

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Informática**  
**Curso de Engenharia de Produção**

**Otimização da Produção em Linhas de Montagem: Um estudo de caso  
em uma empresa de purificadores de água**

*Matheus Franklin Medeiros*

**TCC-EP-44-2007**

**Maringá - Paraná**  
**Brasil**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Informática  
Curso de Engenharia de Produção

**Otimização da Produção em Linhas de Montagem: Um estudo de caso  
em uma empresa de purificadores de água**

*Matheus Franklin Medeiros*

**TCC-EP-44-2007**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. : Márcia Marcondes Altimari Samed

**Maringá - Paraná  
2007**

**Matheus Franklin Medeiros**

**Otimização da Produção em Linhas de Montagem: Um estudo de caso em uma empresa de purificadores de água**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

---

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia M. A. Samed  
Departamento de Informática, CTC

---

Prof<sup>(a)</sup>. Elizangela Veloso  
Departamento de Informática, CTC

Maringá, outubro de 2007

## EPÍGRAFE

Uma diferença entre o vencedor e o perdedor é que o primeiro faz das dificuldades oportunidades, e o segundo faz das oportunidades dificuldades.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas oportunidades de viver, reviver, aprender, ensinar, amar e ser amado.

Muito obrigado professora Márcia, pelo apoio, força e paciência, não apenas neste trabalho.

Meu muito obrigado à Fran, por ser simplesmente a Fran, uma pessoa que não me julgo capacitado a descrever.

À minha família, que acreditou em mim e tenho certeza que sempre fizeram tudo o que estava até além do seu alcance para me apoiar com foco nesta conquista.

À “turma toda” que caminha e continuará firme na luta por esta tão desejada vitória: Gui, Neguim, Uxo, Blau, Suzinho, Welton, Vitim.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a determinação ótima de ordens de produção a serem enviadas à linhas de produção manuais. Realizou-se um diagnóstico e identificou-se que diversas e dependentes são as etapas do processo produtivo da empresa em questão, além de possuírem ciclos muito distintos. Aplicou-se o método tambor-pulmão-corda da Teoria das Restrições nas linhas em se alocando mais ou menos colaboradores em cada etapa, com base na cronoanálise realizada. Obteve-se, então, resultados muito satisfatório no atendimento à filosofia *Just in Time*, conseguindo otimização da produção.

**Palavras-chave:** Teoria das restrições. *Just in Time*. Otimização da produção. Cronoanálise.

# SUMÁRIO

<b>EPÍGRAFE .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>vi</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	1
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	2
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	3
2.1.1 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO - DEFINIÇÕES .....	3
2.1.1.1 ALINHAMENTO DE DIRETRIZES .....	4
2.1.1.2 RESTRIÇÕES .....	4
2.1.1.3 MAXIMIZAÇÃO DA RENTABILIDADE.....	4
2.1.1.4 MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS.....	5
2.2 JIT .....	5
2.2.1 FILOSOFIA JIT - DEFINIÇÕES.....	5
2.3 TOC .....	6
2.3.1 FILOSOFIA TOC – DEFINIÇÕES .....	6
2.3.2 FILOSOFIA TOC - APLICAÇÃO.....	7
2.4 CRONOANÁLISE.....	9
<b>3 APLICAÇÃO DA TOC A UMA EMPRESA DE PURIFICADORES DE ÁGUA .....</b>	<b>10</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	10
3.2 PRODUTOS FABRICADOS NA EMPRESA .....	10
3.2.1 COMPONENTES DOS APARELHOS .....	11
3.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO .....	11
3.3.1 COMPONENTES PRIMÁRIOS .....	12
3.3.2 COMPONENTES SECUNDÁRIOS .....	13
3.3.3 EXPEDIÇÃO .....	13
3.4 CRONOANÁLISE.....	13
3.4.1 METODOLOGIA DA CRONOANÁLISE .....	13
3.4.2 PRODUTIVIDADE .....	14
3.4.2.1 PRODUTIVIDADE MENSURADA.....	15
3.4.3 DETERMINAÇÃO DAS ORDENS DE PRODUÇÃO .....	15
3.5 APLICAÇÃO DA TOC.....	16
3.6 ATENDIMENTO AO JIT .....	19
3.7 MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS .....	20
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>22</b>

	viii
4.1 PRODUÇÃO ANTERIOR AO ESTUDO.....	22
4.2 ESTUDO APLICADO .....	22
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>26</b>



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 2.1: TRÊS PERGUNTAS NECESSÁRIAS À APLICAÇÃO DA TOC.....	7
FIGURA 3.1: COMPONENTES PRIMÁRIOS.....	11
FIGURA 3.2: COMPONENTES SECUNDÁRIOS.....	11
FIGURA 3.3: APARELHOS ENCAIXOTADOS.....	12
FIGURA 3.4: APARELHOS PURIFIC.....	12
FIGURA 3.5: RELATÓRIO DE PRODUÇÃO INDIVIDUAL.....	14
FIGURA 3.6: APLICAÇÃO DA TOC NA EMPRESA DE PURIFICADORES DE ÁGUA.....	18
FIGURA 3.7: FLUXOGRAMA DO MÉTODO TAMBOR-PULMÃO-CORDA APLICADO.....	19
FIGURA 3.8: CÁLCULOS DE PREJUÍZOS DECORRENTES DE PRODUÇÃO SEM ATENDIMENTO À TOC.....	21
FIGURA 4.1: PLANILHA PARA OBTENÇÃO DA QUANTIDADE DE COLABORADORES NECESSÁRIOS.....	23

## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1: ESTOQUES ANTERIORES À APLICAÇÃO DA TOC .....	19
TABELA 3.2: DEMANDA DE UM DIA DE PRODUÇÃO.....	20

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 : DEFINIÇÃO DOS TERMOS.....	7
QUADRO 2.2 : PASSOS DA TOC .....	8
QUADRO 3.1 : META DE PRODUÇÃO DOS APARELHOS.....	15
QUADRO 3.2 : TEMPOS NECESSÁRIOS A CADA ETAPA DE PRODUÇÃO.....	17

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JIT	<i>Just in Time</i>
TOC	<i>Theory of Constraints</i> – Teoria das Restrições
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PO`s	Postos Operativos
UP	Unidade de Produção
TPC	Método Tambor, Pulmão, Corda
TP	<i>Thinking Process</i> (Processo de Pensamento)

**LISTA DE SÍMBOLOS**

$p$	Produtividade
$C_{real}$	Ciclo Real
$C_{melhor}$	Melhor Ciclo
$Q$	Quantidade de colaboradores necessários
$q$	Quantidade de componentes
$T$	Tempo total do turno de trabalho
$t_5$	Tempo necessário à montagem de 5 exemplares do componente secundário em análise
$H_f$	Horário final de trabalho no componente em estudo
$H_i$	Horário inicial de trabalho no componente em estudo
$A_d$	Meta diária de produção
$d_u$	Quantidade de dias úteis no mês em questão
$M$	Meta mensal de produção

# 1 INTRODUÇÃO

Pode-se dizer que otimização de produção é um conceito não muito antigo. Não há muito tempo que se procura aplicar tal metodologia, seja em linhas de produção manuais ou mecanizadas.

No final da década de 40 surgiu a filosofia *Just in Time* (JIT), criada pela Toyota, visando uma otimização de produção como um todo, eliminando estoques sejam eles de suprimentos, entre os processos e/ou de produtos acabados. Talvez tenha sido esta a primeira tentativa de se trabalhar buscando uma otimização de produção.

O objetivo de qualquer corporação é, sem dúvida, ganhar dinheiro, ou ainda, ganhar cada vez mais dinheiro. Para uma indústria aumentar esse ganho precisa reduzir seus custos, e conseqüentemente, estará contribuindo para o aumento do lucro da corporação.

A Teoria das Restrições ou *Theory of Constraints* (TOC) propõe uma forma de estudo quanto às decisões cabíveis a determinadas situações para que esta seja a mais correta quanto à diminuição de custos.

Uma conciliação destas duas filosofias pode trazer um resultado muito satisfatório nas despesas de uma indústria. Partindo deste pressuposto, foi realizado um estudo de caso em uma empresa de purificadores de água localizada na cidade de Maringá – PR.

A empresa é de grande porte, conta com um quadro de aproximadamente 100 funcionários e atua no mercado desde 1998. Apresenta um mix de 9 produtos e possui máquinas nas quais são produzidas as peças por processos de injeção e sopro, além das linhas de montagem dos aparelhos finais.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal do presente estudo foi a determinação ótima das ordens de produção a serem executadas em uma empresa de purificadores de água.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Utilizar fundamentos da TOC para determinação das restrições existentes nas linhas de montagem da empresa e aplicar a filosofia JIT para otimização das linhas de montagem da empresa de purificadores de água.

## **1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho foi elaborado conforme a seguinte estrutura:

No Capítulo 1 apresenta-se a introdução do trabalho, definições dos objetivos e estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 segue a revisão bibliográfica a respeito do tema central do trabalho.

No Capítulo 3 é descrita a metodologia para obtenção de dados necessários ao estudo.

O Capítulo 4 descreve os resultados obtidos na aplicação das filosofias descritas na Revisão Bibliográfica.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

Para se obter as ótimas ordens de produção a serem executadas com o mínimo custo de produção, foram combinadas quatro filosofias/ferramentas:

- Otimização da Produção
- JIT
- TOC
- Cronoanálise

### **2.1 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO**

Conforme Goldratt (2002), a meta de qualquer corporação é ganhar dinheiro, e todo o mais que é feito nada mais é do que um meio de se atingir tal meta. A otimização da produção nas linhas de montagem é uma forma de se buscar a minimização de custos para a empresa e evitando, por exemplo, que pedidos sejam entregues em atraso ou o cancelamento dos mesmos, aumentando a satisfação destes clientes e, por consequência, mantendo a fidelidade dos mesmos, gerando assim, maior lucro.

#### **2.1.1 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO - DEFINIÇÕES**

Podemos definir “otimização da produção” como: produzir a quantidade correta, no momento exato, com qualidade compatível às exigências do mercado, ao mínimo custo e de forma a atender todas as necessidades do cliente. Essa combinação de fatores aplicada à produção leva à tão desejada produção ótima.

Segundo Menezes *et al* (2006), a definição do “ótimo” consiste na combinação de quatro conjuntos de critérios:

- Alinhamento de Diretrizes
- Restrições
- Maximização da Rentabilidade



- Minimização de Custos

Com o atendimento a estes quatro critérios em qualquer setor corporativo, pode-se dizer que se tem o ótimo do setor.

#### **2.1.1.1 ALINHAMENTO DE DIRETRIZES**

É necessário que a empresa tenha uma clara definição de suas diretrizes para que a partir deste dado trabalhe com sua produção voltada ao atendimento em total acordo com a necessidade de seu cliente em todos os requisitos, seja pontualidade, qualidade e custo. Segundo Moutella (2003), conquistar novos clientes custa entre 5 e 7 vezes mais do que manter os já existentes. Ainda segundo a mesma autora, um cliente insatisfeito costuma contaminar outros 13, enquanto que um satisfeito influencia apenas 5. O que é prometido tem que ser cumprido e buscando sempre que se tenha a necessidade do cliente atendida.

#### **2.1.1.2 RESTRICÇÕES**

Segundo Ptak *et al apud* Antonioli (2004), o desempenho de uma organização está restringido por poucas variáveis. Estas variáveis devem ser conhecidas e controladas de forma simples e lógica para caminhar na direção da meta da empresa. Para que se tenha um atendimento ao cliente, é imprescindível o conhecimento destas variáveis, também para haver a informação exata a ser passada ao cliente. O cliente ao comprar um produto, qualquer que seja, vai querer saber com que material ele é produzido, quais são as garantias de qualidade que o produto oferece, quanto tempo ele terá que aguardar até que o produto esteja disponível, etc. Baseado em Goldratt (2000), é necessário o conhecimento mais profundo de todas as informações quanto à produção e sobre o produto em si para próprio controle do sistema. Além disso, o cliente pode vir a exigir qualquer informação e deve-se sempre ter a resposta, e esta tem que ser necessariamente exata.

#### **2.1.1.3 MAXIMIZAÇÃO DA RENTABILIDADE**

Segundo Menezes *et al* (2006), há vários meios que podem ser estudados para uma maximização da rentabilidade no setor produtivo. Porém, deve-se sempre levar em consideração os riscos de perdas que tais decisões possam acarretar. Por exemplo, pode-se aumentar o preço de venda de um produto ou ainda atrasar uma entrega para diminuir custo

da mesma em virtude da existência de um atendimento na mesma localidade algum tempo depois do previsto para a primeira entrega. Estes dois exemplos em uma primeira análise podem parecer formas para aumento de rentabilidade, porém, o cliente pode não estar disposto a pagar o preço mais alto a que o produto seria oferecido e/ou não precisar do produto na data em que se aproveitaria para a entrega de outro produto.

#### **2.1.1.4 MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS**

Para se reduzir os custos do setor produtivo, nada melhor do que não ter estoques. Segundo Goldratt (2000), qualquer tipo de estoque seja ele anterior, intermediário ou de produto acabado, acarreta em custos como de armazenagem, além de ser capital parado. O ideal é sempre comprar o que será utilizado buscando sempre o melhor preço. Falando em comprar sempre ao menor preço pode-se pensar que é melhor comprar em grandes quantidades para obtenção do melhor preço, mas os custos de armazenagem e/ou a restrição de verba em outros setores causada devido a uma compra elevada devem sempre ser levados em consideração.

### **2.2 JIT**

Com o surgimento da filosofia Just in Time (JIT), iniciou-se a busca pela produção ótima, sempre produzindo o que fosse compatível com o mercado consumidor, sem que se tenha gastos indesejados com estoques anteriores, intermediários ou posteriores a cada etapa da linha de produção.

A enciclopédia Wikipédia define o termo *Just in Time* da seguinte forma: “*Just in Time* é um sistema de administração da produção que determina que nada deva ser produzido, transportado ou comprado antes da hora exata...”. Há ainda outras definições da filosofia que serão citadas a seguir.

#### **2.2.1 FILOSOFIA JIT - DEFINIÇÕES**

Slack *et al* (2002) descreve da seguinte forma a filosofia *Just in Time*: “O JIT visa atender à demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios”. Uma definição ainda mais complexa da filosofia, segundo Voss *apud* Slack *et al* (2002) é:

“O *just in time* (JIT) é uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de

instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT depende do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado por meio da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia-chave do JIT é a simplificação.”

## **2.3 TOC**

Segundo Goldratt (2000), “não é necessário ter uma inteligência excepcional para construir uma nova ciência ou para expandir uma já existente. É preciso apenas ter coragem para enfrentar inconsistências e evitar fugir delas...”. Tal autor desenvolveu o processo de melhoria contínua e levantou a aplicabilidade de mudanças como deixar de lado as eficiências em linhas produtivas.

### **2.3.1 FILOSOFIA TOC – DEFINIÇÕES**

Conforme já citado, o objetivo principal de qualquer corporação, desde que não seja uma organização não governamental, é ganhar dinheiro. A corporação que trabalha adequadamente tem explícita quais são as metas setoriais para que tal objetivo central seja alcançado. Tais metas devem ser cumpridas e, se acaso o setor falhar, necessitam de um estudo que busque a razão pela qual a meta não foi alcançada a fim de se evitar a repetição do erro.

Para uma indústria atuar no mercado, ela tem que ser competitiva. Segundo Goldratt (2000), ser competitivo é ter uma eficiência satisfatória sempre caminhando buscando uma maior redução nos custos. Uma indústria pode colaborar com o objetivo principal da empresa em se reduzindo os custos de produção dos produtos oferecidos.

São muitos os fatores que devem ser levados em consideração quando se estuda um aumento em produtividade. Conforme Goldratt (2000), produtividade não tem sentido sem meta, e ser produtivo é praticar alguma coisa na direção da sua meta. Ociosidade de funcionários talvez seja, em um primeiro impacto, um trauma a qualquer setor de produção. Mas a partir do momento em que não se tenha funcionário ocioso, mas se aumenta o estoque em processo, talvez devido à baixa capacidade produtiva de outro setor (gargalo), isto está gerando um custo indesejável à indústria. Logo, o funcionário que não está ocioso está gerando um custo a mais, que deve ser evitado.

A quantidade produzida em linhas de produção manuais deve ser em quantidade de acordo com as necessidades do mercado, buscando-se uma fábrica balanceada. Segundo Goldratt (2000) uma fábrica balanceada tem a capacidade de todo recurso equilibrada com a demanda do mercado, pois se a fábrica não tiver uma capacidade suficiente, estará se roubando do ganho em potencial. Já se houver mais capacidade do que o necessário estará desperdiçando dinheiro.

Surgem então, alguns conceitos que devem ser sempre estudados, como inventário, despesa operacional, ganho, retorno sobre investimento (RSI), fluxo de caixa, eficiência e eficácia. O quadro 2.1 apresenta algumas definições.

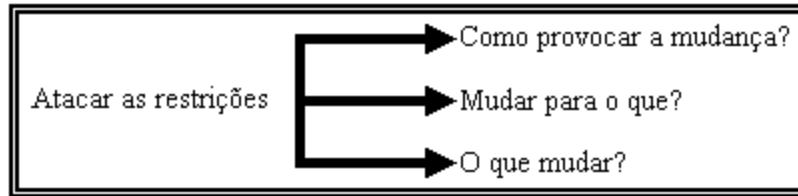
<b>TERMO</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>
Inventário	Dinheiro investido em coisas que se pretende vender
Despesa Operacional	Dinheiro investido afim de se transformar inventário em ganho
Ganho	Característica apresentada por um dispositivo amplificador ou atenuador, que consiste em modificar a amplitude de um sinal aplicado à sua entrada
RSI	Mede o retorno de determinado investimento realizado e contabilizado em meses nos quais eles era amortizado para então começar a gerar lucros
Fluxo de Caixa	Montante de caixa recebido e gasto por uma empresa durante um período de tempo definido
Eficiência	Relação entre os resultados obtidos e os recursos empregados
Eficácia	Análise de performance de indivíduos, empresas ou qualquer tipo de sistema cuja produção possa ser mensurável

**Quadro 2.1: Definições dos termos**

**Fonte: Adaptado de Goldratt (2000) e Wikipedia**

### **2.3.2 FILOSOFIA TOC - APLICAÇÃO**

Segundo Barcaui *et al*, a TOC procura atacar às restrições através de seu TP - *Thinking Process* (Processo de Pensamento), que consiste em buscar a resposta às seguintes perguntas:



**Figura 2.1: Três perguntas necessárias à aplicação da TOC.**

O método de aplicação da TOC é o TPC (tambor-pulmão-corda). Tal método se aplica a todo e qualquer setor de produção, seja ele de bens ou serviços. Moura (2007) define o método da seguinte forma: “A Teoria das Restrições usa o tambor-pulmão-corda baseado na programação do tambor (ponto de controle no gargalo, que estabelece a cadência de todo o processo), uma corda aciona os eventos e libera materiais a um único estoque pulmão na frente do gargalo”.

Uma metodologia adequada para se buscar conhecer o(s) gargalo(s) do sistema é descrita no Quadro 2.2.

<b>PASSO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
PASSO 1	IDENTIFICAR a(s) restrições do sistema
PASSO 2	Decidir como EXPLORAR a(s) restrição(ões) do sistema
PASSO 3	SUBORDINAR tudo o mais à decisão anterior
PASSO 4	ELEVAR a(s) restrição(ões) do sistema
PASSO 5	CUIDADO!!! Se em um passo anterior uma restrição tiver sido quebrada, volte ao passo 1, mas não deixe que a INÉRCIA cause uma restrição no sistema

**Quadro 2.2: Passos da TOC**

**Fonte: Goldratt (2000)**

Determinado(s) o(s) gargalo(s) do sistema, faz-se com que todos os outros setores trabalhem de forma a acompanhar tal(is) processo(s) para que este(s) esteja(m) sempre ativo(s) e funcionando com máxima capacidade. Goldratt (2000) afirma que “uma hora perdida no gargalo corresponde à uma hora perdida em todo o sistema”. Em linhas manuais de produção

pode-se melhorar a produtividade do gargalo em se aumentando o número de colaboradores no mesmo. Já em linhas mecanizadas, de uma maneira geral, o custo para o aumento da produtividade nos gargalos é superior e deve ser analisada a relação custo-benefício para investimento em tal melhoria.

Uma indústria que tem produtividade adequada e produção otimizada terá seu custo de produção mínimo, ou muito próximo disto.

## **2.4 CRONOANÁLISE**

O dicionário Wikipedia (2007) define o termo cronoanálise da seguinte forma:

“Cronoanálise usa a cronometragem como ferramenta e apura melhor a medição do tempo real para a indicação do tempo previsto, ou seja, com o tempo medido, devemos avaliar o ritmo do operador, avaliar estatisticamente o número de medições exigidas e o grau de confiabilidade, para obter um tempo puro. É aplicada em qualquer setor onde haja a atividade humana. Outras finalidades: - Aproveitar o tempo apurado para a coordenação e controle da produção - Base para cálculo da remuneração variável - Formar tabelas de tempos planejados - Incluir observações sobre as condições ergonômicas do trabalho - Indicar os potenciais de racionalização - Determinação dos padrões de tempo para propriação da mão de obra, carga máquina e o balanceamento de linhas e de setores da produção.”

Conclui-se então que cronoanálise é uma forma de se obter os ciclos médios gastos pelos colaboradores para efetuar suas tarefas.

Sakamoto (2002) descreve a cronoanálise da seguinte forma:

“...consiste em determinar o tempo de processamento que cada produto recebe nos diferentes PO's pelo qual passa. Não é somente medir o tempo, mas consiste em determinar o ritmo normal de trabalho, levando em consideração o nível de aprendizado do indivíduo e paradas necessárias para toalete no dia.”

A determinação do ciclo é essencial para que se conheça a capacidade produtiva da indústria em questão. Tal ciclo deve ser exato, com freqüentes atualizações às modificações, sejam de processo, produto ou colaboradores.

### **3 APLICAÇÃO DA TOC A UMA EMPRESA DE PURIFICADORES DE ÁGUA**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

O conhecimento da capacidade produtiva dos colaboradores é essencial para que haja uma elaboração ótima das ordens de produção a serem efetuadas. Na empresa à qual se realizou este estudo, verificou-se que não existiam ordens de produção passadas diretamente aos colaboradores especificando quantidades de cada componente que deveriam ser fabricado. Estes eram produzidos de acordo com o que seria necessário à linha de montagem final, sem que houvesse uma previsão das quantidades necessárias. Foi necessário então o conhecimento das capacidades produtivas de cada setor da indústria. Para tanto, decidiu-se utilizar a cronoanálise para determinação dos tempos ótimos dos colaboradores. Estas informações são necessárias para a aplicação do TPC da TOC.

Um estudo de cronoanálise em linhas de montagem manuais deve ser muito bem elaborado e, a partir dele, buscar qual é a produtividade nos setores da linha para posteriores determinações de metas visando a melhora da taxa inicial.

Cada colaborador, em qualquer setor da linha, leva um determinado tempo para realizar uma tarefa, porém, por se tratar de seres humanos, é impossível que se tenha um mesmo tempo de ciclo durante todo o período de trabalho, e é aí que a produtividade foi medida. Uma máquina trabalha com ciclos constantes, já o ser humano não pode trabalhar durante todo o tempo com a mesma capacidade produtiva.

#### **3.2 PRODUTOS FABRICADOS NA EMPRESA**

Os produtos fabricados na empresa são:

- Purific Pratic, nas cores transparente e azul;
- Purific Premium nas cores azul, branca e pérola;
- Purific Vida, nas cores azul, branca e preta;
- Purific Saúde, na cor branca.

### 3.2.1 COMPONENTES DOS APARELHOS

Os aparelhos Purific Premium e Purific Vida são constituídos genericamente de ímãs, base, chapinha de ímãs, adesivo, recipiente, reservatório, cinta, copo cristal, placa transmissora (infravermelho), ímã de geladeira e refil (filtro). O aparelho Purific Pratic tem como componentes a base, os ímãs, o recipiente, copo cristal, tampa, bico de jarra e refil. O aparelho Saúde explodido é composto por recipiente inferior, recipiente superior, copo, 3 refis, tampa, sobretampa, ímãs, tampa dos ímãs, bóia e suporte da bóia.

### 3.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo de fabricação dos aparelhos consiste em duas linhas de montagem na empresa. Na linha 1 são efetuadas as montagens dos componentes primários (Figura 3.1) para a formação dos componentes secundários (Figura 3.2).



**Figura 3.1: Componentes Primários dos aparelhos Purific – da esquerda para a direita são eles: cinta do Vida, base do Vida, Chapinha de sustentação dos ímãs (comum a todos os aparelhos), tampinha - alça da tampa e corpo da tampa (comuns aos aparelhos nos quais têm tampa).**



**Figura 3.2: Componentes Secundários dos aparelhos Purific – da esquerda para a direita são: reservatório Vida serigrafado, cinta Vida adesivado, Base Vida com ímãs e Chapinha dos ímãs, Recipiente Premium torneirado.**

Na linha 2 os componentes secundários são montados, formando os aparelhos finais embalados (Figura 3.3).





**Figura 3.3: Aparelhos Purific encaixotados – da esquerda para a direita são Purific Premium, Purific Vida, Purific Pratic e Novamente o Purific Vida em sua embalagem vista aberta.**

Os produtos, após serem adquiridos pelos clientes finais, são montados pelos mesmos para a utilização, seja ela doméstica ou comercial (Figura 3.4).



**Figura 3.4: Aparelhos Purific – da esquerda para a direita Pratic, Premium, Vida e Saúde.**

### 3.3.1 COMPONENTES PRIMÁRIOS

Os componentes primários são as peças produzidas nas máquinas de sopro ou injeção e que ainda não passaram por qualquer tipo de transformação manual. Há uma inspeção de qualidade em todos os setores primários da linha de montagem 1, e após esta primeira montagem, os componentes passam a ser denominados componentes secundários e seguem para o estoque 2, onde aguardam para serem embalados.

### 3.3.2 COMPONENTES SECUNDÁRIOS

Conforme já citado, os componentes secundários aguardam para serem embalados no estoque

2. A partir daí, os componentes secundários passam pelo processo final de montagem, onde são embalados para posterior envio à expedição.

### 3.3.3 EXPEDIÇÃO

Ao saírem da linha de montagem 2, os aparelhos são encaminhados pela expedição aos clientes finais.

## 3.4 CRONOANÁLISE

Em todas as etapas da linha de montagem foram retirados os tempos médios gastos para a realização das tarefas. Com o auxílio de um cronômetro, mediu-se os tempos gastos por cada colaborador para a realização das determinadas tarefas.

### 3.4.1 METODOLOGIA DA CRONOANÁLISE

Foi determinado o melhor ciclo gasto para todas as tarefas, medindo-se o tempo necessário a cada processo das linhas de montagem através da obtenção do tempo médio de produção de 5 (cinco) ciclos. Por exemplo, para se obter o melhor tempo de ciclo da etapa de montagem do componente secundário “tampa azul pronta” mediu-se o tempo gasto para a montagem de 5 (cinco) “tampas azul pronta” sem qualquer parada e dividiu-se o tempo obtido por cinco, conforme Equação (3.1):

$$C_{melhor} = \frac{t_5}{5} \quad (3.1)$$

onde  $C_{melhor}$  corresponde ao melhor ciclo de produção e  $t_5$  ao tempo necessário à preparação de 5 exemplares do componente em estudo.

Por meio de relatórios de produção, foram obtidos os tempos de ciclo reais em que são produzidos cada um dos componentes secundários e aparelhos finais por colaborador. Tais relatórios (Figura 3.5) forneceram os horários inicial e final de cada etapa e suas respectivas quantidades de produção individuais dos colaboradores.

<b>RELATÓRIO DE PRODUÇÃO INDIVIDUAL</b>		
DATA: ____/____/____		SETOR: _____
COLABORADOR: _____		
QUANTIDADE DE COMPONENTES	HORÁRIO	
	INICIAL	FINAL
_____ ASS. DO COLABORADOR		

**Figura 3.5: Relatório de Produção individual**

A equação de determinação dos ciclos reais de produção pode ser descrita da seguinte forma:

$$C_{real} = \frac{H_f - H_i}{q} \quad (3.2)$$

onde  $C_{real}$  corresponde ao ciclo real de trabalho,  $H_f$  ao horário final de trabalho do componente,  $H_i$  ao horário inicial de trabalho do componente e  $q$  à quantidade de componentes produzidos.

Assim, calculamos a produtividade de cada setor.

### 3.4.2 PRODUTIVIDADE

Com base nos melhores tempos de ciclo e nos ciclos reais de produção, a produtividade de cada um dos setores de produção e colaboradores foi medida segundo a Equação (3.3):

$$p = \frac{C_{real}}{C_{melhor}} \quad (3.3)$$

em que  $p$  corresponde a produtividade,  $C_{real}$  corresponde ao ciclo real medido através dos relatórios de produção e  $C_{melhor}$  corresponde ao melhor ciclo de produção medido através das tomadas de tempo com o cronômetro.

Uma vez determinadas as produtividades para cada etapa das linhas de montagem e tendo como base as metas de produção determinadas pela diretoria, as ordens de produção foram emitidas para realização pelos colaboradores.

### 3.4.2.1 PRODUTIVIDADE MENSURADA

A primeira produtividade média obtida foi de 68,9%. Isto quer dizer que de todo o tempo disponível para trabalho naquele momento, contamos com apenas 68,9% para a determinação das quantidades das ordens de produção, baseado nos melhores tempos de ciclo de trabalho para cada etapa das linhas.

### 3.4.3 DETERMINAÇÃO DAS ORDENS DE PRODUÇÃO

A partir do momento em que foi conhecida a capacidade produtiva de cada setor e a meta de produção estabelecida pela diretoria, determinou-se as ordens de produção a serem executadas através das derivações de acordo com cada linha de montagem (1 e 2). As metas estabelecidas de produção foram segundo o Quadro 3.1.

APARELHO PURIFIC	QUANTIDADE
Pratic Azul	15
Pratic Transparente	10
Premium Branco	1.200
Premium Azul	450
Premium Pérola	180
Vida Branco	2.000
Vida Azul	490
Vida Preto	150
Saúde	4.800

Quadro 3.1: Metas de produção dos aparelhos

Para cada aparelho há um mix de componentes que conectados o formam. Logo, para cada produto final, foi necessário o envio de uma ordem de produção para a preparação dos componentes secundários.

Conhecida a produtividade das linhas, foram calculados quais deveriam ser as ordens de produção a serem executadas pelos colaboradores. A meta de produção mensal era conhecida e dividiram-se estas quantidades pelo número de dias úteis no mês corrente e os componentes secundários foram produzidos segundo a necessidade de montagem de produtos acabados do dia posterior, segundo a Equação (3.4):

$$A_d = \frac{M}{d_u} \quad (3.4)$$

onde  $A_d$  corresponde à quantidade de aparelhos por dia,  $M$  à meta de produção mensal e  $d_u$  à quantidade de dias úteis no mês.

A jornada de trabalho é de 44 horas semanais, ou seja, 8 horas e 48 minutos por dia. Porém, com a produtividade de 68,9%, contamos com 6 horas e 4 minutos de produção.

A quantidade de colaboradores necessários à produção de tais quantidades de componentes foi obtida a partir da seguinte Equação (3.4):

$$Q = \frac{(q * C_{melhor})}{T * p} \quad (3.5)$$

em que  $Q$  corresponde à quantidade de colaboradores,  $q$  à quantidade de componentes secundários a serem produzidos,  $C_{melhor}$  ao melhor tempo de ciclo medido na cronoanálise,  $T$  ao tempo disponível de trabalho e  $p$  à produtividade média.

### 3.5 APLICAÇÃO DA TOC

Conhecidos os tempos de ciclo de cada setor da montagem, foi estudada a eliminação das restrições em se alocando mais ou menos colaboradores em cada setor. Como são todos os processos dependentes, as ordens de produção enviadas a cada setor foram emitidas de forma a chegar sempre a quantidade igual de cada componente secundário a linha de montagem 2. Dessa forma, não foi produzido componente algum sem que este fosse necessário à montagem final dos aparelhos do dia posterior à preparação dos componentes secundários.

O Quadro 3.2 mostra os tempos necessários a cada etapa de preparação dos componentes secundários.

<b>FASE / COMPONENTE</b>		<b>Tempo / unidade (seg)</b>
<b>Rebarbas</b>	<b>Base Vida</b>	27
	<b>Base Pratic</b>	15
	<b>Base Premium adesivada</b>	29
	<b>Infra</b>	15
	<b>Alça</b>	10
	<b>Tampinha</b>	22
	<b>Tampa</b>	31
<b>Adesivos</b>	<b>Cinta Premium (branca e pérola)</b>	54
	<b>Cinta Premium Azul</b>	56
	<b>Cinta Vida</b>	94
	<b>Recipiente Pratic</b>	150
	<b>Reservatório Vida (serigrafia)</b>	21
	<b>Reservatório Premium</b>	15
<b>Imã Torneiras</b>	<b>Furo da torneira grande</b>	14
	<b>Furo da torneira pequena</b>	14
	<b>Torneirar</b>	45
	<b>Imã base</b>	18
	<b>Colocar imã na chapinha</b>	24

**Quadro 3.2: Tempos necessários a cada etapa da Linha de Montagem 1.**

Com base no Quadro 3.2, é possível verificar que os gargalos da linha de montagem 1 são as etapas de adesivagem de cintas, adesivagem do recipiente Pratic, e o processo de torneirar os recipientes. Ainda segundo o Quadro 3.2, pode-se determinar os não-gargalos (ou ociosidades) da linha de montagem 1. Estes não-gargalos são os processos de rebarbagem da alça, furo das torneiras e rebarbagem do Infra, por exemplo.

Estes gargalos (restrições) foram atacados em se alocando mais colaboradores para atuar nessas operações ou então diminuindo o número de colaboradores nos setores não-gargalos.

Por meio da filosofia TOC, aplicou-se o método tambor-pulmão-corda em se adequando a quantidade de colaboradores em cada setor de acordo com as necessidades da linha 2. Foram

identificados quais eram os setores onde havia maior disponibilidade de tempo para execução das tarefas. Uma vez conhecidos estes gargalos, decidiu-se que deveria-se alocar mais colaboradores a eles, deixando os demais com quantidades de colaboradores proporcionais ao tempo necessário à produção de cada item (componente secundário) e com um acompanhamento para que nenhum dos processos passe a se tornar uma nova restrição ao sistema.

PASSOS	TOC	APLICAÇÃO
Passo 1	Identificar	Levantamento dos melhores ciclos de produção e identificação dos gargalos
Passo 2	Explorar	Aumento da quantidade de colaboradores atuando nos gargalos
Passo 3	Subordinar	Acompanhar todos os processos para verificação do andamento de acordo com o esperado
Passo 4	Elevar	Verificação se a produção alcançada foi a desejada
Passo 5	Voltar	Voltar ao passo 1

**Figura 3.6: Aplicação da TOC na empresa de purificadores de água**

A linha 1 produziu, no dia “x”, as quantidades de componentes secundários necessários à linha 2 do dia “x + 1”.

A Figura 3.7 ilustra o fluxograma produtivo do método tambor-pulmão-corda aplicado nas linhas de montagem.

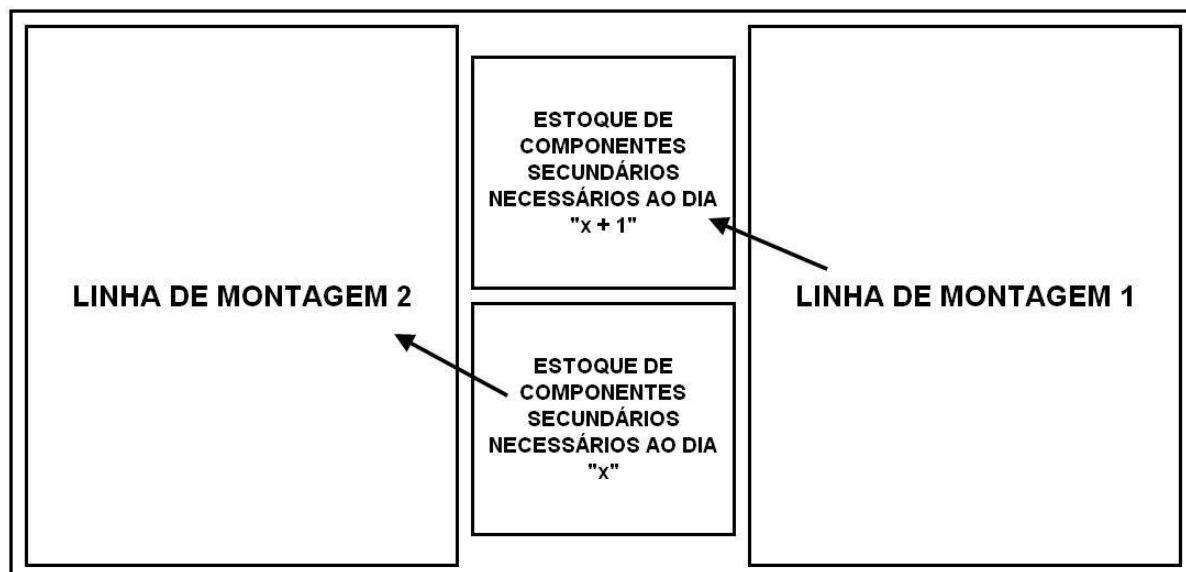


Figura 3.7: Fluxograma do método tambor-pulmão-corda aplicado.

### 3.6 ATENDIMENTO AO JIT

Com a aplicação da TOC os estoques intermediários se reduziram à quantidade necessária à produção do dia posterior para a linha de montagem 2. Verificou-se uma redução considerável de inventário dentro da indústria e eliminaram-se os excessos de estoque de componentes secundários que não seriam utilizados pela linha 2.

A Tabela 3.1 corresponde às quantidades de alguns componentes secundários que havia em estoque antes da aplicação da TOC.

Tabela 3.1: Estoques anteriores à aplicação da TOC

Produto	Estoque Anterior à TOC
Tampa azul pronta	694
Tampa branca pronta	694
Reservatório Vida pronto	1.000

Tais estoques eram muito altos quando comparados às quantidades de aparelhos demandadas pelas mais altas metas diárias de produção, segundo a Tabela 3.2, que foi construída simulando um dia de produção máxima de aparelhos que têm tais itens como componentes.



**Tabela 3.2: Demanda de um dia de produção.**

Produto	Estoque Anterior à TOC
Tampa azul pronta	220
Tampa branca pronta	250
Reservatório Vida pronto	280

Verifica-se então que havia uma enorme perda de tempo em se realizando a produção de componentes que não seriam utilizados. Tais tempos poderiam ser utilizados para produzir outros componentes, de forma a não deixar a linha de montagem final nunca parada. Estas produções de componentes que não foram utilizados geraram custos indesejados à empresa.

### 3.7 MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS

A aplicação do TOC levou a execução das tarefas corretas em quantidades exatas à demanda de produção da empresa. Com isso, os tempos desnecessários que eram obtidos antes da aplicação da metodologia foram eliminados, reduzindo assim, os custos de fabricação dos produtos da empresa.

Tomando como base os dados citados, podemos calcular os prejuízos que tais produções errôneas acarretaram. A Figura 3.8 corresponde às etapas para os cálculos de tais prejuízos monetários de 3 itens produzidos em quantidades superiores à demanda de produção.

Verifica-se que apenas 3 dos componentes secundários produzidos em excesso somam o valor de R\$ 958,31 gasto com salário dos colaboradores produzindo componentes secundários para ficarem estocados. Este valor certamente aumentaria se houvesse um levantamento mais profundo que levasse em consideração gastos com armazenagem, atrasos de pedidos devido a falta de outros componentes que não foram produzidos, etc.

ETAPAS	TAMPA AZUL PRONTA	TAMPA BRANCA PRONTA	RESERVATÓRIO VIDA PRONTO
Necessidade real (unidades)	220	250	280
Produção efetuada (unidades)	694	694	1000
Produção efetuada a mais (unidades)	474	444	720
Melhor ciclo de produção (s)	31	31	21
Produtividade	0,689	0,689	0,689
Tempo desperdiçado em um dia (horas)	5,92	5,55	6,10
Tempo desperdiçado em um mês (horas)	118,48	110,98	121,92
Salário do colaborador (por hora)	R\$ 2,73	R\$ 2,73	R\$ 2,73
Capital desperdiçado em um mês	R\$ 323,13	R\$ 302,68	R\$ 332,50

Figura 3.8: Cálculos de prejuízos decorrentes de uma produção sem atendimento à TOC

## **4 CONCLUSÕES**

A otimização da produção nas linhas de montagem através da aplicação das filosofias TOC e JIT foi alcançada em se alocando os colaboradores em quantidades correspondentes à demanda de aparelhos necessária à meta estabelecida pela diretoria da empresa.

### **4.1 PRODUÇÃO ANTERIOR AO ESTUDO**

Antes da execução do trabalho, a linha de montagem 1 preparava os componentes secundários de acordo com o tipo de aparelho que estava sendo montado na linha de montagem 2, sem que houvesse uma meta estabelecida para ela, sem o conhecimento dos tempos necessários à produção e, conseqüentemente, sem o conhecimento da quantidade de colaboradores necessários a ela. Verificava-se sempre um estoque em excesso de alguns componentes secundários, que haviam sido produzidos sem necessidade e a paralização da linha de montagem 2 devido à falta de algum componente secundário. A preparação dos componentes secundários pela linha de montagem 1 é efetuada em diversos setores e seus tempos necessários, conforme verificado na cronoanálise, são muito distintos. Conseqüentemente, sem que houvesse a quantidade estabelecida de peças a serem produzidas, sempre havia um excesso de alguns componentes. Este tempo gasto nestas peças produzidas a mais poderiam ser gastos em peças buscando a otimização da produção, que foi alcançada com a aplicação do presente estudo.

### **4.2 ESTUDO APLICADO**

A aplicação deste estudo levou a uma drástica mudança no comportamento e funcionalidade da empresa. Para a execução de qualquer tipo de mudança há, no início da implantação de qualquer metodologia, um repúdio por parte dos usuários do sistema a ser alterado. Porém, com treinamento e acompanhamento, as mudanças podem ser implementadas, principalmente quando são evidentes os resultados positivos.

Buscou-se a aplicação da filosofia TOC em se alocando mais ou menos funcionários em cada etapa das linhas de montagem. Os funcionários passaram a não ter locais específicos de trabalho e ficaram em constantes mudanças de postos. O conhecimento das etapas que demandam maior tempo para execução fez com que estes colaboradores estivessem dispostos

nos setores de real necessidade, não produzindo componentes em excesso e, por conseqüência, diminuindo os custos de industrialização.

A produtividade foi levantada e, através dela, uma análise de funcionários também passou a ser possível. A elaboração de planilhas para levantamento de possibilidade de contratações e demissão de pessoal e custos de produção ligados à produtividade são sugestões para continuidade deste trabalho.

A Figura 4.1 corresponde à planilha utilizada para a obtenção das quantidades de colaboradores necessários à execução das ordens de produção.

DETERMINAÇÃO DE ORDENS DE PRODUÇÃO					
TEMPO DIÁRIO DISPONÍVEL (h)	8,8	APARELHO	40248	AP. PORT. PURIFIC PRATIC AZUL	
PRODUTIVIDADE	68,90%	QUANTIDADE	150	DATA	10/08/07
COMPONENTE		MELHOR CICLO (s)	QUANT.	COLABORA DORES	
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				
301.234	BASE PRATIC AZUL COMPLETA	15,00	150	0,10	
301.244	TAMPA AZUL COMPLETA	31,00	150	0,21	
301.294	BICO DE JARRA AZUL COMPLETO	12,50	150	0,09	
301.214	RECIPIENTE PRATIC COMPLETO	150,00	150	1,03	
301.254	COPO CRISTAL COMPLETO	38,00	150	0,26	
		<b>TOTAL</b>	<b>750</b>	<b>1,69</b>	

**Figura 4.1: Planilha para obtenção da quantidade de colaboradores necessários à execução das ordens de produção**

Na Figura 4.1 verifica-se que para a produção de componentes referentes a 150 Aparelhos Portáteis Purific Pratic Azul, serão necessários 1,69 colaboradores que dediquem integralmente seu tempo a estes componentes.

Podemos descrever a funcionalidade das linhas da seguinte forma: a linha de montagem 1 preparou os componentes secundários que seriam necessários à produção da linha de montagem 2 do dia seguinte. A última linha utilizou para a montagem dos aparelhos os componentes secundários que haviam sido produzidos no dia anterior e encaminhou os mesmos para a expedição.

O JIT foi atendido em se reduzindo o estoque intermediário entre as linhas (inventário). O estoque entre as linhas não foi superior à necessidade de um dia de produção, otimizando o tempo utilizado para preparação dos componentes secundários e produtos acabados. Passou-se a ter apenas as quantidades exatas nos momentos adequados dos componentes necessários à produção.

As despesas operacionais das linhas de montagem foram otimizadas, visto que os tempos disponíveis dos colaboradores passaram a ser destinados à produção de itens que realmente seriam utilizados em um prazo máximo de um dia e de forma a evitar que a linha de montagem 2 ficasse em aguardo de componentes secundários.

## REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, P. D.; SILVA, M. A. C.; SOUZA, F. B.; TAKAO, E. L.; VICENTINI, J. P. Utilização do Sistema de Produção da Teoria das Restrições na Gestão da Cadeia de Suprimentos: Uma Revisão Conceitual. **Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais**. v. 1, n. 1, p. 19-26, jan./dez. 2004. Disponível em <[www.maringamanagement.com.br](http://www.maringamanagement.com.br)>. Acesso em 16 de agosto de 2007.
- BARCAUI, André B.; QUELHAS, Osvaldo. Corrente Crítica: Uma Alternativa à Gerência de Projetos Tradicional. **Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**. n. 2, pág. 1, 21 de julho de 2004. Disponível em <[www.revista-ped.unifei.edu.br](http://www.revista-ped.unifei.edu.br)>. Acesso em -7 de setembro de 2007.
- CRONOANÁLISE. Disponível em : <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 17 de agosto de 2007.
- EFICÁCIA. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em: 14 de maio 2007.
- EFICIÊNCIA. Disponível em : <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em: 14 de maio 2007.
- GOLDRATT, Elyahu M.; COX, Jeff. **A Meta**. São Paulo: Educator, 2000.
- JUST IN TIME. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 22 de julho de 2007.
- MENEZES, Felipe; RODRIGUES, Luis; Guilherme, VACCARO. Um estudo da implantação de um otimizador de mix para o setor agropecuário. **Gestão e Produção**. São Carlos, v. 13, n. 2, p. 283-295, 2006. Quadrimestral. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 23 de julho de 2007.
- MOURA, Reinaldo. Teoria das Restrições no CD. **Logística**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2007.
- MOUTELLA, Cristina. **Fidelização de Clientes como um Diferencial Competitivo**. Rio de Janeiro. 18 de abril de 2003. Disponível em <<http://www.portaldomarketing.com.br>>. Acesso em 23 de julho de 2007.
- SAKAMOTO, Frederico T. C. **Melhoramento nas ferramentas de gestão de custo e produção: implantação, sistematização e utilizações da UP, unidade de produção, na Seara Alimentos S.A.** Itajaí – SC, 2002. Disponível em <<http://eco.unne.edu.ar>>. Acesso em 17 de agosto de 2007.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Ed. Atlas, 2002.

## BIBLIOGRAFIA

GUELBERT, Marcelo. **Estruturação de um Sistema de Gestão da Manutenção em uma Empresa do Segmento Automotivo**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2004.

KUEHNE JUNIOR, Maurício. **Planejamento e Acompanhamento Logístico-Industrial como Diferencial Competitivo na Cadeia de Logística Integrada**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2004.

NERY, Marlon L. **A Otimização da Produção Segundo a TOC e a PL: Análise de suas aplicações a uma indústria de Embalagens Plásticas**. 2006. TCC - Engenharia de Produção – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

HARDING, James R. **Relatório Sobre a Estratégia de Gestão de Recursos da Organização dos Estados Americanos**. 18 de novembro de 2002. Relatório apresentado ao presidente dos Estados Unidos da América. Washington, D.C. 13 de novembro de 2002.

RETAMAL, Adail Muniz. **Introdução à TOC**. Julho de 2005. Disponível em <[www.heptagon.com.br](http://www.heptagon.com.br)>. Acesso em 29 de setembro de 2007.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Informática**  
**Curso de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR**  
**CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3261-4324 / 4219 Fax: (044) 3261-5874**