

TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) - UMA PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

ANTONIO ZANIN

Anselmo Rocha Neto

Resumo:

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de utilização da Teoria das Restrições (TOC) em uma indústria metal mecânica. A TOC tem inúmeras aplicações nos setores produtivos como instrumento de otimização dos processos industriais no chão de fábrica, utilizando-se os cinco passos de sua implementação. Este trabalho apresenta uma forma alternativa de se verificar o processo de produção com base na TOC. O estudo caracteriza-se como um estudo de caso, pois se utilizam dados de uma indústria do setor metal mecânico; e como coleta de dados utilizou-se a pesquisa documental e a observação. A aplicação do estudo constituiu-se na decomposição das etapas do processo de fabricação de um produto em que as restrições do sistema podem ser detectadas nestas etapas do processo. A TOC, aliada a outros conceitos, como redução do tempo de preparação de máquina, PERT-CPM, pode reduzir custos e aumentar a capacidade dos processos produtivos. Este artigo confirma a possibilidade de utilização da TOC em uma indústria metal mecânica.

Área temática: *Novas Tendências Aplicadas na Gestão de Custos*

Teoria das restrições (TOC) – Uma proposta de utilização na indústria metal mecânica

Resumo

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de utilização da Teoria das Restrições (TOC) em uma indústria metal mecânica. A TOC tem inúmeras aplicações nos setores produtivos como instrumento de otimização dos processos industriais no chão de fábrica, utilizando-se os cinco passos de sua implementação. Este trabalho apresenta uma forma alternativa de se verificar o processo de produção com base na TOC. O estudo caracteriza-se como um estudo de caso, pois se utilizam dados de uma indústria do setor metal mecânico; e como coleta de dados utilizou-se a pesquisa documental e a observação. A aplicação do estudo constituiu-se na decomposição das etapas do processo de fabricação de um produto em que as restrições do sistema podem ser detectadas nestas etapas do processo. A TOC, aliada a outros conceitos, como redução do tempo de preparação de máquina, PERT-CPM, pode reduzir custos e aumentar a capacidade dos processos produtivos. Este artigo confirma a possibilidade de utilização da TOC em uma indústria metal mecânica.

Palavras Chave: Teoria das restrições; Custos; Indústria metal mecânica.

Área Temática: Novas tendências aplicadas na gestão de custos.

1 Introdução

Nos últimos anos, as empresas enfrentaram grande pressão competitiva resultante da globalização, dos avanços rápidos em tecnologia e do aumento do grau de sofisticação dos mercados consumidores.

Neste sentido, Leone (2000, p.252) comenta que

O instinto de sobrevivência fez com que as empresas iniciassem um processo intenso e veloz de alterações em seus processos produtivos, no sentido de produzirem produtos e serviços de melhor qualidade, de menor custo e conforme as múltiplas exigências de um novo consumidor. Os métodos e estilos de gerência tiveram que ser reexaminados para ser adaptados aos novos cenários.

Diante deste novo cenário, várias técnicas e filosofias de gestão, tais como Qualidade Total, *Just in Time*, Teoria das Restrições, Custeio Baseado em Atividades, dentre outras, foram desenvolvidas e aplicadas tanto em empresas do ramo industrial como nas empresas de serviços com o objetivo de torná-las mais competitivas. No passado, as empresas praticavam seus preços de venda partindo do custo, adicionando os impostos, despesas operacionais e a margem de lucro desejada.

Atualmente, quem determina o preço de venda é o mercado, devido à concorrência existente. Dentro deste prisma, Bruni; Famá (2004, p.21) asseveram que “os limites superiores dos preços, porém, são definidos pelo mercado consumidor e pelo valor percebido e atribuído ao produto ou serviço comercializado”. Na visão de Bornia (2002, p.25), um mercado “menos competitivo absorvia as ineficiências e suportava preços razoavelmente altos, uma das principais preocupações da empresa moderna é a busca pela melhoria da eficiência e da produtividade”.

Desta forma, as empresas devem procurar alternativas para reduzir o seu custo com a finalidade de manter a sua margem de lucro, seja pela eliminação de desperdícios, ou pelas técnicas ou ferramentas que maximizem o ganho em produtividade.

A aplicação destas técnicas, entretanto, tem particularidades para implantação em cada ambiente fabril. A Teoria das Restrições (TOC) é uma técnica bastante difundida nos dias atuais e, não obstante às demais, tem particularidades de implantação, as quais demandam muito empenho e conhecimento de todo o processo fabril por parte das pessoas que estão trabalhando na sua implantação. Estas particularidades merecem ser estudadas sob a ótica da indústria metal mecânica em virtude da eficácia desta técnica na solução de problemas de chão de fábrica. Este estudo ganha importância à medida que a detecção das restrições de um sistema produtivo depende muito das características de cada tipo de indústria, neste estudo o mecânico. O bom senso levaria à conclusão de que cada tipo de indústria emprega processos distintos e, por conseguinte, diferentes formas de mensuração. O que se pretende neste artigo, é estudar o uso da TOC em indústrias do ramo metal mecânico que fabricam componentes por meio de usinagem, especialmente as que trabalham com produção não-seriada, procurando encontrar saídas alternativas para aliviar gargalos de produção através da distinção entre peça e processo. A distinção dos processos de fabricação de uma peça também apresenta vantagens do ponto de vista da redução de custos, otimizando os *setups* de máquina por processo e não por peça.

2 Aspectos introdutórios da TOC

OPT é a sigla para *Optimized Production Technology*, uma técnica de gestão da produção desenvolvida por um grupo de pesquisadores israelenses, do qual fazia parte o físico Eliyahu M. Goldratt, que acabou por ser o principal divulgador de seus princípios. Esta técnica, que trata de uma formulação matemática para o planejamento da produção, foi elaborada na década de 70.

Na segunda metade da década de 80, Goldratt ampliou essa formulação e desenvolveu a TOC - *Theory of Constraints*, conhecida como Teoria das Restrições. O método elaborado foi muito bem sucedido, e muitas empresas se interessaram em aprender a técnica. Goldratt então se dedicou a elaborar mais o seu método e disseminá-lo, escrevendo, um livro sobre sua teoria.

O livro "A Meta" (GOLDRATT, 1993) foi escrito na forma de um romance e mostra a dificuldade de um gerente de fábrica em administrar sua empresa. No desenrolar da história, o gerente vai descobrindo os princípios da teoria de Goldratt, e a empresa recupera sua competitividade. O sucesso do livro foi, e ainda é, enorme. Muitos gestores de empresas leram o livro e começaram a aplicar os princípios da TOC o mais rápido possível. No livro, Goldratt critica os métodos de administração tradicionais, tais como, tomar decisões em cima de dados passados, através da contabilidade fiscal, esquecendo das mudanças externas provocadas por um mercado globalizado.

Noreen; Smith; Mackey (1995) enfatizam que muitas das empresas que implementavam a logística de produção de Goldratt melhoraram tão significativamente a produção que problemas começaram a aparecer em outras áreas da empresa. Goldratt (1993) elaborou soluções para outras áreas das empresas, como logística de distribuição e gerenciamento de projetos. Porém, ele sabia que as empresas precisavam de algo mais fundamental que apenas soluções prontas: toda vez que uma empresa aplicava as soluções que ele tinha criado, essa empresa dava um salto em competitividade, mas depois estagnava.

Ele, então, decidiu ensinar às pessoas o raciocínio lógico que usava para resolver problemas. Para ele, as empresas precisavam aprender a resolver seus próprios problemas para que pudessem garantir o seu futuro e buscar melhorar continuamente. Goldratt explicitou as

ferramentas de raciocínio lógico que usava intuitivamente e passou a ensiná-las a partir de 1991, através de palestras, treinamentos e seminários. Atualmente, existem empresas em vários países credenciadas pelo “*Goldratt Institute*” para difundir os seus conceitos e aplicá-los nas empresas.

Atualmente, a TOC é composta de dois campos: processos de raciocínio e os aplicativos específicos (como logística de produção). Os processos de raciocínio ultrapassaram os limites da Administração e são usados em muitas outras áreas do conhecimento humano, formando a base de toda a teoria.

O livro "A Meta", que até agora tem sido o maior divulgador da teoria, é baseado nos problemas de logística de produção, enquanto que os processos de raciocínio vieram muito tempo depois e ainda não foram tão divulgados e implementados. O histórico da TOC explica por que muitos ainda a consideram como apenas aplicável à produção.

Para tentar superar esse obstáculo na disseminação da TOC como um todo, Goldratt escreveu, em 1994, um outro livro (no mesmo estilo de "A Meta") "Mais que sorte...um processo de raciocínio". Dessa vez, elaborando a história em torno dos problemas estratégicos das empresas, usando os Processos de Raciocínio.

Uma das grandes contribuições da TOC é o seu processo de otimização contínua (que é a base de todos os aplicativos da TOC). Esse processo de otimização contém basicamente 5 etapas, na visão de Corbett Neto (1997, p.40):

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 esse processo, pode-se focar esforços nos poucos pontos de um sistema que determinam o desempenho (nas suas restrições), e assim melhorar significativamente o desempenho no curto prazo. Restrição é qualquer coisa que impeça um sistema de atingir um desempenho maior em relação à sua meta (Corbett Neto, 1997).

Segundo Guerreiro (1996, p.14), “na Teoria das Restrições a palavra chave passa a ser “restrição”, definida como qualquer coisa que limite o alcance do objetivo da empresa.

Portanto, pode-se dizer que todo sistema tem uma restrição, caso contrário seu desempenho seria infinito (a lucratividade da empresa seria infinita). Cox III; Spencer, (2002) entendem que qualquer sistema deve possuir algo que limita seu crescimento, caso contrário, o sistema cresceria sem limites.

Um ponto extremamente importante é o passo 5, no qual Goldratt alerta para se tomar cuidado com a inércia. O que ele ressalta é que a grande maioria das empresas não têm restrições físicas (como um gargalo na fábrica), mas sim têm restrições políticas. O que ele quer enfatizar com isso é que na maioria das vezes, o que limita o desempenho de um sistema é a inércia. A inércia é a restrição do sistema. Foi para lidar com essa inércia que ele criou os Processos de Raciocínio da TOC (CORBETT NETO, 1997).

3 Os conceitos da TOC aplicados aos processos

Adotando conceitos simples e de bom senso, a TOC – Teoria das Restrições - parte do pressuposto de que “a meta de qualquer empresa é ganhar dinheiro hoje e sempre” (GOLDRATT, 1993, p.47). Nesta busca pela obtenção de lucro pelo processo de transformação de insumo em vendas, a empresa deve ser vista como um sistema, no qual seus recursos são interdependentes.

Por essa razão, não se deve dar a mesma importância a todos os recursos dentro da empresa, e sim concentrar-se apenas nos poucos que apresentam impacto maior sobre o resultado global, que são justamente as restrições. Assim, o conceito-chave da TOC refere-se à “restrição”, ou seja, o fator que restringe a atuação do sistema como um todo.

As restrições podem ser físicas, como capacidades de produção de determinadas máquinas e/ou setores, pessoal insuficiente, pessoal não capacitado, ausência de pedidos de clientes, não disponibilidade de matéria-prima de fornecedores, dificuldade de logística, etc., ou restrições não-físicas ou políticas que são as normas, procedimentos e práticas adotadas pela organização.

Segundo Corbett Neto (1997, p.42), “as restrições não são intrinsecamente boas ou ruins, elas simplesmente existem. Se você escolher ignorá-las, elas se tornam ruins. Se você escolher reconhecê-las e administrá-las, elas se tornam uma grande oportunidade, uma alavanca para o seu negócio”. Cabe ao gestor identificar a restrição e criar condições para que ela deixe de ser um empecilho ao alcance do objetivo da empresa.

Para um melhor entendimento do que é uma restrição (recurso gargalo), imaginemos um funil. Ele possui a parte superior (entrada) bem maior do que a saída (gargalo). Se for inserido água numa quantidade maior do que a saída, o funil vai enchendo até transbordar, pois a capacidade de saída é menor do que a entrada. Desta forma, o gargalo (restrição) é a saída. Para que saia mais água, torna-se necessário se trabalhar o gargalo, ou seja, aumentar o diâmetro do furo na saída.

Assim sendo, algumas constatações da Teoria das Restrições parecem evidentes e comuns ao cotidiano das empresas. Por exemplo: “uma hora ganha num recurso-gargalo é uma hora ganha para todo o sistema global; uma hora ganha num recurso não-gargalo não é nada, é só uma miragem; o nível de utilização de um recurso não-gargalo não é determinado por seu próprio potencial, mas por qualquer outra restrição do sistema” (CORRÊA, CORRÊA, 2004, p.477).

Na visão tradicional do controle gerencial, busca-se a máxima eficiência na utilização dos fatores de produção - economias de escala – reduzindo-se ao máximo seu custo por unidade de produto. Já na visão do mundo dos ganhos da TOC, apenas a máxima utilização do recurso restritivo de capacidade (gargalo) determinaria o desempenho global do negócio. Considerando a necessidade de, simultaneamente, minimizar o custo unitário e utilizar os recursos restritivos de capacidade em sua plenitude máxima, pode-se unir as práticas de economia de escala (produção no nível máximo de capacidade de modo a minimizar o custo unitário do insumo) às economias de escopo (a mesma máquina desempenhando várias funções simultaneamente).

Para compreender como esta união pode ser feita, supõe-se que seja feito um *setup* de várias horas para, depois, só produzir uma peça. Essa peça terá que arcar com todo o custo desse *setup*. Então, para minimizar o custo por peça, deve-se produzir o máximo de peças numa única preparação de máquina, ou seja, deve-se aumentar o tamanho do lote. Em concordância com o que prega a TOC, não é viável fazer isto para todos os processos, mas sim para aqueles que representam restrições à capacidade do sistema.

Conforme Rogers; Reis (2005), se torna claro que, alterando os tempos de cada produto nos recursos, as capacidades de cada recurso sofrerão alterações. Assim, poderá ocorrer que um recurso que em determinada programação de produção não é uma restrição, no momento de uma mudança nesta programação passa a ser a restrição. E, dependendo da sua utilização, o recurso restrição também poderá deixar de sê-lo, da mesma forma como a demanda dos produtos varia conforme a necessidade dos clientes.

Assim sendo, os processos devem ser revistos constantemente, pois sempre que for efetuado melhorias ou reduções dos tempos de *setups*, haverá um ganho de produtividade, proporcionando ganhos financeiros.

4 Processos de raciocínio da TOC

Os Processos de Raciocínio são a base da TOC. Eles são ferramentas lógicas criadas por Goldratt (1994) para ajudar a resolver problemas, baseando-se nas relações de causa-efeito da física.

Os Processos de Raciocínio podem ser usados em separado ou em conjunto, dependendo do que se quer atingir. Para problemas mais amplos, deve-se responder a três perguntas, de acordo com as idéias de Goldratt (1994): O que mudar? Para o que mudar? Como causar a mudança?.

Em primeiro lugar, deve-se procurar pela(s) causa(s) fundamental(is) que provoca os resultados indesejados no sistema, ou seja, descobrir o que mudar. Muitas vezes esse passo pode ser dificultado pelos atropelos do dia-a-dia que impedem os gestores de diagnosticar de maneira eficaz as causas destes problemas.

Sabendo o que há de errado, a próxima ação é “para o que mudar?”. A ênfase nesta fase é a verbalização minuciosa de tudo o que deve e pode ser feito para alcançar o objetivo, eliminando o problema fundamental. Neste ponto, deve-se tomar bastante cuidado para que as soluções encontradas não se limitem a pré-conceitos assumidos quando da verbalização do problema fundamental.

Isto feito, a próxima ação é como causar a mudança. Esta é uma fase muitas vezes mais psicológica, pois visa mudar mais o comportamento das pessoas do que a técnica, e haverá resistência por parte dos envolvidos. A explicação clara do que se quer e do que os envolvidos precisarão fazer e o entendimento de que esta é a melhor solução para resolver o problema é fundamental para que as mudanças aconteçam.

5 Metodologia utilizada

Esta pesquisa é caracterizada como um estudo de caso, por ser uma aplicação da Teoria das Restrições no processo produtivo de uma indústria metal mecânica.

As técnicas de coletas de dados utilizadas foram a observação, a pesquisa documental e a pesquisa bibliográfica.

A observação foi realizada no processo produtivo da indústria metal mecânica com o cuidado de verificar as atividades efetuadas por cada máquina, a fim de ter subsídios para poder realizar possíveis alterações nas programações de produção; a pesquisa documental utilizou-se de dados do sistema produtivo, como tempo de processamento nas atividades, seqüenciamento das atividades, tempos de *setups*, entre outros; e a pesquisa bibliográfica focou os conceitos básicos da Teoria das Restrições.

Os dados obtidos foram a base da construção de “diagramas” para facilitar a identificação da restrição e as possíveis alocações de produtos em máquinas alternativas, para melhor utilizar o sistema produtivo.

6 Como causar a mudança no sistema produtivo

Para causar a mudança no sistema produtivo, propõe-se um estudo do processo de produção nas várias operações (atividades) que o compõe. Divide-se o todo em partes menores que são analisadas, definindo as ações possíveis e seu seqüenciamento.

No caso específico da indústria metal mecânica, quando se fala em processo não se está falando necessariamente de uma máquina como um todo, mas de uma operação de fabricação que ela efetua. Desta forma, a detecção dos gargalos pode ser feita não com base nas capacidades

instaladas de cada máquina, mas na capacidade de processamento total instalada na fábrica, efetuando uma determinada operação (de remoção de cavaco por torneamento, por exemplo) entre todas as máquinas que alternativamente podem processar aquela operação. Em outras palavras, a fabricação de uma peça pode ser dissecada em processos distintos, não importando a capacidade de produção de uma fresadora, por exemplo, mas sim a capacidade instalada de efetuar a furação, operação que normalmente seria feita na fresadora, mas que alternativamente pode ser feita numa furadeira, desafogando um eventual gargalo.

Na indústria metal mecânica, os processos de levantamento de cavaco (usinagem) são realizados por máquinas operatrizes. Estas são máquinas, em geral, capazes de executar diversas operações dentro de um limite imposto pelo seu mecanismo de trabalho (peça girando e ferramenta parada, no caso do torno, ou ferramenta girando e peça parada, no caso da fresadora, por exemplo). Desta maneira, algumas operações podem ser executadas em mais de uma máquina, conforme apresentado na Figura 1.

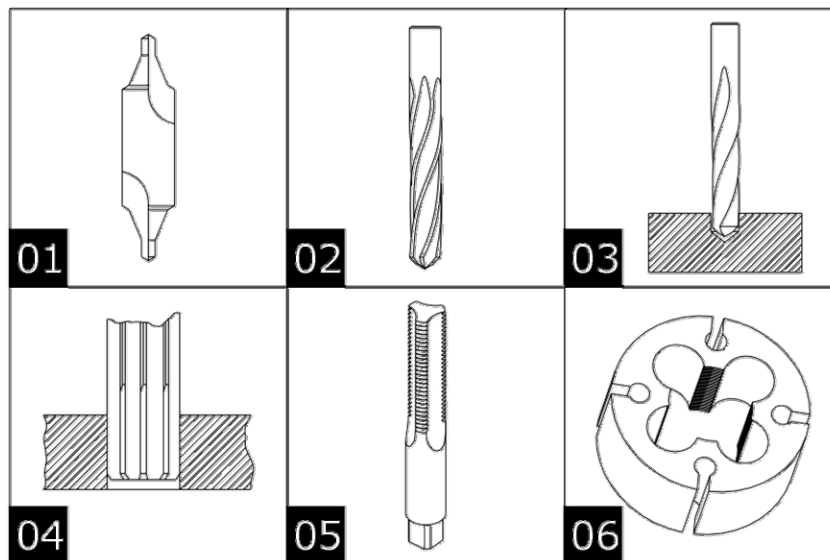


Figura 1 - Representação de processos comumente realizáveis em várias máquinas
Fonte: autores

As operações de furação (Figura 1, itens 01 a 03), rosca (itens 05 e 06) e alargamento (item 04) podem ser efetuadas em várias máquinas, com a mesma eficiência, ou seja, uma furadeira de bancada pode substituir com eficácia uma fresadora num processo de furação de peças. Assim sendo, percebe-se que é possível otimizar os *setups* de máquinas através da divisão da fábrica em processos, eliminando alguns problemas de gargalos, aumentando a produtividade final.

Segundo Goldratt (1993, p.46), ‘a meta da empresa é ganhar dinheiro hoje e no futuro’. Para ganhar dinheiro, deve-se considerar o *Throughput*, que é o índice pelo qual uma empresa gera dinheiro através das vendas. Segundo a TOC, produção não é necessariamente ganho, enquanto o produto não for vendido, por sua vez, é tratado como unidade. Dentro da fábrica, entretanto, uma forma de otimizar os processos de fabricação é desconsiderar o produto como unidade e dissecá-lo como uma seqüência de processos que vão compor a unidade.

Ao se efetuar um *setup* de várias horas e depois só produzir uma peça, essa peça terá que arcar com todo o custo desse *setup*. Então, para minimizar o custo por peça, deve-se tirar o

máximo de peças numa única preparação de máquina, isto é, aumentar o tamanho do lote. No caso de indústrias que atendem pedidos sob encomenda, o tamanho do lote de fabricação é determinado por força do pedido, e a empresa nem sempre pode trabalhar com o conceito de Lotes Econômicos de Fabricação. Isto significa que se uma peça for iniciada e finalizada na mesma máquina, passando ali por vários processos intermediários, esta será uma fabricação dispendiosa em tempo, por força de muitos *setups* de máquina. Uma máquina que passa muito tempo processando um único pedido será uma restrição para todos os outros pedidos que necessitem daquela máquina em seus processos.

Se, ao invés da peça ser iniciada e finalizada na mesma máquina, ela fosse dividida em operações, ao se fazer uma verificação, certamente algumas operações seriam alternativamente executadas em outra máquina. Esta ação, além de agir sobre a liberação de uma restrição à capacidade do sistema, economiza tempo de *setup* na máquina. Mas como economizar em *setup* de máquina? A Figura (02) exhibe 6 peças para exemplificar:

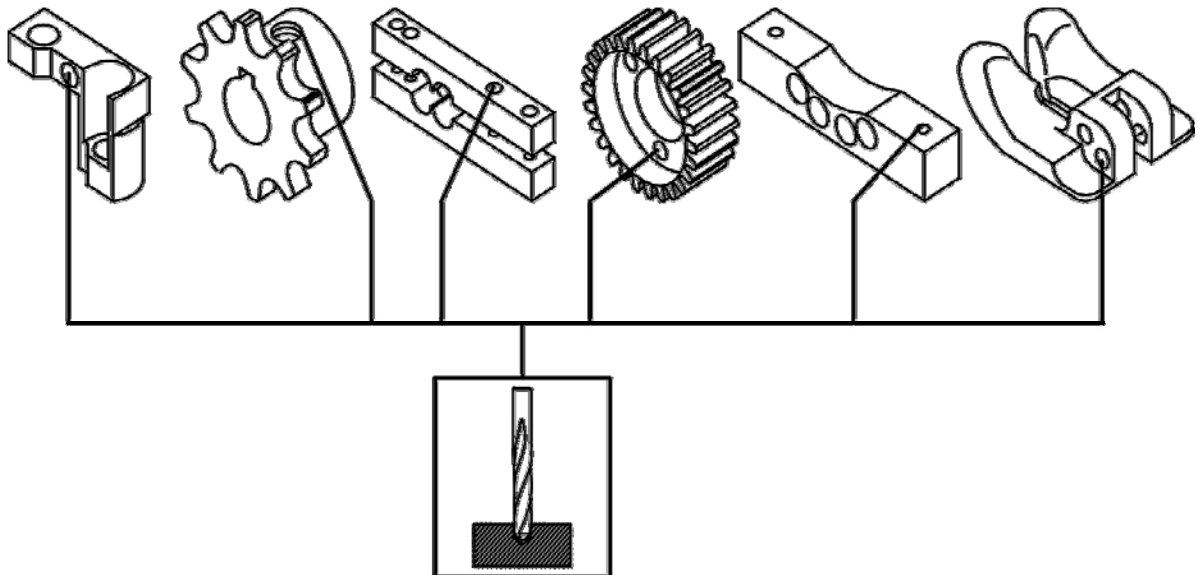


Figura 2 - Peças distintas agrupadas pela existência de um processo comum em seu ciclo de fabricação
Fonte: autores

Nota-se que são peças bastante distintas e processadas em operações igualmente distintas. Entretanto, pode-se observar que todas as peças têm uma característica em comum, ou melhor, passam por um processo comum a todas, mas que provavelmente seria executado em máquinas distintas: a furação. Deste modo, para cada peça a ser furada tem-se uma preparação de máquina. Contrariamente, cada peça poderia ser processada sem a furação, ocupando o equipamento o menor tempo possível. Todas as furações poderiam, então, ser realizadas em uma furadeira, numa condição em que o *setup* para cada peça seria bem menor, à medida que se exige a troca da bitola do ferramental, normalmente, mas não o tipo do ferramental.

Outro aspecto importante da divisão do produto em processos é a verificação de que é possível reduzir o tempo consumido, desde que se inicie o processo de fabricação até a conclusão da fabricação. Isto graças à possibilidade de se alterar a ordem dos processos.

A Figura 3 apresenta a decomposição de uma peça nos processos empregados para convertê-la em dinheiro.

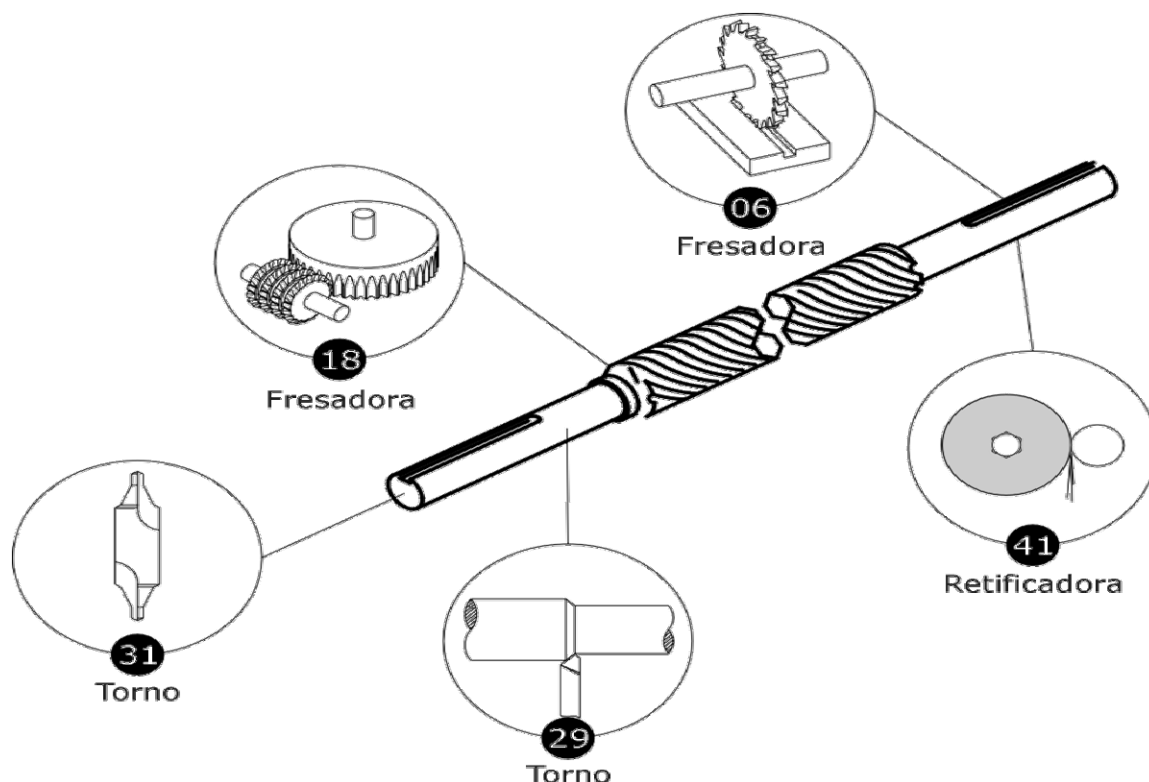


Figura 3 - Decomposição de uma peça nos processos empregados para convertê-la em dinheiro.
 Fonte: Autores

A Tabela 1 apresenta a duração de cada processo e suas dependências, facilitando uma análise para a programação da produção.

Tabela 1: Duração de cada processo e suas dependências.

Código	Descrição	Duração	Dependência
31	Facear topo e fazer furo de centro	10 min	X
29	Torneamento externo	15 min	31
18	Fresamento dos dentes	35 min	29
06	Fresamento do rasgo de chaveta	15 min	29
41	Retificação ou acabamento manual	20 min	45

Fonte: Autores

Respeitadas as dependências entre as operações, pode-se verificar que as operações 06 e 18 dependem ambas da operação 29, de acordo com a figura 3 e tabela 1, mas não dependem uma da outra. Deste modo, se a operação de fresamento dos dentes (18) for uma restrição à capacidade do sistema, não é conveniente efetuar o fresamento do rasgo de chaveta (06) em um primeiro momento, sob pena da formação de estoque intermediário.

Outra hipótese é de que haja uma restrição no torneamento externo (29), por exemplo. Então, uma alternativa para desafogar este gargalo seria processar a operação facear topo e fazer furo de centro (31) em outro torno preparado para efetuar as furações de centro de várias peças.

Quando estas peças chegarem à máquina, que vai processar a operação torneamento externo (29), já terão furo de centro e serão, então, mais rapidamente processadas.

A utilização de técnicas como PERT/CPM que são diagramas tipo rede para gerência de projetos, se fundamentam na decomposição destes em atividades, e na interligação destas atividades segundo a seqüência de execução, formando assim uma malha ou rede. Somando as técnicas às ferramentas e às metodologias relacionadas à integração empresarial e à CIM - *Computer Integrated Manufacture*, é possível determinar com antecedência o momento em que cada recurso do sistema será a restrição.

Essas ferramentas auxiliam na identificação da seqüência, dos tempos de atividades e na sua interdependência, priorizando as atividades críticas. Para isto, antes de entrar em fabricação, cada produto deve ser decomposto em atividades com base em um padrão estabelecido relacionado às operações realizáveis em cada máquina.

Portanto, pode-se trabalhar em 7 etapas:

Etapa 1: Divide-se o produto em etapas de fabricação (para cada etapa, está atrelada uma máquina);

Etapa 2: Levantam-se os dados de duração e dependências e monta-se uma tabela semelhante à Tabela 1;

Etapa 3: Monta-se o diagrama de precedências;

Etapa 4: Com base no padrão, determina-se que máquinas executarão quais operações;

Etapa 5: O tempo total previsto para cada máquina, com base nas operações determinadas para ela, determinará qual máquina estará sendo a restrição do sistema no momento;

Etapa 6: Então, pode-se reorganizar a distribuição das operações em máquinas que possam alternativamente processar algumas operações, desafogando o sistema;

Etapa 7: Feito isto, a restrição passará a ser outra etapa. As sete etapas podem, então, serem repetidas buscando minimizar a ocupação do sistema.

A seqüência destas etapas dependerá, é claro, de um padrão. Para cada empresa, ou para cada segmento de indústria, deverá ser adotado um padrão pertinente que permita a correta decomposição do produto nas etapas representativas para o caso. Este padrão, portanto, varia para cada indústria e deve ser previamente elaborado.

Um exemplo de padrão que pode ser adotado para decomposição da fabricação em etapas é exibido na Figura 4. Neste exemplo estão relacionadas as operações mais comuns utilizáveis em processos de fabricação de peças por usinagem. É importante ratificar que se trata de um exemplo no qual estão dispostas as operações mais comuns, devendo, assim, ser adaptado com a inclusão de processos específicos, de acordo com o caso a ser aplicado.

A Figura 4 apresenta os processos de fresamento, torneamento, furação, alargador de rosca e retificação. Cada um destes processos pode ser realizado em várias máquinas diferentes. Portanto, o fresamento pode ser realizado nas máquinas 1 a 19; o torneamento nas máquinas 21 a 30; a furação nas máquinas 31 a 34; o alargador de rosca nas máquinas 36 a 38; e a retificação nas máquinas 41 a 43.

Deve-se atentar para o fato de que nem sempre um determinado processo pode ser realizado em qualquer uma das máquinas disponíveis. Por exemplo, quando for realizada a programação de um fresamento deverá ser verificado se o mesmo poderá ser feito em qualquer uma das 19 máquinas de fresamento disponíveis. Para isto, a indústria deve ter elaborado o padrão operacional de confecção da peça que apresente esta informação para ser utilizada no gerenciamento da restrição (gargalo).

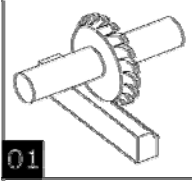
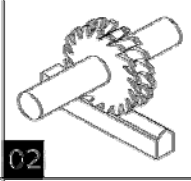
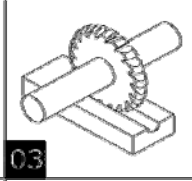
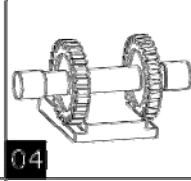
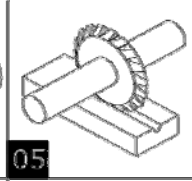
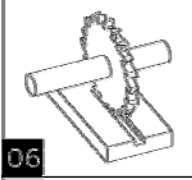
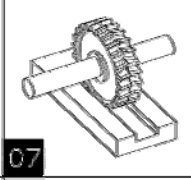
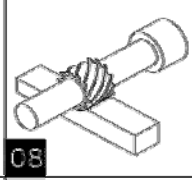
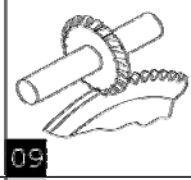
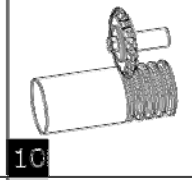
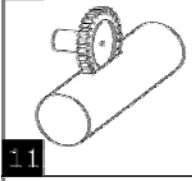
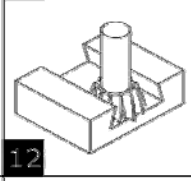
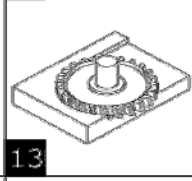
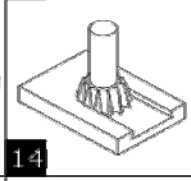
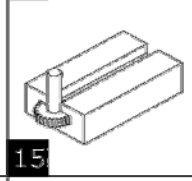
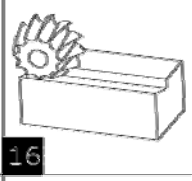
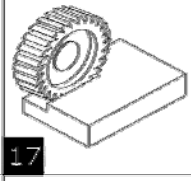

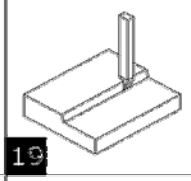
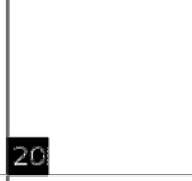
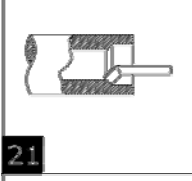
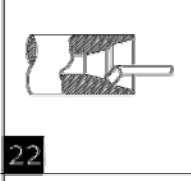
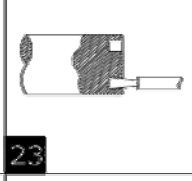
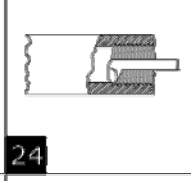
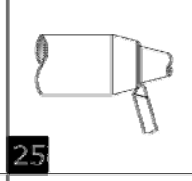
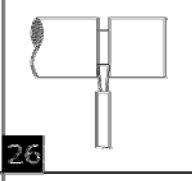
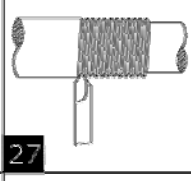
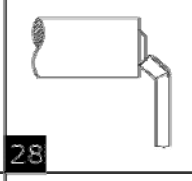
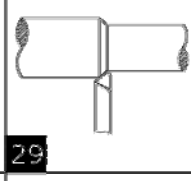
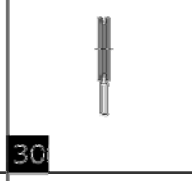
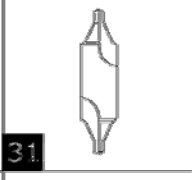

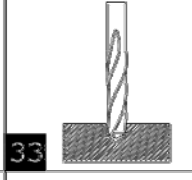
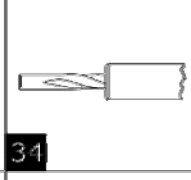
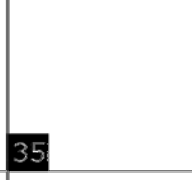
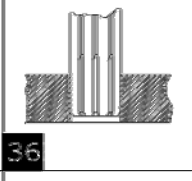
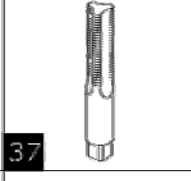
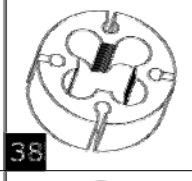
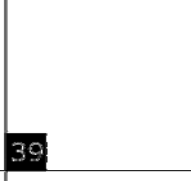
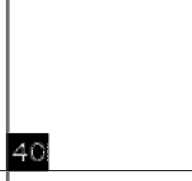
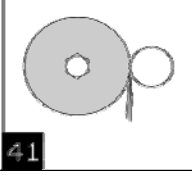
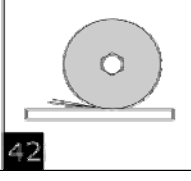
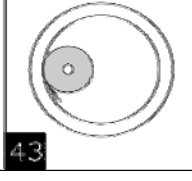
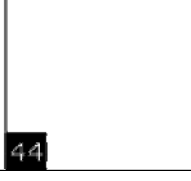

Tabela de Operações	Fresamento									
										
										
										
		Torneamento								
										
			Furação							
				Alargador e rosca						
					Retificação					

Figura 4 Exemplos de processos em uma indústria metal mecânica
 Fonte: Autores

7 Conclusões e recomendações

A teoria das restrições tem larga aplicabilidade nos processos produtivos das indústrias de metal mecânicas, sobretudo aliada a outras técnicas. Esta combinação ganha importância para as empresas que têm produção essencialmente não-seriada, devido às dificuldades encontradas em conciliar a execução de todos os processos necessários à conclusão dos pedidos em carteira. Esta condição submete a empresa a freqüentes atrasos nas entregas e costuma ser dispendiosa em virtude do excessivo número de preparações de máquina.

A proposição de detalhar todo o processo produtivo e analisá-lo por operações (atividades) é fundamental para verificar outras possibilidades de seqüenciamento de produção, podendo, em vários casos, aumentar a capacidade produtiva de algumas máquinas e fazer com que algumas delas deixem de ser restrição.

A organização dos processos por esta ordem de prioridades estabelecidas, quando se encontram restrições na capacidade do sistema, propicia a redução do tempo envolvido na preparação de máquina.

Quando as restrições são identificadas, analisar-se-ão as possibilidades de redução nos seus *setups*, otimizando a produção e, como consequência, incrementando o lucro da empresa. Desta forma, a TOC pode ser uma ferramenta muito útil para o gerenciamento da produção, não somente para a indústria metal mecânica, mas em todos os segmentos fabris.

Referências

BORNIA, Antonio C. **Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas.** Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRUNI, Adriano L; FAMÁ, Rubens. **Gestão de custo e formação de preços - Com Aplicações na Calculadora HP 12C e Excel.** 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganhos.** São Paulo: Ed. Nobel, 1997.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica.** São Paulo: Atlas, 2004.

COX III, James F., SPENCER, Michael S. **Manual da teoria das restrições.** Porto Alegre: Bookman, 2002.

GUEREIRO, Reinaldo. **A meta da empresa: seu alcance sem mistérios.** 2. Ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GOLDRATT, E. M. & FOX, R. E.; **A corrida pela vantagem competitiva.** New York: North River Press, 1985.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A síndrome do palheiro – garimpendo informação num oceano de dados.** 2. Ed. São Paulo: Educator, 1992.

_____. **Mais que sorte ... um processo de raciocínio.** São Paulo: Educator, 1994.

_____. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo.** Tradução: Claudiney Fullmann, São Paulo: Educator, 1993.

LEONE, George. S.G. **Curso de contabilidade de custos** – Contém critério do custeio ABC. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

NOREEN E. & SMITH, D. & MACKEY, K. T. **A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial**. São Paulo: Ed. Educator, 1995.

ROGERS, Pablo; REIS, Ernando Antônio dos. Teoria das restrições e decisões de longo prazo: caminho para a convergência. In: V CONGRESSO USP DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 2005, São Paulo: 2005.