

## APLICAÇÃO DOS CINCO PASSOS DA MELHORIA CONTÍNUA DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC): UM ESTUDO EM UMA INDÚSTRIA DE CAL

PEGORARO, Fábio <sup>1</sup>

### RESUMO

Este artigo apresenta a aplicação dos cinco passos da melhoria contínua da Teoria das Restrições (TOC) no processo produtivo de uma indústria de cal da região sul do Estado do Tocantins frente ao aumento da demanda por cal da indústria a partir de um estudo de caso. É identificado no sistema de produção da empresa estudada que o forno onde a pedra dolomita, única matéria-prima para produção de cal é assada e os silos onde a pedra que depois de assada e moída por um britador é depositada com água e fica descansando durante 48 horas para virar uma espécie de massa, são as restrições do sistema, ambos, com a capacidade produtiva de 2,91 toneladas por hora. Quando as duas restrições são exploradas, identifica-se que a empresa possui recursos suficientes para aumentar a capacidade de produção dos silos de 2,91 toneladas por hora para 5,82 toneladas por hora, sendo que o forno, agora é a única restrição do sistema de

---

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUCPR com pesquisas na área de gestão de processos aplicados a área da saúde

produção da empresa. Nota-se que mesmo a empresa explorando ao máximo suas restrições, sua capacidade de produção ainda está subordinada à restrição do forno. A empresa só irá conseguir elevar sua capacidade de produção e atender o aumento da demanda, com a aquisição de mais um forno.

**Palavras chave:** Teoria das Restrições, Melhoria Contínua, Indústria de Cal

## **APPLICATION OF THE FIVE STEPS OF CONTINUOUS IMPROVEMENT OF THEORY OF CONSTRAINTS (TOC): A STUDY IN A CAL INDUSTRY.**

### **ABSTRACT**

This article presents the application of the five steps of the continuous improvement of the Theory of Constraints (TOC) in the production process of a lime southern Tocantins front region industry to increased demand for industrial cal from a case study. It is identified in the company's production system studied the oven where the dolomite stone, single raw material for lime production is roasted and silos where the stone that once roasted and ground by a crusher is deposited with water and is resting during 48 hours to turn a kind of mass, are the system constraints, both with a capacity of 2.91 tons per hour. When the two constraints are explored, it is identified that the company has sufficient resources to increase production capacity of 2.91 tons per hour silos to 5.82 tons per hour, and the oven is now the only restriction the company's production system. Note that even up to now exploiting to the full its restrictions, its production capacity is still subordinated to the oven restriction. The company will only be able to raise its production capacity and meet increased demand, with the acquisition of an oven.

**Keywords:** Theory of Constraints, Continuous Improvement, Cal Industry

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta os resultados da aplicação dos cinco passos de melhoria contínua da Teoria das Restrições (Theory of Constraints, TOC) no processo produtivo de uma indústria de cal na região sul do estado do Tocantins com o intuito de aumentar sua capacidade produtiva, frente ao aumento da demanda por cal da indústria. Atualmente as empresas mudam com muita rapidez buscando alternativas para sobreviver no mercado em que atuam. Dentro da administração de empresas, algumas áreas vêm sofrendo grandes mudanças. Merece destaque a administração da produção e a TOC que quando usadas de forma adequada são ferramentas importantes para a empresa competir (sobreviver) no mercado em que atua. A TOC não é apenas uma teoria, consiste numa técnica capaz de contribuir para a competitividade das empresas/organizações através da identificação e gestão das restrições (gargalos) do seu sistema produtivo. Segundo os princípios da TOC a meta principal de uma empresa é ganhar dinheiro. A TOC pode contribuir para este objetivo através da identificação e

gestão das restrições do sistema que impede a empresa atingir sua meta (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Atualmente, muitos trabalhos são desenvolvidos na área de engenharia de produção com aplicação da TOC visando criar alternativas para o suporte à tomada de decisão. No trabalho de (BELICANTA; NERY; SAMED, 2006) a TOC é usada para a análise de uma célula de produção numa indústria de embalagens plásticas na região de Maringá no estado do Paraná. O objetivo é reduzir ou eliminar os gargalos existentes no processo de produção para obter o aumento da produtividade de embalagens. Em outro estudo a TOC é associada a conceitos de eficiência global de equipamentos numa multinacional que fabrica motores com a finalidade de escolher ações de melhoria de produção (MOELLMAN et al., 2006). Os trabalhos consultados indicam que a aplicação da TOC melhora o processo de produção.

Este texto está organizado em cinco seções. A seção 2 apresenta os fundamentos teóricos necessários para a discussão e análise dos resultados. A seção 3 apresenta a metodologia

empregada para a aplicação dos cinco passos de melhoria contínua da TOC numa indústria de cal. A seção 4

apresenta os resultados da aplicação da TOC numa indústria de cal e seção 5 conclui o trabalho..

## 1 ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

A administração da produção e operações diz respeito às atividades orientadas para a produção de bens físicos ou a prestação de um serviço (MOREIRA, 1998). A produção pode ser definida como um conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso das indústrias) ou serviços de forma organizada. Um procedimento organizado visa à conversão de insumos em produtos acabados (MOREIRA, 1998; RUSSOMANO 1979; SLACK et al. 1996). A administração da produção é

encarada como uma atividade controlada para agregar valor aos produtos e serviços das empresas (MONKS, 1987). Para que um sistema produtivo transforme insumos em produtos (bens e/ou serviços) o sistema precisa ser pensado em termos de prazos onde planos são feitos e as ações são disparadas com base nestes planos para que, transcorridos estes prazos, os eventos planejados pelas empresas tornem realidade (TUBINO, 2007).

### 1.2 OPTIMIZED PRODUCTION TECHNOLOGY (OPT) E TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC): APLICAÇÃO DOS CINCO PASSOS PARA A MELHORIA CONTÍNUA NA PRODUÇÃO DE CAL

A Tecnologia de produção otimizada (Optimized Production Technology, OPT) nasceu dentro de um ambiente de manufatura nos anos 70 em Israel, quando o estudante de física Goldratt desenvolveu uma formulação matemática para o planejamento da fábrica de um amigo que produzia gaiolas para aves (GOLDRATT, 1994 apud COX III; SPENCER, 2002). A

OPT foi originalmente apresentada como software em um conjunto de regras de programação e acabou tornando-se questionamento das bases do planejamento e controle da produção, pois desafiava os indicadores de desempenho tradicionais da contabilidade de custos, gerencial e de negócios (COX III; SPENCER, 2002).

A primeira pesquisa sobre os usuários da OPT indica que o software é excelente, mas seu sucesso seria limitado. Para obter a eficiência com o uso do software a organização teria que mudar seu sistema tradicional de indicadores de desempenho. Assim, A Meta, novela Best seller de Goldratt contribuiu para a mudança da maneira como os gerentes visualizam a produção (COX III; SPENCER, 2002). Muitas empresas se tornam muito bem sucedidas com a implementação dos conceitos do gerenciamento de restrições apresentados na Meta. Em 1986, baseados nos resultados da Meta Goldratt e Fox fundaram o Instituto educacional Avraham Y. Goldratt para o desenvolvimento e a difusão dos conhecimentos da TOC (COX III; SPENCER). A TOC surge como uma nova filosofia para o pensamento gerencial cuja premissa básica é gerenciar a partir de suas limitações (restrições) que o sistema (organização) apresenta com foco no objetivo econômico máximo (meta) da empresa que é ganhar dinheiro (BELINCANTA; NERY; SAMED, 2006). Restrição é todo recurso que a organização possui e que tem uma capacidade de operação inferior aos outros recursos existentes na

organização (COX III; SPENCER, 2002). Por exemplo, em uma manufatura pode ser que uma máquina que faz um processo produtivo tenha sua capacidade de operação inferior às outras máquinas. A capacidade de operação é definida como o número máximo de operações que um recurso consiga realizar sob condições normais de operação (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

A premissa da TOC é que toda organização possui pelo menos uma restrição. Primeiro identifica as restrições e depois faz a gerência da organização/empresa a partir destas restrições para viabilizar o objetivo de ganhar dinheiro (CORRÊA; GIANESI, 1993). A TOC afirma que toda empresa é um sistema tangível, cujo desempenho depende da forma como interagem seus diferentes processos (SABADDINI; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2006). A restrição pode ser caracterizada em um sistema com longas filas de espera ou por tempos de processamentos longos. Essas restrições podem influenciar nos tempos de processamento de produtos. Cabe aos gestores da empresa identificar e atuar nas restrições do sistema para que a empresa consiga atingir os objetivos de atender com

rapidez e qualidade as necessidade de seus clientes (GOLDRATT, 1990).

O fato de todo sistema possuir pelo menos uma restrição não significa que o sistema é bom ou ruim. Significa que a restrição deve ser gerenciada (GOLDRATT, 1990). Existem quatro conceitos que fundamentam a TOC (GOLDRATT, 2002): a) toda empresa/organização é um sistema tangível e seu desempenho depende da forma de interação dos seus diferentes processos, b) toda empresa/organização possui uma meta fundamental e os sistemas e recursos devem estar voltados para a meta, c) Todo sistema considerado tangível possui ao mínimo uma restrição que limita o desempenho da organização como um todo em direção a sua meta, e d) os esforços de gerenciamento devem ser direcionados para os recursos que apresentam os maiores impactos sobre a meta.

As restrições se classificam em dois tipos (GOLDRATT, 2002): restrições internas (de recurso) e restrições externas (político-culturais). As restrições internas ou de recurso são caracterizadas por tempos de processamentos longos, falta de capacidade das máquinas e equipamentos produzirem o que se

espera deles, falta de recursos humanos suficientes para a operação do sistema. As restrições político-culturais se referem às normas e procedimentos da organização, demanda por um produto, práticas e paradigmas culturais das organizações (UMBLE; SRIKANTH, 1990).

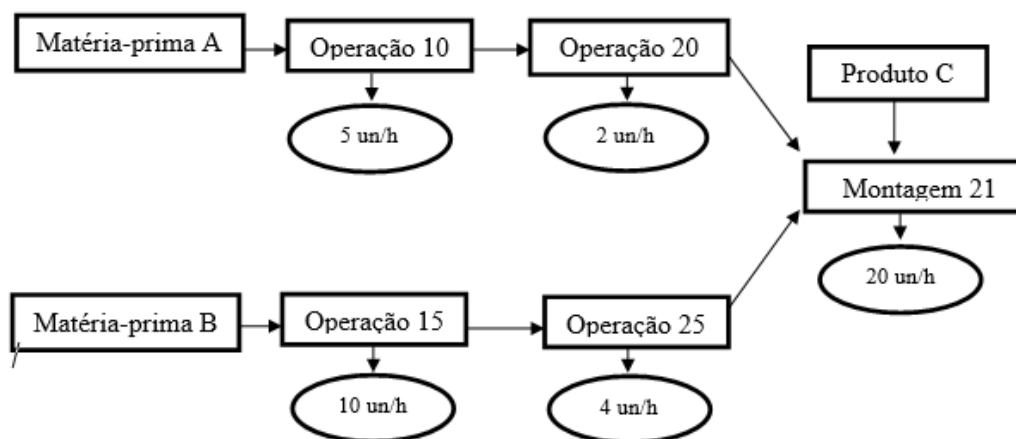
Os recursos podem ser gargalos (restrições) e não-gargalos (CORREA; GIANESI, 1993). Recurso gargalo é aquele que restringe o desempenho do sistema, ou seja, não deixa a empresa atingir a sua meta (COX III; SPENCER, 2002). Possui capacidade de processamento inferior à demanda depositada nele. Entende-se que restrição e gargalo possuem o mesmo significado (GUERREIRO, 1999).

A Figura 1 mostra parte de um processo produtivo com um gargalo representado pelo retângulo Operação 20. Observe que a Operação 20 possui capacidade de operação de 2 unidades por hora. Essa capacidade de operação é menor do que a capacidade de todas as outras operações do processo produtivo. Isso significa que o processo todo fica limitado a produzir 2 unidades por hora (COX III; SPENCER, 2002).

O que determina a utilização de um recurso não-gargalo não é a sua disponibilidade de operação e sim a

restrição do sistema. Por exemplo, a operação de Montagem 21 tem capacidade de operação de 20 unidades por hora, no entanto, como ela depende da Operação 20 para realizar sua tarefa, fica limitada a produzir 2 unidades por hora. Tecnicamente, significa que não adianta a empresa concentrar esforços no recurso não gargalo. Uma hora ganha em um recurso não-gargalo não melhora a capacidade de produção do processo. Ao contrário, uma hora

ganha em um recurso gargalo é uma hora ganha para todo o processo produtivo (CORRÊA; GIANESI, 1993). O recurso gargalo é quem dita todo o fluxo do processo. Qualquer ganho obtido no recurso gargalo é um ganho para todo o processo produtivo (GUERREIRO, 1999). A seguir são descritos os cinco passos para o aprimoramento contínuo ou processo de melhoria contínua utilizados pela TOC (NOREEN; SMITH; MACKEY, 1996).



Fonte: Cox III e Spencer, (2002, p. 71)

Figura 1- Parte de um processo produtivo com um recurso gargalo

**Identificar a restrição do sistema.** As restrições devem ser identificadas porque determinam o fluxo do sistema. Em uma organização bem administrada as restrições são fáceis de encontrar. Por exemplo, em uma indústria, os inventários de materiais em processo

vão indicar onde está a restrição (NOREEN; SMITH; MACKEY, 1996).

**Explorar as restrições do sistema.** Após a identificação da restrição no sistema ela deve ser otimizada para tornar o sistema mais eficiente e aumentar a taxa da capacidade do recurso (NOREEN; SMITH; MACKEY,

1996). A empresa/organização deve ser vista como uma corrente em que o recurso gargalo se encontra no elo mais fraco da corrente. Se a organização quer fortalecer a corrente é necessário aumentar a resistência do elo mais fraco (GOLDRATT, 1990). Otimizar a restrição significa realizar ações de curto prazo que adicionam capacidade a um recurso existente (COX III; SPENCER, 2002). Por exemplo, se a triagem de materiais em uma indústria é a restrição, alocar mais recursos para a restrição em curto prazo de tempo aumenta sua capacidade e permite atender a um maior número de recursos produtivos (GONÇALVES *et al.*, 2005).

**Subordinar todos os demais recursos à restrição.** Este passo consiste em subordinar todas as outras atividades à restrição (COX III; SPENCER, 2002). É o passo mais difícil porque questiona todas as práticas e procedimentos gerenciais tradicionais. Um equívoco é afirmar que nenhuma máquina pode ficar parada, pois enfraquecerá a eficácia do sistema (GUERREIRO, 1999). Todas as atividades devem ser direcionadas a restrição, pois um problema será criado claramente se a administração e os indicadores do recurso não-restrição

não estão subordinados à restrição física. Isso pode levar o supervisor do recurso não-restrição a pensar que estão ociosos. Quando isso ocorre o supervisor realoca operários para balancear o fluxo e cria automaticamente uma restrição sem saber (COX III; SPENCER, 2002). Um recurso não-restrição pode e, muitas vezes, deve ficar ocioso, ótimos locais não garante ótimos globais (ROCHA NETO; MARCO, 2006).

**Elevar as restrições.** A organização deve procurar relaxar a restrição o que significa aumentar de alguma forma a sua capacidade de produção. Isso aumenta a capacidade de fluxo do sistema (CORRÊA; GIANESI, 1993). Elevar uma restrição significa aumentar a capacidade da restrição a um nível mais alto (GOLDRATT, 1997). Este passo é confundido com o passo de subordinar os demais recursos à restrição que introduz a exploração da restrição. O gerenciamento de restrições não é uma ciência exata ou uma receita e que a idéia é utilizar o gerenciamento de restrições como um processo de melhoria contínua dos negócios de maneira mais efetiva sendo que uma boa maneira de entender a distinção entre explorar e elevar é observar o efeito da



capacidade no sistema. Explorar as restrições significa praticar ações de curto prazo que adicionam capacidade a um recurso existente. Elevar a restrição significa trazer capacidade ao recurso há um nível mais alto, normalmente através de investimentos em equipamentos mão de obra etc. (COX III; SPENCER 2002). Em geral, após a avaliação decide-se elevar à restrição para aumentar sua capacidade a um nível mais alto (GOLDRATT, 1997). Este passo é feito depois que a restrição é explorada ao máximo, pois pode repercutir em certo aumento nas despesas operacionais como, por exemplo, subcontratação, turnos extras e etc. (CORRÊA; GIANESI, 1993).

**Se uma restrição for elevada, volte ao passo inicial e não deixe que a inércia seja a maior restrição do**

## 2. METODOLOGIA

O método usado na indústria de cal caracteriza-se por pesquisa exploratória e estudo de caso. As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista, a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses

**sistema.** Se uma restrição é elevada, algo vai se tornar imediatamente numa restrição do sistema/processo produtivo e impede que a organização atinja sua meta (CORRÊA; GIANESI, 1993) destacam que se no passo, Elevar as restrições, uma restrição for elevada, deve-se voltar ao passo inicial (identificar a restrição do sistema) para identificar a próxima restrição e não deixar que a inércia tome conta do processo. Deve-se concentrar em identificar e lidar efetivamente com a nova restrição (NOREEN; SMITH; MACKEY, 1996). O processo de focalização de cinco passos faz com que a administração pense, planeje e só então realize e verifique. É um processo sistemático de melhoria contínua (ROCHA NETO; MARCO, 2006).

pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 1999).

O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2001).

Quanto às técnicas de pesquisa, utiliza-se a pesquisa bibliográfica para dar embasamento científico ao estudo, entrevistas semi estruturada com os gestores do departamento de produção e observações diretas sobre o processo de produção de cal da empresa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CAL NA EMPRESA FILLERCAL RIO FORMOSO LTDA SOB A LUZ DA TOC

A equipe de pesquisadores teve assessoria de um funcionário experiente da empresa Fillerca para

A análise dos dados é qualitativa. A análise qualitativa procura apresentar-se de uma forma adequada para poder entender a relação de causa e efeito do fenômeno e conseqüentemente chegar a sua verdade e razão (OLIVEIRA, 2002).

compreender os detalhes do processo de produção de cal hidratado adotado pela empresa.

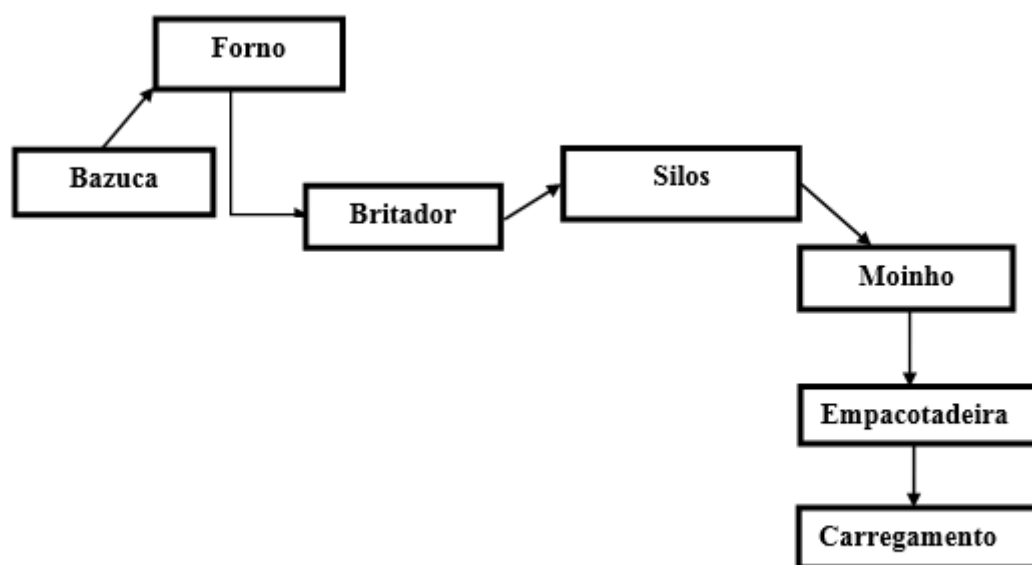


Figura 2 - Fluxograma da produção de cal da empresa Fillerca Rio Formoso Ltda

A Figura 2 mostra o fluxograma resumido do processo de produção de cal da empresa Fillerca Rio Formoso Ltda. A Fillerca trabalha em um regime de 24 horas por dia e utiliza três períodos para a produção de cal. A

principal matéria-prima utilizada na fabricação é a pedra calcária dolomita. Trata-se de uma pedra branca encontrada e extraída no morro azul cerca de vinte quilômetros da indústria. Primeiramente a pedra é extraída e

passa pelo processo de britagem para diminuir seu tamanho, depois as pedras são selecionadas em tamanhos de aproximadamente 25 centímetros e são transportadas por um caminhão caçamba com capacidade de 30 toneladas até a indústria. Na indústria parte da carga é depositada em um equipamento chamado bazuca que tem capacidade para 15 toneladas. Dentro da bazuca as pedras são movidas por uma correia transportadora até uma peneira para retirada de impurezas. Depois desse processo que dura 30 minutos a pedra fica pronta para a produção.

Depois de passar pela bazuca a pedra é transportada por correias a uma altura de aproximadamente 7 metros até o forno. O processo de enchimento do forno dura 1 hora. Atualmente a empresa possui 1 forno com capacidade para 70 toneladas. O forno é uma estrutura de concreto e tem a lenha como principal combustível para o processo de calcinação.

O forno é mantido aceso 24 horas a uma temperatura de 800 graus para que a pedra seja assada e os funcionários chamados de forneiros ficam responsáveis por manter o forno com a temperatura ideal. Assim, são assadas apenas as pedras que estão

concentradas próximas do fogo e quando atingem a coloração avermelhada os forneiros descem as pedras que estão no ponto para dentro do funil. O funil é um compartimento dentro do forno que tem o papel de substituir pedras assadas por pedras ainda não assadas.

As pedras assadas ficam descansando por 2 horas para diminuir a temperatura e permitir que os funcionários retirem-as do funil. As pedras são retiradas do funil usando uma espécie de carrinho de mão que tem capacidade para 700 quilos, o tempo de retirada é de 30 minutos. A retirada das pedras do funil ocorre num período de duas em duas horas. A capacidade de produção do forno é de 35 toneladas por dia. Em seguida as pedras são depositadas em uma espécie de rampa e removidas por uma pá-carregadeira que as coloca em um caminhão caçamba com capacidade para 7,5 toneladas. O tempo gasto para carregar este caminhão é de 10 minutos. As pedras são transportadas até a moega que é um local onde as pedras ficam armazenadas e que tem capacidade para 15 toneladas. Neste momento a matéria-prima passa para dentro de um galpão para ser industrializada. Segue para o processo

chamado de hidratação que é o procedimento em que a pedra passa pelo britador para ser moída e transformada em pedras menores e através de correias transportadoras segue para os silos. O tempo gasto para encher um silo é de 6 horas. A capacidade de cada silo é de 70 toneladas. Atualmente a Fillerca utiliza dois silos para a hidratação. Dentro dos silos, acrescenta-se 20 mil litros de água em cada silo e a mistura forma uma espécie de massa que fica descansando por um período de 48 horas. Depois do descanso inicia-se a retirada da massa do silo que segue pelo moinho onde o material é moído e peneirado permitindo que nesta etapa se tenha a pedra bem fina como pó. O processo de moagem tem capacidade para 8 toneladas por hora. O material que sai do processo de moagem é conhecido com cal que vai direto para a empacotadeira.

Na etapa de empacotamento são produzidas 1 tonelada a cada 3 minutos num total de 20 toneladas por hora. O processo de empacotamento é realizado de forma manual onde quatro funcionários são responsáveis pelo procedimento. Dois funcionários empacotam os sacos que caem na esteira e seguem até outros dois

funcionários que formam pilhas de 50 sacos com 20 quilos. Depois, com o auxílio de uma empilhadeira é feita a remoção dos *palets* de madeira já prontos com 1 tonelada de cal cada um. O carregamento é feito com auxílio de outra empilhadeira e dois funcionários que são responsáveis por pegar um saco por vez e formar as cargas. Quatro a cinco caminhões são carregados em um período de 24 horas.

Os passos para a melhoria contínua da TOC são aplicados na Fillerca com intuito de contribuir para o aumento de sua capacidade de produção. A Fillerca constata que não atende a demanda e nem os pedidos conforme o acordo firmado com seus clientes.

A seguir são apresentados os passos de aplicação da TOC no processo de produção da empresa Fillerca Rio Formoso Ltda.

### **Passo 1 - Identificação da Restrição no processo de produção de cal**

Após a análise do fluxo de produção da cal descrito na seção 4.1 é aplicado o primeiro passo da teoria das restrições (TOC) que é a identificação das restrições.

A Figura 3 mostra o fluxograma com a capacidade produtiva de cada equipamento expressos na unidade de

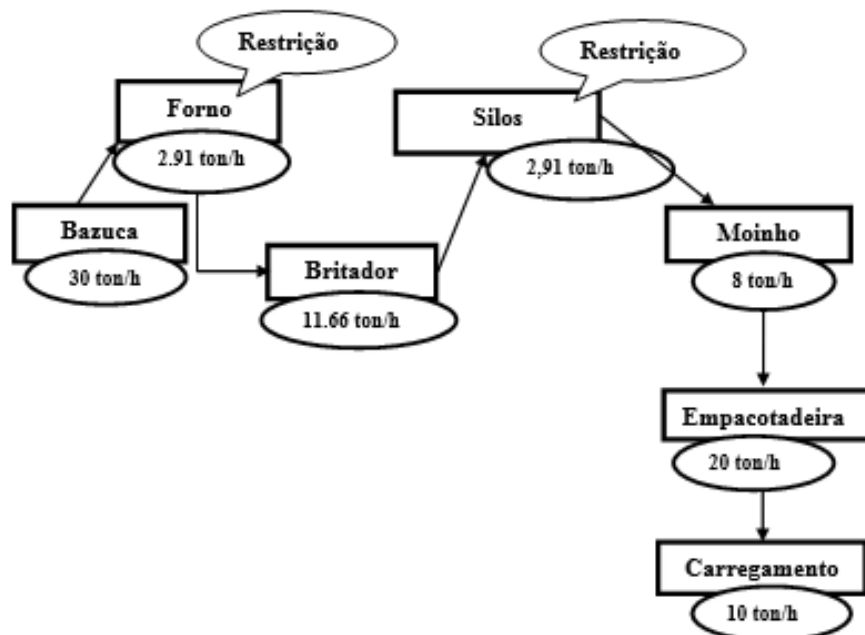


Figura 3 - Fluxograma com capacidade de produção de cal da empresa Fillercal Rio Formoso Ltda

**Bazuca.** A capacidade de operação da bazuca é de 30 toneladas por hora. Sua capacidade de operação original é de 15 toneladas a cada 30 minutos. A conversão da capacidade de produção da bazuca em uma hora é feita pela conversão de 2 vezes 15 igual a 30 toneladas por hora.

**Forno.** A capacidade de operação do forno é de 2,91 toneladas por hora. É mantido aceso por 24 horas e produz 70 toneladas. As pedras são retiradas do forno a cada 2 horas. Assim, para obter a capacidade produtiva por hora do forno divide-se a capacidade do

tempo padrão adotada neste trabalho que é de 1 (uma) hora.

forno de 70 toneladas por horas trabalhadas que é 24.

**Britador.** O britador produz 11,66 toneladas hora. Nessa etapa a pedra passa pelo britador e segue diretamente para os silos de armazenagem e cada silo tem capacidade para 70 toneladas. São gastas 6 horas para encher cada um. Como o britador trabalha até enchimento do silo então divide-se 70 toneladas por 6 horas trabalhadas.

**Silos.** A capacidade de produção por hora dos silos é de 2,91 toneladas. Dentro dos silos as pedras passam por um período de descanso de 48 horas.

São 2 silos com capacidade para 70 toneladas cada um o que resulta num total de 140 toneladas. Para encontrar a capacidade de produção dos silos divide-se 140 toneladas pelo tempo em que as pedras ficam descansando que é de 48 horas.

**Moinho.** O moinho tem uma capacidade de produção de 8 toneladas por hora.

**Empacotamento.** O procedimento de empacotamento produz 20 toneladas por hora. Nesta etapa é produzida 1 tonelada a cada 3 minutos. Nesse caso, a produção por hora é de 20 toneladas.

**Carregamento.** O carregamento por hora é de 10 toneladas. É gasto 1:30 (uma hora e trinta minutos) para carregar 15 toneladas de cal ou seja a cada 1 hora são carregados 10 toneladas.

A análise da Figura 3 mostra que o forno e o silo são as restrições do sistema produtivo de cal da Fillerca. Como o forno e os silos possuem a mesma capacidade produtiva por hora de 2,91 toneladas eles estão determinando o fluxo de todo o sistema fazendo com que a capacidade de

produção da empresa também seja de 2,91 toneladas por hora.

## **Passo 2 - Explorar as restrições do sistema de produção de cal**

Nesta etapa, a Fillerca deve explorar ao máximo suas restrições, afim de, utilizar recursos e equipamentos existentes para alocar aos locais restrição e elevar a sua capacidade produtiva. A Fillerca possui mais dois silos que estão inativos, assim recomenda-se que a empresa inicie a exploração desses silos para aumentar a capacidade dos silos para 5,82 toneladas por hora de acordo com a Figura 4. O local forno trabalha com sua capacidade máxima, e como nesse passo, conseguiu-se aumentar a capacidade dos silos, agora o forno passa a ser a única restrição do sistema o que ainda deixa a empresa com a capacidade de produção de 2,91 toneladas hora. O forno é evidenciado no passo 4 de elevar as restrições do sistema ou processo de produção. Após a exploração ao máximo da restrição o sistema de produção fica com a seguinte capacidade conforme Figura 4.

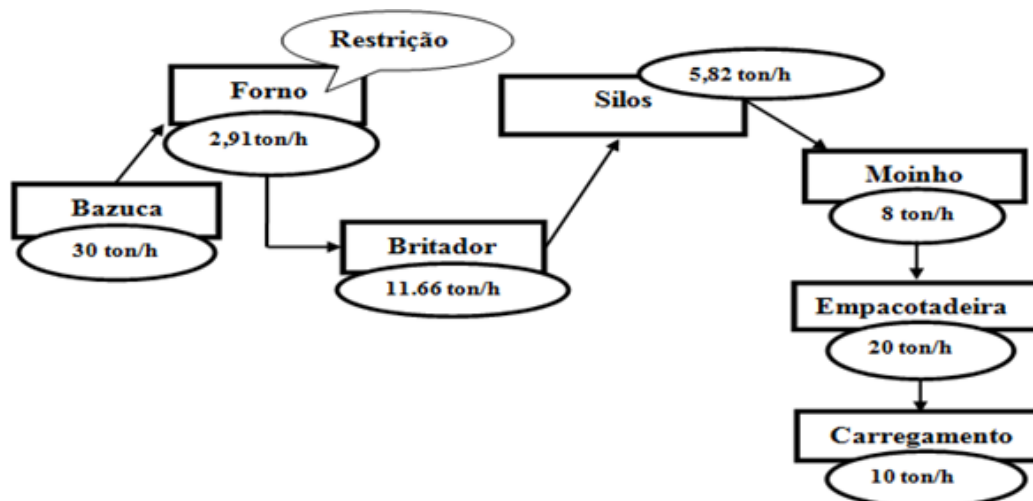


Figura 4 – Capacidade de produção após explorar as restrições

### Passo 3 - Subordinar todos os demais recursos à restrição do sistema de produção de cal

Neste passo, todos os recursos devem ser subordinados à restrição do sistema, ou seja, não há problema algum se alguma máquina fique ociosa, parada. Por exemplo, no processo de produção da Fillerca, a bazuca possui uma capacidade de produção de 30 toneladas por hora se ela continuar trabalhando com essa capacidade provoca um aumento infinito de estoque entre o forno e a bazuca porque o forno é uma das restrições do sistema. Assim, recomenda-se subordinar a bazuca às restrições. Isto é, compatibilizar a produção da bazuca com o capacidade de produção do forno. Vale ressaltar, que o silo não é mais uma restrição para o sistema.

### Passo 4 - Elevar a restrição do sistema de produção de cal

Após a restrição ter sido explorada ao máximo e não havendo mais recursos disponíveis na empresa que possa ser alocado para a restrição de modo que eleve sua capacidade é feito o passo de elevar a restrição. Elevar significa realizar ações que geralmente estão relacionadas a investimentos em compra de equipamentos, maquinários e contratação de mão de obra etc. O aconselhado a Fillerca é que ela adquira mais um forno para aumentar sua capacidade produtiva. Conforme Figura 4 o processo produtivo da empresa ainda é de 2,91 toneladas por hora. A capacidade de produção do forno não pode ser modificada com a aplicação do processo de melhoria da

TOC e continua como a restrição do sistema que comanda o fluxo de produção.

A aquisição de mais um forno com a mesma capacidade de produção do atual eleva a capacidade de produção de cal para 5,82 toneladas por hora e a Fillercal tem sua capacidade produtiva dobrada.

**Passo 5 - Se uma restrição for elevada, volte ao passo um e não**

#### **4. CONCLUSÃO**

O estudo é realizado na empresa Fillercal que desenvolve atividades manufatureiras para a produção de cal. O processo produtivo é determinado por uma restrição no forno e nos silos. Conclui-se que se as etapas posteriores consideradas não-restrições tenham disponibilidade de produção maior, a capacidade produtiva da Fillercal não é melhorada. Após exploração da restrição verifica-se que a empresa dispõe de recursos para aumentar a capacidade de produção dos silos. Com as sugestões, a capacidade dos silos passou de para 2,91 toneladas por hora para 5,82 toneladas por hora. Se empresa não atentar para a subordinação dos recursos não-restrição à restrição

**deixe que a inércia seja a maior restrição do sistema de produção de cal**

Recomenda-se a Fillercal é não deixar que a inércia seja a restrição, pois a TOC é um processo de melhoria contínua. É necessário que a empresa esteja sempre atenta as restrições do sistema, buscando a melhoria contínua dos seus processos de produção.

pode-se aumentar consideravelmente seu estoque entre o recurso restrição (forno) e o não-restrição e isso pode acarretar aumento de custos de produção. Vale destacar que ótimos locais não significam ótimos globais. Após a exploração ao máximo das restrições da Fillercal o forno continua restrição. Como o passo de explorar a restrição não é suficiente para aumentar sua capacidade de produção (o forno trabalha com capacidade máxima) o problema de aumentar a capacidade do forno é resolvido no passo 4 da aplicação da TOC. Para que a Fillercal alcance a meta de melhorar a produção frente ao aumento da demanda ela deve comprar mais um



forno. A inércia deve ser evitada para não ser sua maior restrição.

## REFERÊNCIAS

**BELICANTA, F. P., NERY, M. L., SAMED, M. M. A.** *Otimização da Produção segundo a Teoria das Restrições: Análise de suas aplicações em uma indústria de embalagens plásticas.* XIII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, 2006, Bauru - SP.

**CORRÊA, H. L., GIANESI, I.G.N.** *Just in Time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico.* 2. ed. – São Paulo: Atlas, 1993.

**COX III, J. F., SPENCER, M. S.** *Manual da Teoria das Restrições.* Trad. Fernanda Kohmann Dietrich. Porto Alegre: Bookman, 2002.

**GIL, A. C.** *Métodos e técnicas de pesquisa social.* 5. Ed. – São Paulo: Atlas, 1999.

**GOLDRATT, E. M.** *Haystack Syndrome: Sifting information out of the data ocean.* North River Press, 1990.

\_\_\_\_\_. *A Meta: Um processo de aprimoramento contínuo:* Claudiney Fullmann, 1997.

\_\_\_\_\_. *A Meta: Um processo de melhoria contínua.* São Paulo: Nobel, 2002.

**GONÇALVES, A. A., ROCHA, S. A. S., OLIVEIRA, M. J. F., LEITÃO, A. R.** *Modelo de Simulação Aplicado na Gestão de Serviços de Saúde.* XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 2005, Porto Alegre - RS.

**GUERREIRO, R..** *A Meta da Empresa: Seu alcance sem mistérios.* São Paulo: Atlas, 1999.

**MOELLMANN, A.H., ALBUQUERQUE, A. S., CONTADOR, J.L., MARINS, F. A.S.** *Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação.* Revista Gestão Industrial, v. 02, n. 01, 2006, p. 89-105. Disponível em <http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/revista/revista2006/pdf/RGIv02n01a9.pdf>. Acesso em mar. 2011.

**MONKS, J. G.** *Administração da Produção.* São Paulo: Makron Books, 1987.

**MOREIRA, D. A.** *Introdução à Administração de Produções e Operações.* São Paulo: Pioneira, 1998.

**NOREEN, E. W., SMITH, D., MACKAY, J. T.** *A Teoria das Restrições e suas Implicações na Contabilidade Gerencial: Um relatório independente.* Tradução Claudiney Fullmann, São Paulo: Educator, 1996.

- OLIVEIRA, S. L. de.** *Tratado de Metodologia Científica: Projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias dissertações e teses.* São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- ROCHA NETO, A., MARCO, R. A. de.** *A Teoria das Restrições na Prática: Elevação dos gargalos no processo produtivo de uma indústria metal mecânica.* XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 2006, Bauru - SP.
- RUSSOMANO, V. H.** *Planejamento e Acompanhamento da Produção.* São Paulo: Pioneira, 1979.
- SABBADINI, F. S., GONÇALVES, A. A., OLIVEIRA, M. J. F. de.** *A Aplicação da Teoria das Restrições (TOC) e da Simulação na Gestão da Capacidade de Atendimento em Hospital de Emergência.* Revista Produção On-Line, Vol. 6, N. 3, Universidade Federal de Santa Catarina, dezembro de 2006.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., JOHNSTON, R..** *Administração da Produção.* São Paulo: Atlas, 1996.
- SLACK, N. CHAMBERS, S. JOHNSTON, R.** *Administração da Produção.* 2ª.ed São Paulo, Atlas, 2002.
- TUBINO, D. F.** *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e prática.* São Paulo: Atlas, 2007.
- UMBLE, M.M., SRIKANTH, M.L.** *Synchronous Manufacturing.* South-Western Publishing CO. Cincinnati, 1990.
- YIN, R. K.** *Estudo de Caso: Planejamento e métodos.* 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Recebido em:01/11/2016  
Aprovado em: 09/01/2018