

# **Aplicação da teoria das restrições em conjunto com uma adaptação do estudo do trabalho: um estudo de caso em uma empresa metalúrgica do setor ferroviário**

Alex André França de Lima (UNITAU) [lecoxelalima@ig.com.br](mailto:lecoxelalima@ig.com.br)  
Dawilmar Guimarães de Araújo (UNITAU/INPE) [dawilmar@gmail.com](mailto:dawilmar@gmail.com)

## **Resumo**

*O presente artigo tem por objetivo apresentar a aplicação da Teoria das Restrições em conjunto com uma adaptação do Estudo do Trabalho. É mostrado um caso de uma empresa metalúrgica do setor ferroviário, onde foi utilizado com sucesso a aplicação e adaptação das referidas teorias. Resultados surpreendentes puderam ser apresentados enfatizando a melhoria do processo, o ganho de produtividade, rendimento e eficiência. Também a partir da aplicação conjunta das referidas técnicas pode ser evidenciado um meio de diagnosticar o processo e direcionar soluções que pudessem atender necessidades da empresa.*

*Palavra-Chave: Teoria das Restrições; Estudo do Trabalho; Produtividade.*

## **1. Introdução**

As empresas vêm incorporando em sua filosofia a melhoria contínua do processo na busca incessante pelo aumento da produção no menor tempo possível, despendendo o menor custo para lograr êxito nas vicissitudes almeçadas.

De acordo com Gaither (Gaither e Frazier, 2001), empresas competitivas são as que oferecem os seus produtos com o maior valor agregado pelo menor custo e com menor tempo de resposta. Uma resposta rápida às demandas de mercado constitui uma vantagem competitiva poderosa e sustentável, pois o tempo tem se destacado como a dimensão predominante da competição global, mudando fundamentalmente a forma pela qual as organizações competem. Não basta que as empresas produzam com alta qualidade e baixo custo. Para serem bem sucedidas nos dias de hoje, elas também deverão ser as primeiras a levar produtos e serviços aos clientes. Nesse novo ambiente, o ciclo do pedido (o tempo transcorrido entre o momento em que o cliente faz um pedido até o recebimento deste) deve ser drasticamente reduzido.

Na atual conjuntura do mercado em que o fator tempo, no processo produtivo, se consolidou como um dos elementos fundamentais para estratégia competitiva das empresas, diante desse cenário o presente trabalho tem por objetivo demonstrar aplicação de duas teorias em conjunto para a redução do tempo no processo.

Pautado na Teoria das Restrições (TOC) do físico israelense Eliyahu Goldratt, em conjunto com uma adaptação do Estudo do Trabalho (Estudos de Métodos e Medida do Trabalho) foi analisado detalhadamente um setor crítico da empresa, visando levantar as restrições do sistema, gargalo, e buscar mecanismos de eliminar possíveis movimentos desnecessários dentro do processo.

A aplicação dessas teorias em conjunto trouxe um resultado surpreendente, como será apresentado no estudo de caso realizado em uma empresa do ramo ferroviário.

Na década de 50 o Governo brasileiro visando aumentar a oferta de empregos no país, optou por incentivar a vinda das indústrias automobilísticas, conseqüentemente priorizou como modelo de desenvolvimento a construção de Rodovias em detrimento a Rede Modal

Ferrovária, que passou a sofrer com a falta de investimento do Governo que detinha a centralização da administração do Setor Ferroviário. As ferrovias brasileiras praticamente foram sucateadas até que na década de 90, mais precisamente em 1996 as ferrovias sofreram o processo de privatização, com essa iniciativa os investimentos do Setor Privado aqueceu o mercado Ferroviário.

Pela falta de investimento no Setor Ferroviário por um longo período muitas empresas fecharam e as poucas que sobreviveram tiveram que se adequarem para atender o mercado externo e mesmo assim as dificuldades existiam. Atualmente com os investimentos o mercado nacional está com uma demanda quase que superando a capacidade de produção das empresas, logo a alternativa dessas empresas foi buscar mecanismos para adequar seus respectivos sistemas de produção, com adaptações versáteis e de baixo custo que atendessem as necessidades com aumento da produtividade.

## **2. Teoria das Restrições**

A Teoria das Restrições ficou conhecida em todo o mundo através do livro “A Meta”. O autor utilizou o referido livro para divulgar a aplicação de sua teoria. A Teoria de Goldratt tem em sua essência a busca da melhoria contínua através da lógica do processo o autor chama atenção também pelo fato de nem sempre a restrição do sistema esteja no aspecto físico e sim no aspecto político, ou seja, na inércia das pessoas que estão envolvidas no processo.

Segundo Corbett (Corbett, 2005), em uma análise que faz sobre a TOC, uma das grandes contribuições é o seu processo de otimização contínua (que é à base de todos os seus aplicativos). Este processo contém 5 etapas:

1. IDENTIFICAR a restrição do sistema.
2. EXPLORAR a restrição do sistema.
3. SUBORDINAR tudo o mais à decisão acima.
4. ELEVAR a restrição do sistema.
5. Se num passo anterior a restrição for quebrada, volte ao passo 1.

Mas não deixe que a INÉRCIA se torne a restrição do sistema.

Usando este processo podem-se focar nossos esforços nos poucos pontos de um sistema que determinam seu desempenho (nas suas restrições), e assim pode-se melhorar significativamente seu desempenho no curto prazo. Restrição aqui quer dizer: "qualquer coisa que impeça um sistema de atingir um desempenho maior em relação à sua meta."

## **3. Estudo do Trabalho**

O Estudo do Trabalho está ligado intrinsecamente aos preceitos da Administração Científica, publicada em 1911 por Frederick Winslow Taylor, cujo cerne de sua tese foram identificadas como sendo:

- Todos os aspectos do trabalho devem ser investigados de forma científica, para estabelecer leis, regras e fórmulas que regem os melhores métodos de trabalho.
- A abordagem investigativa do estudo do trabalho é necessária para estabelecer o que constitui ‘o trabalho justo de um dia’.
- Os trabalhadores devem ser selecionados, treinados e desenvolvidos metodicamente

para desempenhar suas tarefas.

- Os administradores devem agir como os planejadores do trabalho (analisando trabalhos e padronizando o melhor método de executar o trabalho), enquanto os trabalhadores devem ser responsáveis por executar seu trabalho nos padrões estabelecidos.
- Deve ser atingida a cooperação entre a administração e os trabalhadores, visando à máxima prosperidade de ambos.

Segundo Slack (Slack, 2002), o Estudo do Trabalho é um termo genérico para as técnicas, particularmente estudo de método e medição do trabalho, que são utilizadas no exame do trabalho humano em todo seu contexto, e que leva sistematicamente à investigação de todos os fatores que afetam a eficiência e a economia de situações, sendo analisado para obter melhorias.

Podemos compreender que o Estudo do Trabalho é o desmembrado em outros dois grupos, que seriam: o Estudo de Métodos, que concentra-se na determinação dos métodos e atividades que devem ser incluídos nos trabalhos; e Medidas do Trabalho, que preocupa-se com a medição do tempo que deve despende a execução de trabalhos.

### 3.1 Estudo de Métodos

O Estudo do Método tem por objetivo registrar de forma sistêmica e examinar criticamente os métodos existentes e propostos para realizar o trabalho, buscando mecanismos de aperfeiçoar ou até mesmo aplicar uma nova metodologia para a realização da tarefa com o preceito de otimizar a referida tarefa e também com o propósito de reduzir custos.

A teoria segundo Slack (Slack, 2002) nos traz que o estudo dos Métodos deve seguir sistematicamente seis passos:

**1.º Passo – Seleção do trabalho a ser estudado:** A maioria das operações produtivas tem muitas centenas, possivelmente milhares de tarefas e atividades discretas, que podem ser submetidas a estudo. O primeiro estágio é selecionar aquelas a serem estudadas, que darão o maior retorno sobre o investimento do tempo de estudá-las. Isso significa que é improvável que valha a pena estudar atividades que, por exemplo, podem logo ser descontinuadas, ou somente são desempenhadas ocasionalmente. Por outro lado, os tipos de trabalho que devem ser estudados como assunto prioritário são os que, por exemplo, parecem oferecer o maior escopo para melhorias, ou que estão causando gargalos, atrasos, ou problemas na operação.

**2.º Passo – Registrar o método atual:** Há muitas maneiras diferentes de registrar as atividades usadas no estudo do método. A maioria delas:

- registra a seqüência de atividades no trabalho;
- registra o inter-relacionamento temporal das atividades no trabalho;
- registra a trajetória de movimento de alguma parte do trabalho.

Talvez a técnica mais utilizada para o registro do método atual seria o Fluxograma do Processo (posteriormente apresentado no Estudo de Caso).

É importante ressaltar que o registro do método atual, a princípio pode parecer estranho, devido ao tempo dispendioso e os esforços gastos para o referido levantamento, mas, como o objetivo é desenvolver um método melhor, a razão para tanto trabalho é no sentido de trazer o maior entendimento do processo ao analista, e isso pode levá-lo a desenvolver novas formas mais eficazes de desenvolver o trabalho. E também é importante registrar o método atual para uma avaliação crítica, visando melhorar o método.

**3.º Passo – Examinar os Fatos:** Este é provavelmente o estágio mais importante no estudo do método e a idéia é analisar o método atual inteira e criticamente. Isso é frequentemente

feito utilizando a chamada “técnica do questionamento”. Esse método tenta expor ao máximo as razões existentes do método, de modo que detecte as fraquezas em sua razão de ser e, portanto, desenvolver métodos alternativos.

**4.º Passo – Desenvolver um novo método:** O exame crítico prévio dos métodos atuais indicou, nesse estágio, algumas mudanças e melhoramentos. Esse estágio envolve levar essa idéia avante na tentativa de:

- eliminar partes inteiras das atividades;
- combinar elementos;
- mudar a seqüência de eventos, de modo que melhore a eficiência do trabalho; ou
- simplificar a atividade para reduzir o conteúdo do trabalho.

**5.º e 6.º Passos – Instalar o novo método e mantê-lo regularmente:** A abordagem do estudo do método para instalação de novas práticas de trabalho concentra-se muito no “gerenciamento do projeto” do processo de implementação. Também enfatiza a necessidade de monitorar regularmente a eficácia do projeto do trabalho depois de implantado.

### **3.2 Medição do Trabalho**

A medida do trabalho é o processo de definição de tempo que um trabalhador qualificado precisa para realizar um trabalho especificado, com um nível definido de desempenho. Embora não seja uma definição muito precisa, é geralmente aceito que um trabalho especificado é aquele no qual foi descrita minuciosamente, definindo a maior parte das etapas do respectivo trabalho.

#### **3.2.1 Estudo do Tempo**

*“O Estudo do Tempo é uma técnica para registrar os tempos e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada, realizada sob condições especificadas, e para analisar os dados de forma a obter o tempo necessário para a realização do trabalho com um nível definido de desempenho.” (SLACK, 2002)*

A técnica possui três etapas para obtenção do tempo básico dos elementos do trabalho:

- observar e medir o tempo necessário para realizar cada elemento da tarefa;
- ajustar ou normalizar cada tempo observado;
- calcular a média dos tempos ajustados para obter o tempo básico para o elemento.

### **4. Estudo de Caso**

O presente estudo foi realizado na linha de inspeção de uma empresa metalúrgica do setor ferroviário. Na Figura 1, está apresentado o layout do setor para facilitar o entendimento.

O estudo foi no sentido de verificar uma forma rápida e econômica que poderia aumentar a produtividade desse setor. A princípio foi realizada uma análise sistêmica do processo e gerou-se a necessidade de realizar um estudo mais detalhado, para tanto utilizou-se da TOC para o levantamento do gargalo e o Estudo do Trabalho para redução de tempos.

Segundo Goldratt (Goldratt, 2002), no que tange a TOC, o primeiro passo é identificar a restrição do sistema; o segundo passo é explorar a restrição do sistema; o terceiro passo é subordinar tudo o mais a decisão anterior.

Foram coletados os tempos de todas as etapas do processo com a respectiva produtividade, detectando assim o gargalo. A restrição do sistema é uma Máquina de Partículas Magnéticas (Magnaflux), cujo tempo de ciclo é de 1min 30s, conforme coleta de tempo observada na Tabela 1.

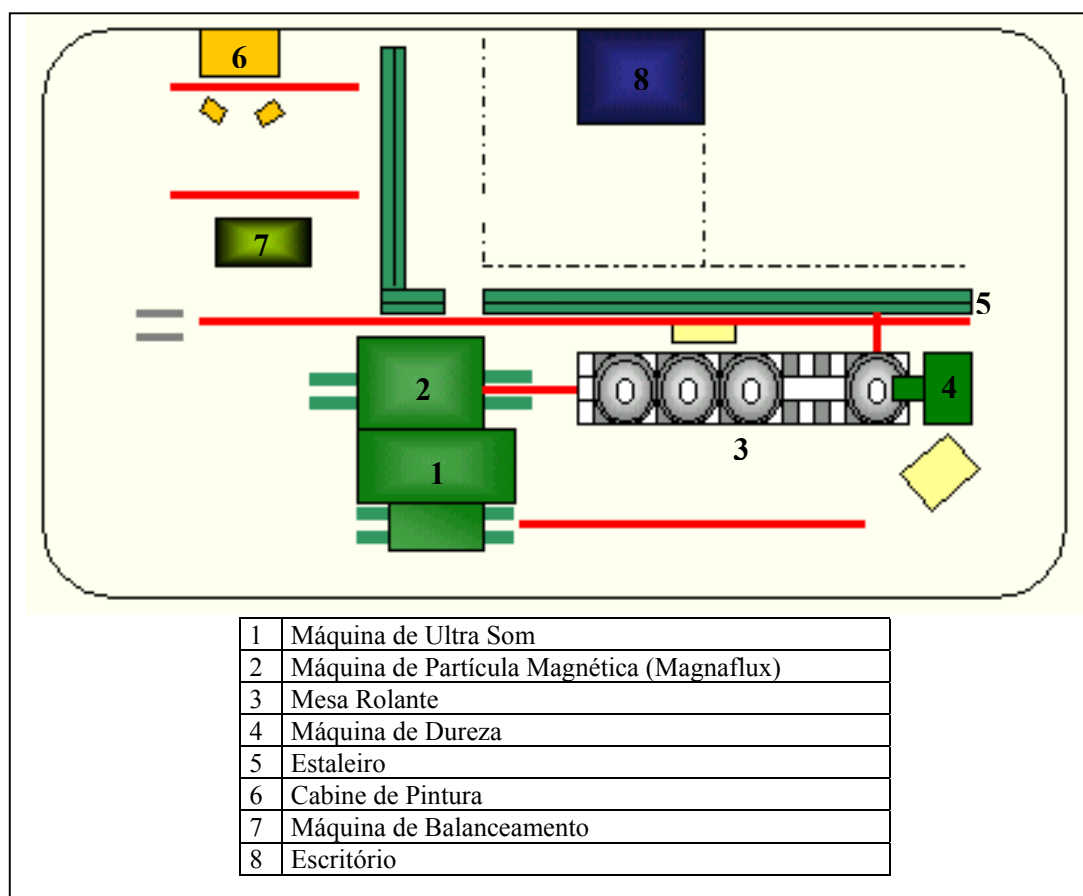


Figura 1 – Layout do Setor Estudado

Quantidade	Tempo	Quantidade	Tempo	Quantidade	Tempo
1	1 min 26 s	11	1 min 15 s	21	1 min 17 s
2	1 min 19 s	12	1 min 39 s	22	1 min 12 s
3	1 min 20 s	13	1 min 15 s	23	1 min 16 s
4	1 min 12 s	14	1 min 12 s	24	1 min 26 s
5	1 min 15 s	15	1 min 16 s	25	1 min 14 s
6	1 min 15 s	16	1 min 17 s	26	1 min 19 s
7	1 min 19 s	17	1 min 18 s	27	1 min 19 s
8	1 min 19 s	18	1 min 13 s	28	1 min 15 s
9	1 min 19 s	19	1 min 51 s	29	1 min 20 s
10	1 min 17 s	20	1 min 19 s	30	1 min 22 s
			<b>Média = 1 min 19 s</b>		

Tabela 1 - Tempos de ciclo do Magnaflux (Gargalo)

Considerando que o tempo aferido é relativo a uma roda pequena e não houve interrupções, pode-se estabelecer 10% de parada, elevando a média do tempo de ciclo do Magnaflux para 1 min 30 s.

Após definido o Gargalo, foi explorada a restrição do sistema, para auxiliar nessa tarefa foi utilizada outra ferramenta que seria o Estudo do Trabalho (Estudo de Método e Medida do Trabalho).

Através de observação foram coletados todos os movimentos do Magnaflux e dos seus respectivos tempos, conforme Tabela 3:

Passo	Movimento	
1.º	Entrada da Roda – Deslocamento do ejetor até o ponto de análise	
2.º	Levantamento do Bloco de Suporte para Levantamento da Roda	
3.º	Deslocamento do Suporte (Cone) para Encaixe na Roda	
4.º	Deslocamento da Roda até o Eletroímã	
5.º	Tempo de Processamento	
6.º	Tempo de Descida da Roda	
7.º	Marcação das Trincas pelos Inspetores	
8.º	Tempo de Desengate do Cone	
9.º	Descida do Bloco	
10.º	Liberção da Roda	
11.º	Deslocamento da Roda até o Sensor	

Tabela 2 - Diagrama de Fluxo do Processo no Magnaflux (Gargalo)

Passo	Movimento	Tempo
1.º	Entrada da Roda – Deslocamento do ejetor até o ponto de análise	8 s
2.º	Levantamento do Bloco de Suporte para Levantamento da Roda	13 s
3.º	Deslocamento do Suporte (Cone) para Encaixe na Roda	5 s
4.º	Deslocamento da Roda até o Eletroímã	7 s
5.º	Tempo de Processamento	22 s
6.º	Tempo de Descida da Roda	6 s
7.º	Marcação das Trincas pelos Inspetores	10 s
8.º	Tempo de Desengate do Cone	5 s
9.º	Descida do Bloco	8 s
10.º	Liberção da Roda	3 s
11.º	Deslocamento da Roda até o Sensor	3 s
<b>Ciclo da Máquina</b>		<b>1 min 30 s</b>

Tabela 3 – Tabela de tempos da máquina de Partículas Magnética (Magnaflux)

Com o desmembramento dos movimentos de ciclo da máquina, que seriam os 11 passos descritos na Tabela 3, foram realizadas várias observações em cada passo desses movimentos no sentido de verificar quais poderiam ser eliminados ou até mesmo a ordenação de movimentos desconformes.

O estudo detalhado dos movimentos propiciou a definição de movimentos que poderiam ser eliminados. Depois de definidos os possíveis movimentos que poderiam ser eliminados foram realizados estudos de adaptação da máquina, porque seriam necessárias algumas modificações e a princípio não houve nenhum empecilho.

Os movimentos que podem ser eliminados estão descritos abaixo conforme Tabela 3, identificados como 1º, 2º e 9º passo:

### 1.º Passo (Entrada da Roda):

Foi observado que o ponto de entrada da roda fica do lado de fora da máquina e a distância do injetor até o ponto de análise fica a uma distância considerável, cujo tempo de deslocamento da roda é de 8 segundos.

O interessante seria deslocar o injetor para dentro da máquina o mais próximo possível do ponto de análise, conforme Figura 2, para diminuir o tempo de deslocamento da roda e também para facilitar na frenagem da roda, haja vista que, a roda estaria saindo do momento de inércia, por isso sua velocidade seria baixa, facilitando assim a frenagem.

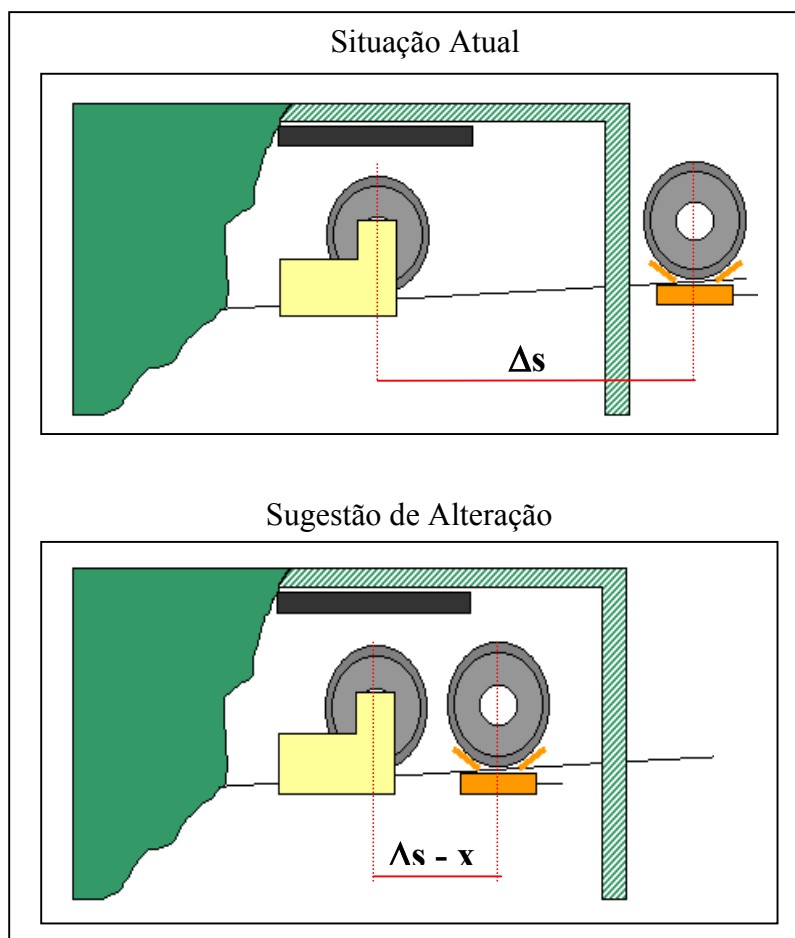


Figura 2 – Ponto de Injeção da Roda

Obs: Com a proposta de mudança de deslocamento do injetor para dentro da máquina, o tempo de deslocamento da roda até o ponto de análise pode diminuir em 6 segundos.

### **2.º Passo (Levantamento do Bloco de Suporte para Levantamento da Roda):**

Conforme a tabela dos movimentos do Magnaflux (Tabela 3) o 2.º Passo poderia ser eliminado, para que isso ocorra, o ponto inicial do bloco de sustentação da roda deverá partir da direção do cubo da roda e não da direção do trilho como ocorre atualmente, eliminando assim um movimento de subida de 13 segundos. Na preparação da máquina a altura do bloco de sustentação da roda poderá ser regulada sem qualquer restrição.

### **9.º Passo (Descida do Bloco):**

No 9.º passo a roda desce até o trilho, mas a placa que une os dois blocos de sustentação da roda fica com um pedaço de aproximadamente 100 mm acima do trilho, conforme Figura 3, aí os cones se desencaixam da roda e posteriormente a placa abaixa e nivela o trilho, levando 8 segundos para esse último movimento. Seria interessante adaptar a placa de sustentação dos blocos através de um recorte na mesma, de tal forma que, quando a roda descer até o trilho e o cone desencaixar, a roda possa ser liberada, eliminando assim 8 segundos, que seria o tempo que a placa leva para abaixar e nivelar o trilho. A sugestão de modificação da placa está ilustrada na Figura 4.

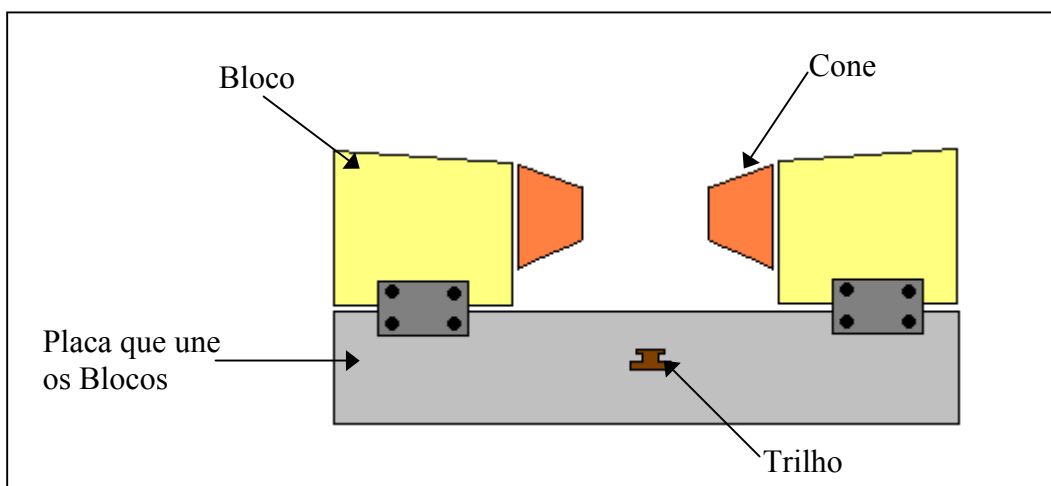


Figura 3 – Situação Atual da Máquina de Partícula Magnética (Magnaflux)

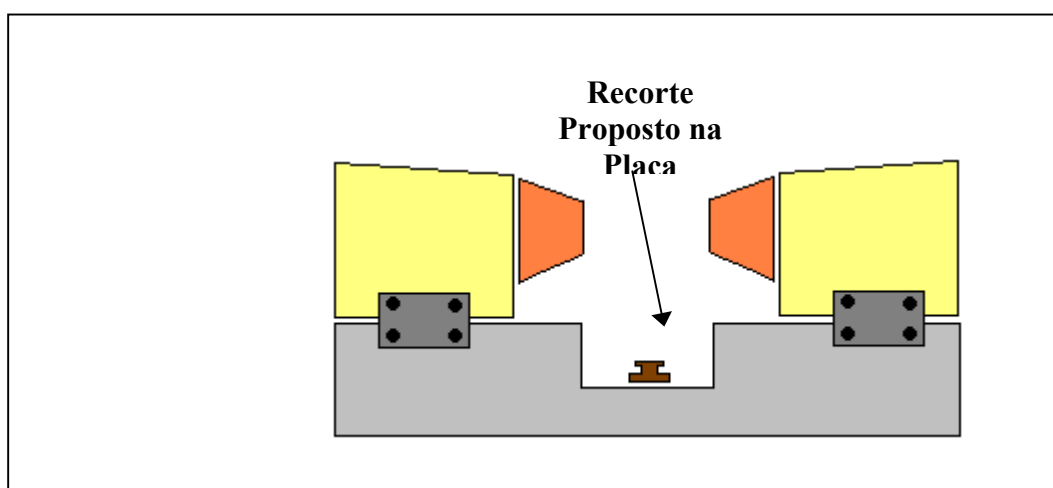


Figura 4 - Proposta de Alteração da Máquina de Partícula Magnética (Magnaflux)

Com as mudanças propostas no Magnaflux juntamente com a proposta de mudança do ponto de Injeção da Roda o tempo de ciclo do Magnaflux diminuirá 27 segundos, passando de 1 min e 30 s para 1 min e 3 s, conforme a eliminação de movimentos, apresentados na Tabela 4.

Movimento	Tempo
1.º Passo	6s
2.º Passo	13s
9.º Passo	8s
<b>Total de Tempos Eliminados</b>	<b>27s</b>

Tabela 4 - Eliminação de Movimentos

Essas alterações correspondem a um ganho de 30 % na Produtividade do Gargalo, que concomitantemente implica em um ganho de produção na mesma proporção para o setor analisado.



## 5. Conclusão

Como foi observado, primeiramente, o Gargalo do sistema foi identificado através da TOC e posteriormente explorado ao máximo com auxílio da adaptação do Estudo do Trabalho.

A Teoria das Restrições aplicada em conjunto com uma adaptação do Estudo do Trabalho propiciou um diagnóstico preciso e uma solução que atendesse as necessidades para suprir o problema. Um detalhe muito importante no que tange a Teoria das Restrições, Goldratt deixa bem claro que a resolução do problema está na lógica do processo, não tendo uma receita pronta para encontrar a solução, dependendo intrinsecamente do analista, por isso é necessário realizar todo o estudo com o máximo de cautela e análise crítica.

A aplicação do Estudo do Método, que está embutida no Estudo do Trabalho, é uma ferramenta versátil para identificação dos tempos desnecessário do sistema, através do desmembramento e observação detalhada dos movimentos.

A referida adaptação do Estudo do Trabalho concerne na aplicação em movimentos mecânicos, haja vista que, na literatura esta ferramenta é aplicada a movimentos manuais. Esta abordagem, do estudo de movimentos mecânicos, é interessante em virtude que há uma tendência natural para automação das linhas de produção, portanto, é de fundamental importância que esses movimentos também sejam estudados cientificamente, principalmente pelos fabricantes dos equipamentos, tanto para o aperfeiçoamento do maquinário quanto para o desenvolvimento de novos equipamentos que possibilitem a redução de tempos de produção, tornando as empresas mais competitivas.

## 6. Referências Bibliográficas

BARNES, R.M. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*. Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, SP, 1977.

CORBETT, Thomas. *Teoria das Restrições* [on line]. Disponível na internet em: <<http://www.corbett.pro.br/temas.asp?tema=3>>. Site acessado em 12/07/2005

GAITHER, N.; FRAZIER, G. *Administração da produção e operações*. 8.<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2001.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. *A Meta – Um processo de Melhoria Contínua*. 2.<sup>a</sup> ed. São Paulo: Nobel, 2002.

SLACK, N., et al. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 2002.