,91		10.572	-	35%
P7	M7		O6		6,06	-	9.696	32%
P8	M8	O7	O7	9,38	9,38	14.351	15.008	96%
P9	M9		O8		9,28	-	14.848	49%
P10	M10	O9/O13	O9	5,43	10,85	8.300	17.360	84%
P11	M11/9/16	O10/O12	O10/O14	6,96	6,96	10.649	11.136	71%
P12	M12		O11		9,62	-	15.392	50%
P13	M13	O11		5,80		8.874	-	29%

* Utilização = ((Tempo de C1 x Demanda de C1) + (Tempo de C2 x Demanda de C2))/30.600
Os Tempos encontram-se em segundos.

Produto	Demanda	Valor unitário	Ganho mensal*
C1	1530	R\$ 0,81	R\$ 26.025,30
C2	1600	R\$ 0,87	R\$ 29.232,00
Total de C1+C2			R\$ 55.257,30

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)