

TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) E *OVERALL THROUGHPUT EFFECTIVENESS* (OTE) INTEGRADOS NA GESTÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA: O CASO DE UMA FÁBRICA PRODUTORA DE PNEUS

Vagner de Oliveira Fofonka – UFRGS – Engenharia de Produção e Transportes
vagner_fofonka@hotmail.com

Ricardo Augusto Cassel – UFRGS – Engenharia de Produção e Transportes
cassel@producao.ufrgs.br

Resumo: O modelo de gestão desenvolvido pela Toyota e difundido no mundo baseia-se num sistema que busca a redução das perdas. Por outro lado, a utilização de um modelo de gestão baseado no gerenciamento de restrições e que busca o maior ganho possível vem recebendo cada vez mais adeptos. Quanto aos indicadores de desempenho, tem-se buscado indicadores alternativos aos utilizados atualmente, por exemplo, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), por não refletirem a realidade do sistema como um todo. O objetivo desse artigo é, através de um estudo de caso, propor a utilização de um indicador de desempenho (OTE) que contemple o sistema produtivo como um todo integrado aos conceitos e ferramentas da TOC (*Theory of Constraints*). O caso mostra que a utilização de um indicador que contemple o processo produtivo de maneira a considerar suas interconexões e de um sistema de gestão apoiado na melhora dos recursos que limitam a sua capacidade pode direcionar as ações para melhoria do processo de maneira correta, além de revelar capacidades escondidas e/ou mal gerenciadas.

Palavras-chave: Gerenciamento de Capacidade, Teoria das Restrições, OTE

1. Introdução

O panorama altamente competitivo que as empresas experimentam atualmente faz com que os processos gerenciais necessitem ser cada vez mais eficientes. Logo, os gestores são obrigados a tomar decisões que melhorem o desempenho da organização nas diferentes dimensões competitivas (custo, qualidade, flexibilidade, dentre outras). Fleischer *et al.* (2006) argumentam que a disponibilidade e a produtividade dos recursos de produção são essenciais para a manutenção da competitividade das empresas de manufatura. Slack *et al.* (2002) reforçam que empresas com diferentes produtos e processos tem necessidades diferentes de priorização do uso dos recursos.

Dentro desse contexto, o gerenciamento da produção e das operações envolve decisões relativas à gestão desses recursos produtivos (mão de obra, capacidade produtiva, layout de instalações, dentre outros). Cox e Spencer (2002) citam que a origem das cinco funções de gerenciamento de produção (Plano Mestre de Produção, Planejamento das Prioridades, Planejamento de Capacidades, Controle das Prioridades e Controle de Capacidades) é incerta, porém atribuída a Oliver Wight, pioneiro em gerenciamento de produção, em seu livro

Production and Inventory in the Computer Age de 1984. Dentre essas cinco funções, pode-se destacar a de controle de capacidades, que é definida como o processo de medir os resultados da produção e comparar com o planejamento de capacidades, determinando se a variação excede os limites pré-estabelecidos e efetuando ações corretivas para atender o planejamento caso os limites tenham sido excedidos (COX E SPENCER, 2002). Para Antunes Jr. *et al.* (2012) é crítico para uma administração eficaz da produção a mensuração, a compreensão e o gerenciamento da capacidade produtiva.

Notadamente as empresas encontram dificuldades em gerenciar sua capacidade, pois fatores como a política da própria empresa, a confiabilidade dos fornecedores e dos equipamentos, as taxas de produção e os fatores humanos colaboram para uma maior variabilidade no processo produtivo, dificultando assim, uma mensuração (HAYES et al., 2008). Dessa forma, o não conhecimento da capacidade efetiva do sistema de produção pode gerar o não atendimento a demanda ou o atendimento de maneira ineficiente, com elevação dos custos, prejudicando os resultados das empresas.

Cox e Spencer (2002) apresentam a Teoria das Restrições (TOC) como uma metodologia capaz de identificar e explorar restrições do sistema (gargalo produtivo), que é o recurso que define o desempenho do sistema produtivo como um todo. Antunes Jr. (1998) reforça que o gargalo se constitui do recurso cuja capacidade disponível é menor que a capacidade necessária para o suprimento da demanda em um período de tempo definido. Porém, essa identificação de restrições e a compreensão de um sistema produtivo também dependem do conhecimento de sua capacidade real, sendo essas, razões para se medir o desempenho das empresas (KAYDOS, 1999).

Braglia *et al.* (2009) afirmam que o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) constitui-se em um bom indicador de eficiência para um único equipamento, porém ele não contempla as interações entre os recursos ao longo da cadeia produtiva (JONSSON; LESSHAMMAR, 1999). Logo, existe a necessidade de um indicador de eficiência para a fábrica como um todo, e nesse contexto é apresentado o *Overall Throughput Effectiveness* (OTE) com o objetivo de avaliar o desempenho global do sistema, pois considera a forma como os recursos se relacionam (OECHSNER et al., 2003).

Assim, este trabalho tem por objetivo propor a utilização de um indicador de desempenho (OTE) que contemple o sistema produtivo como um todo integrado aos conceitos

e ferramentas da TOC (*Theory of Constraints*), criada por Eliyahu Goldratt. Esta integração deve permitir o conhecimento da capacidade efetiva (real) do sistema produtivo através da identificação do recurso que restringe os ganhos, possibilitando uma gestão mais eficiente dos recursos e por consequência do processo.

Este artigo está organizado conforme segue: após essa introdução, a seção 2 apresenta o referencial teórico com a revisão de literatura sobre capacidade produtiva, TOC e os indicadores OEE e OTE; na seção 3 são apresentados os procedimentos metodológicos com a descrição da empresa e as respectivas descrições de execução do trabalho; na seção 4 são apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento do trabalho e suas contribuições; e por fim, a seção 5 apresenta as conclusões acerca do trabalho.

2. Referencial Teórico

2.1 Teoria das Restrições (TOC)

A chave para se manter uma visão global é evitar o uso de métricas que beneficiem medidas locais em detrimento dos objetivos globais. A maioria das métricas apresentadas são basicamente locais e muitas vezes se mostram conflituosas com os interesses globais, levando a tomadas de decisões erradas (Goldratt, 1990; Corbett, 1998; Smith, 2000). Assim, a Teoria das Restrições (TOC) se constitui em uma filosofia onde o todo é mais importante que a soma de suas partes, e que uma complexa rede de interrelações existe dentro do sistema (MABIN E BALDERSTONE, 2003).

Cox e Spencer (2002) apresentam a Teoria das Restrições através de suas três abordagens. Primeiro, a logística, que envolve a metodologia TPC (Tambor-Pulmão-Corda) de programação de produção, o gerenciamento de pulmão e a estrutura de análise V-A-T, que é utilizada para analisar e projetar sistemas de produção e distribuição. Como segunda abordagem, é citado o processo de focalização em cinco etapas, o sistema de indicadores de desempenho baseado em definições de ganho, inventário e despesas operacionais e a lógica dos ganhos/dia e de inventário/dia. Por fim, a abordagem relativa à sistematização de solução de problemas/processos de pensamento, que é constituída por diagramas ECE (efeito-causa-efeito) e seus componentes, pelo processo de auditoria do ECE e pela metodologia de “dispersão de nuvens”.

Para Mishra *et al.* (2005), o principal objetivo da TOC é elencar o conjunto de restrições que afetam o desempenho do sistema e gerenciá-las com vistas a obtenção do maior ganho possível. Schragenheim e Dettmer (2001), em uma visão estratégica, afirmam que o mercado deve sempre ser considerado como uma restrição, pois com raras exceções, ele dita as necessidades a serem supridas. No entanto, sendo a demanda do mercado entendida como uma restrição permanente, o recurso gargalo, que são os recursos cujas capacidades são insuficientes para o atendimento da demanda, limitam a exploração da restrição de mercado, impedindo o crescimento da empresa. Assim, a restrição de capacidade deve ser considerada uma restrição atrelada à restrição de mercado, e que debilita o sistema como um todo (SCHRAGENHEIM; DETTMER; PATTERSON, 2009).

O fato de um sistema possuir apenas uma restrição se torna crucial para o pleno atendimento de seu objetivo (GOLDRATT; COX, 2003). Logo, todas as etapas do processo (recursos) deveriam ter capacidade excedente para atender as flutuações de demanda. O excesso de capacidade recebe o nome de capacidade protetiva (GOLDRATT, 1990; SCHRAGENHEIM; DETTMER, 2001). Porém, sabe-se que por vezes a aquisição de capacidade excedente torna-se inviável ou representa um grande custo, uma vez que a função de produção mostra um aumento dos custos por unidade produzida quando existe o incremento da capacidade pela aquisição de recursos. Por isso, o método de focalização em cinco passos apresentado pela TOC, que é aplicável na gestão da restrição (gargalo) do sistema produtivo, é detalhado a seguir, buscando através de um processo de melhoria contínua, aumentar a eficiência do sistema como um todo.

Os passos do processo de focalização da TOC por Cox e Spencer (2002) são:

- 1. Identificação da restrição do sistema:** a restrição pode ser interna ou externa ao sistema. Se a demanda é inferior à capacidade, a restrição é de mercado, que não absorve toda a capacidade da instalação. Por outro lado, quando a demanda não é atendida, a restrição diz respeito ao sistema, sendo normalmente um recurso produtivo (gargalo).
- 2. Exploração da restrição do sistema da melhor maneira possível:** maximizar a utilização da capacidade, que por erros na definição do mix de produção e/ou pela utilização de regras ou procedimentos inadequados, é desperdiçada. É de suma importância manter o fluxo e a produção dos produtos corretos, pois o tempo desperdiçado no recurso gargalo é perdido por todo o sistema.

- 3. Subordinação de todos os demais recursos à restrição do sistema:** etapa de mais difícil execução, pois questiona todas as práticas gerenciais tradicionais, assim como os indicadores locais. Deve existir um direcionamento de esforços para a maximização da utilização do recurso gargalo, assim como aos demais recursos que afetem o seu desempenho.
- 4. Elevação da capacidade da restrição:** obtenção de capacidade adicional para aumento do ganho global do sistema, desde que a restrição seja interna ao sistema. A elevação pode ser feita através de modificações de equipamentos existentes, redução de tempos de ciclo dos equipamentos, reduzindo tempos de paradas por *setups*, por falta de mão de obra, etc. A aquisição de equipamentos também se enquadra nesta etapa.
- 5. Retorno ao passo 1 a partir da quebra da restrição após o passo 4, não permitindo que a inércia se torne a própria restrição do sistema:** processo de implementação da melhoria contínua. A partir da quebra da restrição anterior, resultado do processo de focalização, necessariamente ocorre o aparecimento de uma nova restrição. A inércia, se mantida, pode continuar limitando ou impedindo o ganho pelo aparecimento da nova restrição, logo o processo deve ser retomado.

2.2 Indicadores de desempenho

Miranda e Silva 2002 afirmam que a avaliação de desempenho é uma medida estratégica de sobrevivência da empresa e não apenas uma ferramenta gerencial, porque as empresas necessitam, por exemplo, controlar suas atividades operacionais, controlar o planejamento e identificar problemas que necessitem de intervenção. Assim, Carvalho 1995 cita que um indicador de desempenho deve ser uma maneira objetiva de medir a situação real da empresa em diversos aspectos.

2.2.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Busso e Miyake (2012) citam que, a partir do aparecimento da filosofia da manutenção produtiva total (TPM), houve a necessidade de desenvolver uma visão mais holística do sistema produtivo e, para isso, o estabelecimento de uma forma de medir a eficiência da capacidade produtiva tornou-se fundamental. Assim, o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que mede a utilização efetiva da capacidade dos equipamentos, foi proposto como um indicador que preenche esta lacuna na gestão da capacidade produtiva (NAKAJIMA, 1989; LJUNGBERG, 1998).

O OEE vem sendo utilizado como indicador de desempenho individual dos recursos de manufatura (equipamentos), pois ajuda a direcionar os projetos de melhoramento contínuos pela análise estruturada das perdas (JONSSON; LESHAMMAR, 1999). Segundo Bamber *et al.* (2003), a utilização do OEE não se restringe à eliminação de perdas e melhoria de qualidade, podendo ser usada também como medida de *benchmarking* para comparações entre equipamentos visando encontrar a máquina que deve ser foco da metodologia do TPM, dessa forma, racionalizando a gestão de todo o sistema produtivo. O OEE assume também que as condições de utilização dos equipamentos são basicamente fruto de sua disponibilidade, desempenho e qualidade, proporcionando uma visão ampla da vida útil dos recursos (RON; ROODA, 2005).

O OEE abrange seis tipos básicos de perdas, conforme a Figura 1, que são agrupadas em três classes e utilizadas para o cálculo da eficiência global do equipamento. O cálculo da OEE é feito através da Equação 1, onde o índice D corresponde ao índice de tempo operacional ou disponibilidade, o índice P corresponde a performance operacional ou desempenho e o índice Q, que corresponde aos produtos aprovados ou à qualidade do processo.

$$OEE = D \times P \times Q \quad (1)$$

Jonsson e Lesshamar (1999) explicam que o grande objetivo do OEE não é obter o melhor índice, mas sim, obter um índice simples que oriente de forma confiável a tomada de decisão para a utilização dos recursos, sendo importante no processo de melhoria contínua. Logo, projetos de melhoramento podem ser efetuados a partir da análise do OEE em conjunto com a utilização de ferramentas de gestão da qualidade como gráficos de Pareto e diagramas de causa-efeito, permitindo assim, identificar as perdas de maior impacto e encontrar o real motivo de ocorrência das mesmas, respectivamente (NAKAJIMA, 1989). Outra grande contribuição do OEE foi considerar que o desempenho do equipamento também sofre devido ao desempenho do operador e falhas do equipamento (MATHUR *et al.*, 2011).

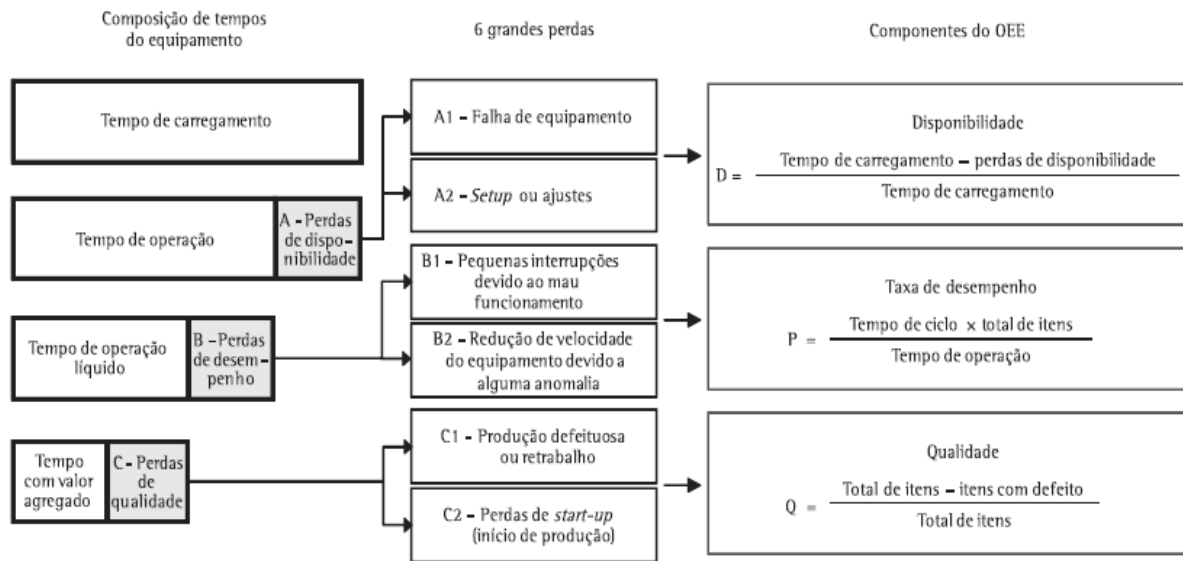


Figura 1: Estrutura de perdas do indicador OEE
 Fonte: retirado de Busso e Miyake (2012)

Em contrapartida, Braglia *et al.* (2009) afirmam que o OEE cumpre seu papel na medição de equipamentos de forma individual, mas não no que tange ao contexto global, pois a simples extrapolação para um sistema com maior número de equipamentos não contempla um direcionamento de melhoria devido ao inter-relacionamento entre eles. Muthiah e Huang (2007) corroboram com a análise apresentada, mencionando que o conceito de OEE não satisfaz o objetivo principal de um sistema de medição de desempenho global, que é o de mensurar a eficiência da fábrica como um todo. Mathur *et al.* (2011) citam ainda que o manuseio de materiais, *buffers* e filas têm impacto direto sobre o desempenho dos equipamentos. A eficiência do sistema não depende exclusivamente da eficiência das máquinas individualmente, mas também da eficiência do processo logístico utilizado para ligar equipamentos e materiais.

Assim, o OEE precisou ser modificado e evoluir para outras métricas baseadas no mesmo princípio e adaptada às necessidades específicas. Na mesma direção, Jeong e Philips (2001) argumentam que a definição original do OEE não é apropriada para indústrias de capital intensivo ou que requerem alta taxa de utilização dos equipamentos por não incluir tempos de manutenção preventiva e programada e feriados, por exemplo. Porém estas perdas são importantes em indústrias onde a utilização dos equipamentos se dá no regime de três turnos, e onde os *setups* requerem altos tempos de preparação. Atualmente o cálculo do OEE não é feito de uma única maneira, sendo influenciado pela base de tempo selecionada (MATHUR *et al.*, 2011).

O OEE, quando considerado para vários equipamentos ligados, seja em configurações em série ou paralelo, pode fornecer informações importantes sobre pontos fortes e fracos do sistema, pois todos os equipamentos estão a lidar com o mesmo volume de produção num mesmo período de tempo. Enquanto cada equipamento está operando em sua OEE individual, as saídas estão limitadas por fatores externos ao equipamento, mas internas ao processo. Assim, a eficiência global torna-se um fator contra o qual cada equipamento individual pode ser comparado para encontrar o gargalo, tornando-se uma ferramenta de diagnóstico (MATHUR et al., 2011).

2.2.2 Overall Throughput Effectiveness (OTE), Detecção de gargalo e Capacidade Efetiva

Scott e Pisa (1998) cunharam o termo OFE (*Overall Factory Effectiveness*), que faz referência à combinação de atividades e relacionamentos entre diferentes máquinas e processos, integrando informações, decisões e ações em vários sistemas e subsistemas. Porém não existe na literatura uma metodologia única e bem definida para OFE, sendo abordados os problemas no nível de fábrica usando métricas de fábrica e simulação através do desenvolvimento de um indicador chamado *Overall Throughput Effectiveness* (OTE) projetado para sistemas de produção complexos (HUANG et al., 2003).

Mathur *et al.* (2011) explicam que o OTE, que deriva do OEE, é um indicador baseado na forma de conexão entre os recursos pela identificação de diferentes subsistemas. Uma fábrica pode ser composta por quatro tipos de configurações básicas quanto aos equipamentos, como apresentado na Figura 2 (em série, em paralelo, com montagem alimentada por múltiplos equipamentos e equipamento que fornece para vários outros), sendo que ineficiências do fluxo produtivo e a capacidade dos recursos restritivos limitam a produção total e devem ser observadas diferentemente em cada tipo de subsistema no cálculo do OTE (MUTHIAH e HUANG, 2007).

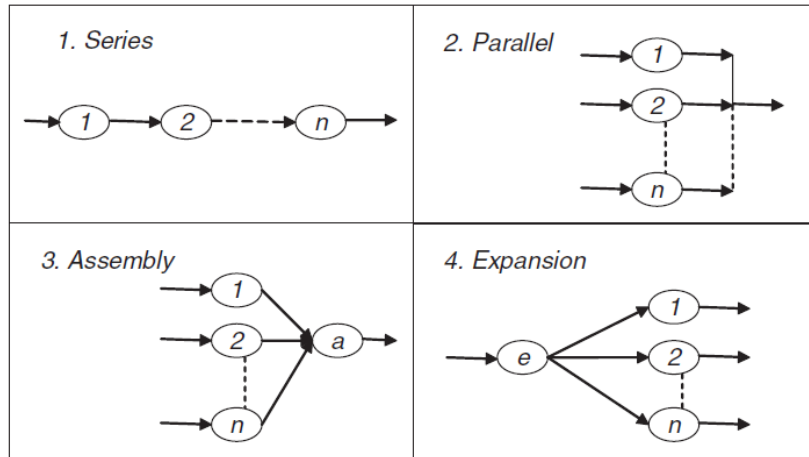


Figura 2: Modelos de subsistemas
 Fonte: retirado de Muthiah e Huang (2007)

Muthiah e Huang (2007) atestam que a utilidade da OTE é dupla, ou seja, além de medir o desempenho da fábrica, também indica qual o recurso restringe o ganho do sistema. Assim, seria possível, quantitativamente, realizar diagnósticos no nível de sistema. Tradicionalmente, o comprimento da fila é usado para identificar o gargalo, no entanto, esse método não é eficaz em ambiente de manufatura moderna que utilizam KANBAN, por exemplo. O OTE para qualquer sistema de produção pode ser determinado se os OEE's teóricos para estas principais arquiteturas de fabricação podem ser calculadas (MATHUR et al., 2011). As fórmulas para o cálculo do OTE de acordo com cada subsistema são apresentadas na Tabela 1, onde Q_{eff} representa o indicador de qualidade do processo, R_{th} indica a taxa de processamento do equipamento analisado e as variáveis K_a e K_e representam o número de partes necessárias para fazer a montagem e expansão, respectivamente.

Tabela 1: Métricas do OTE

Subsystem	OTE
Series	$\frac{\min\left\{\min_{i=1,2,\dots,n-1}\left\{OEE_{(i)} \times R_{th(i)} \times \prod_{j=i+1}^n Q_{eff(j)}\right\}, OEE_{(n)} \times R_{th(n)}\right\}}{\min_{i=1,2,\dots,n}\{R_{th(i)}\}}$
Parallel	$\frac{\sum_{i=1}^n (OEE_{(i)} \times R_{th(i)})}{\sum_{i=1}^n R_{th(i)}}$
Assembly	$\frac{\min\left\{\min_{i=1,2,\dots,n}\{OEE_{(i)} \times (R_{th(i)}/k_{A(i)}) \times Q_{eff(a)}\}, R_{th(a)} \times OEE_{(a)}\right\}}{\min\left\{\min_{i=1,2,\dots,n}\{R_{th(i)}/k_{A(i)}\}, R_{th(a)}\right\}}$
Expansion	$\frac{\sum_{i=1}^n \min\{R_{th(e)} \times OEE_{(e)} \times k_{E(i)} \times Q_{eff(i)}, R_{th(i)} \times OEE_{(i)}\}}{\sum_{i=1}^n \min\{R_{th(e)} \times k_{E(i)}, R_{th(i)}\}}$

Fonte: retirado de Muthiah e Huang (2007)

As etapas da sistemática de cálculo do OTE por Muthiah e Huang (2007) são:

1. Cálculo do OEE teórico de cada equipamento;
2. Identificação dos tipos de subsistemas que compõem o processo;
3. Cálculo do OTE de cada subsistema identificado;
4. Cálculo do indicador de gargalo, após o sistema ter sido transformado em um único sistema com configuração em série;
5. Cálculo da capacidade efetiva a partir do indicador de gargalo e das taxas de processamentos.

Por fim, Mathur *et al.* (2011) cita que esta forma de detecção permite gerar um plano de melhoria sistemático e mensurar os retornos esperados, autorizando a administração a tomar uma decisão baseada em dados.

3. Procedimentos Metodológicos

3.1 Caracterização da Empresa

A empresa do caso estudado é uma multinacional italiana que atua no setor de borrachas e produção de pneus, possuindo 22 fábricas e empregando cerca de 37000 pessoas ao redor do mundo. No Brasil, a empresa possui cinco unidades fabris, sendo uma no nordeste, três na região sudeste e uma na região sul. A empresa divide o mercado em dois segmentos: o consumidor, responsável por 70% das receitas e composto pelos pneus para automóveis, utilitários esportivos (SUV's), veículos comerciais leves, e motos; e o industrial, responsável pelos 30 % restantes e que engloba os pneus para ônibus, caminhões pesados e agroindustriais. A unidade a que se refere o estudo está localizada na cidade de Gravataí-RS e possui cerca de 2800 colaboradores, sendo responsável pela produção de pneus gigantes radiais e convencionais, camionetas, agroindustriais e motocicletas.

O processo produtivo é caracterizado pela produção em bateladas, com considerável grau de intervenção humana em determinadas etapas. O *layout* da fábrica é do tipo *job-shop*, onde os equipamentos estão dispostos por função, estando ao longo do processo, localizados em sequência lógica de processamento.

A unidade onde o trabalho foi desenvolvido é a de produção de pneus gigantes radiais, que são os pneus que possuem aço na sua composição, apresentando assim maior resistência às condições de rodagem. Estes produtos são destinados a ônibus, caminhões pesados e

alguns complementos agrícolas, sendo parte para reposição de mercado e parte para equipamentos originais, enviados diretamente às montadoras. O setor de trabalho é o de gerência de produção, sendo composto pelo gerente de unidade e pelo supervisor, que trabalham em turnos fixos, e coordenadores e gestores de produção que trabalham em sistema de rotação de turnos. Os coordenadores são responsáveis por duas etapas do processo, tendo abaixo os gestores, que são divididos em dois setores, semiprontos/confecção e vulcanização/inspeção. O modelo de gestão é tradicional, sendo o sistema gerenciado de forma empurrada.

3.2 Método de Pesquisa

Após análise do cenário encontrado, optou-se por uma pesquisa aplicada, voltada para a solução de problemas específicos, que neste trabalho se constitui da falta de conhecimento por parte da gestão da empresa da capacidade efetiva da fábrica e da possível inadequação dos indicadores utilizados. Quanto à abordagem, pode ser dividida em qualitativa, que segundo Roesch (2012) é apropriada quando se objetiva melhorar a efetividade de um programa ou sistema, ou ainda quando é o caso da proposição de planos, isto é, quando se trata de selecionar um objetivo de um programa e construir uma intervenção sobre ele e também quantitativa, pois envolve a mensuração de diversos parâmetros de controle do processo.

No que tange ao objetivo, a pesquisa é exploratória, pois este tipo de pesquisa visa proporcionar uma maior familiaridade com o problema estudado, objetivando torná-lo mais explícito ou construir hipóteses sobre ele (GIL, 2007). Por fim, o procedimento adotado será o estudo de caso, que para Yin (1981), visa examinar um fenômeno contemporâneo, a TOC e os indicadores derivados da OEE, dentro de seu contexto real. Ele afirma ainda que o estudo de caso pode se utilizar tanto de evidências qualitativas como quantitativas.

3.3 Método de Trabalho

O trabalho será desenvolvido em cinco etapas: (i) entrevista com grupo responsável pelo processo, (ii) observações por parte dos autores, (iii) coleta de dados, (iv) compilação e análise das informações coletadas e (v) apresentação de um indicador alternativo ao utilizado integrado a conceitos da TOC.

Inicialmente será feita uma entrevista com o grupo de pessoas responsáveis por gerir o processo (i) e que possuem poder de tomada de decisão. A entrevista terá como objetivo

entender como os envolvidos efetuam o gerenciamento do processo produtivo e dos indicadores utilizados para a determinação da capacidade efetiva da planta. Serão entrevistados, seguindo a hierarquia, o gerente, o supervisor, os coordenadores e os gestores de produção. Como ferramenta de coleta será utilizada uma entrevista semiestruturada formada por um questionário aberto, permitindo assim, captar aspectos que cada uma das categorias de entrevistados considere importante para a tomada de decisão. A entrevista será desenvolvida pelos próprios autores devido a um deles ser colaborador da empresa e ter acesso direto aos envolvidos.

A próxima etapa consistirá na observação do processo produtivo (ii), sendo observados aspectos mencionados pelos entrevistados, assim como outros aspectos que possam interessar aos autores do trabalho. Estas observações têm por objetivo validar as informações mencionadas pelos entrevistados, assim como analisar aspectos da organização do trabalho que influenciem os dados que serão coletados na etapa subsequente e que necessitem de validação. A observação será feita ao longo de todo o processo produtivo e sem a interferência dos autores sobre o processo.

A terceira etapa será composta pela coleta de dados (iii), que são gerados no sistema de informação da empresa. O sistema de informação, no que tange aos dados gerados para análise de capacidade, como paradas de máquina, por exemplo, são alimentados pelos operadores, logo, justifica-se a observação do processo na etapa anterior para garantir uma maior acurácia dos dados, representando a situação real do chão de fábrica. Esses dados serão a base da análise quantitativa do trabalho e serão utilizados em partes cruciais da atividade, como a determinação do gargalo de produção. Devido ao sistema de informação abranger todas as etapas do processo, a coleta será facilitada, possibilitando uma análise completa de todo o processo.

Na sequência, de posse de todas as informações pertinentes, será efetuada a compilação e análise dos dados coletados nas etapas anteriores segundo as metodologias apresentadas (iv). Por fim utilizando as informações, dados coletados e os métodos descritos, será apresentado o indicador proposto juntamente ao conceito de TOC.

4. Resultados e discussões

O segmento de processo analisado é composto por quatro etapas distintas, não sendo analisado o processo por completo devido à estrutura organizacional da fábrica. Essa divide o

processo produtivo em unidades produtivas, sendo a parte de transformação da borracha em componentes de montagem de responsabilidade de uma unidade produtiva e a parte de montagem de responsabilidade na unidade produtiva objeto de estudo. Assim, foram analisados o processo de corte de materiais semiprontos (cinturas metálicas), de confecção do pneu cru (carcaça), de vulcanização do pneu cru e por último, de inspeção em raio-x. A etapa de corte é composta por duas máquinas (M1 e M2), a de confecção por 11 máquinas (M3 à M13), a vulcanização dividida em seis grupos de máquinas (M14 à M19) e a inspeção também por duas máquinas (M20 e M21).

O layout da fábrica é do tipo *job shop*, sendo a produção em bateladas, como citado previamente na Seção 3.1. Devido a essa estrutura, perdas por transporte e movimentação, assim como fluxo cruzado de materiais podem ser observados no processo, mesmo os equipamentos estando alocados em ordem de processamento ao longo do fluxo produtivo. Na primeira etapa são produzidas bobinas com cinturas metálicas e direcionadas para estoques intermediários junto à estação de processamento subsequente, as máquinas confeccionadoras. Essas máquinas montam todos os componentes numa mesma estrutura (pneu cru), que são transportados em lotes para outro estoque intermediário. Desse estoque, os pneus crus também são transportados em lotes para a próxima etapa, a vulcanização. Por fim, o pneu, depois de vulcanizado é transportado através de esteiras rolantes para a etapa de inspeção. Os produtos aprovados são bancalizados conforme os números de seus IP's (Identificação de Produto) e transportados para o armazém, sendo esse o resumo do processo produtivo analisado.

O sistema apresenta características, segundo os gestores entrevistados e corroborado pela observação dos autores, de um sistema empurrado. Diversos programas de produção são inseridos ao longo do processo produtivo, gerando problemas como altos estoques intermediários e principalmente, desbalanceamento entre os itens desses estoques. A empresa possui um sistema de gestão informatizado e esse possui, inclusive, um sistema de kanban eletrônico que deveria tornar a produção puxada, porém devido a dificuldades operacionais do *software* e também pela falta de diretrizes gerenciais que suportem o modelo de produção puxada o sistema não é efetivo. O alto *mix* de produção atrelado aos altos tempos de *setups* das máquinas também contribuem para dificuldades encontradas na gestão da capacidade produtiva. Apesar de a empresa fazer uso de ferramentas do Sistema Toyota de Produção, elas apresentam baixa eficácia, pois muitas das mudanças necessárias não são suportadas pela

gerência e diretoria da empresa, que exigem resultados imediatos, preferindo medidas paliativas de melhoria, que acabam não se solidificando como uma melhoria contínua.

Quanto aos indicadores, existem dois principais que norteiam a tomada de decisão. Para os equipamentos é utilizado o OEE e para a mão de obra o indicador de Kg.H.H. (Kilograma-hora-homem). Esses são os indicadores de eficiência de fábrica. O OEE é adaptado à realidade da empresa e é fortemente influenciada pela base de tempo considerada. Dela são descontadas, por exemplo, paradas programadas para manutenção preventiva, industrializações de produtos (capacitar a máquina para produzir um novo produto), paradas sindicais, dentre outras. Já quanto às paradas classificadas como perdas, aparecem desde o tempo de quebra de máquinas e *setups* até parada do equipamento por falta de material para ser processado. Por outro lado, o indicador de eficiência de mão de obra constitui-se em um problema, pois foi observado por diversas vezes que esse indicador produz interferências no programa de produção, uma vez que, em detrimento do atendimento do programa, produtos com maior peso tinham seus volumes aumentados para satisfazer o índice, gerando superprodução de determinados produtos e não atendimento a outros.

Para complementar as informações obtidas nas duas primeiras etapas do estudo, a capacidade produtiva da planta não é limitada pelo mercado, logo todos os itens produzidos pela fábrica são consumidos. Dessa forma, torna-se mandatório a empresa buscar a utilização de sua capacidade total instalada da maneira mais eficiente possível, porém o que se observa atualmente é uma tendência de ampliação da planta ao invés da busca por uma maior eficiência. Isto posto, configura-se a existência de uma limitação interna ao processo produtivo e, por consequência, a existência de um gargalo (processo que limita a capacidade produtiva).

De posse das informações obtidas acerca das práticas de gestão utilizadas pela empresa e também dos dados coletados e devidamente compilados, passou-se a elaboração de uma proposta de gerenciamento da capacidade produtiva baseada nas premissas da Teoria das Restrições. Essa abordagem justifica-se pela necessidade de máxima utilização dos recursos produtivos apresentados pela empresa. Assim, seguindo a metodologia dos cinco passos de focalização propostos por Goldratt, iniciou-se a busca pela identificação da restrição do sistema que, como já citado, consiste em uma restrição interna ao processo. Quando questionados sobre gargalos do sistema produtivo, os gestores apontaram a terceira etapa do processo (vulcanização) como a etapa que restringe a capacidade da fábrica. A tabela 2 apresenta os valores de capacidade teórica instalada em cada uma das etapas de produção, que

é a soma das capacidades de cada máquina pertencentes a mesma etapa do processo. Entretanto, analisar a capacidade produtiva baseado apenas em valores absolutamente teóricos de ciclo de máquinas e tempo total do equipamento mostrou-se frágil, pois nelas não estão computadas as ineficiências inerentes a um processo produtivo.

Tabela 2: Capacidade Teórica Instalada

Etapa	Capacidade Teórica Instalada (un./dia)
1	3453
2	3253
3	2695
4	2711

Fonte: Elaborado pelos autores

Dessa forma, buscou-se um indicador de eficiência, para junto à capacidade produtiva teórica, efetuar os cálculos de capacidade efetiva da planta e encontrar o processo que limita os *outputs* do sistema. A empresa utiliza-se do OEE como indicador de eficiência de equipamentos. Assim, buscando uma melhora da qualidade da informação para a etapa de identificação do gargalo produtivo, efetuou-se o cálculo da capacidade produtiva efetiva. Esse cálculo foi feito multiplicando-se o OEE de cada equipamento pela sua respectiva capacidade teórica. Na etapa 1, como cada uma das duas máquinas produzem diferentes partes para serem montadas, foi considerada como capacidade efetiva o menor valor encontrado. Já nas etapas 2, 3 e 4, os valores de capacidade efetiva encontrados em cada uma das máquinas foram somados, por estarem dispostos paralelamente dentro de cada etapa do sistema. A tabela 3 apresenta os valores obtidos através da capacidade teórica e da OEE dos equipamentos, permanecendo a etapa 3 como gargalo da capacidade da fábrica e com uma capacidade 15,8% menor que a capacidade teórica instalada.

Tabela 3: Capacidade Produtiva (OEE)

Etapa	Capacidade Efetiva (Teórica X OEE)
1	2652
2	2410
3	2269
4	2514

Fonte: Elaborado pelos autores

Apesar de haver o refinamento da informação com a utilização do OEE, os valores obtidos apresentam-se pouco confiáveis, pois esse indicador não apresenta interconexão entre os processos, ou seja, não mostra como as saídas de um processo afetam as entradas do outro.

Assim, para fazer a determinação do gargalo, usou-se o OTE, um indicador que tem por objetivo mostrar as relações entre os equipamentos nas diferentes etapas do processo. Isso é obtido através da identificação de diferentes subsistemas que compõem o processo, da qualidade de cada subsistema e também, porque se utiliza do conceito de OEE teórico de cada equipamento. No OEE teórico, ocorre a subtração das perdas oriundas da etapa antecessora no processo e que impactam diretamente no valor do indicador, no caso, as perdas por falta de materiais para serem processados.

Assim, seguiu-se a metodologia proposta pelo indicador, calculando primeiramente o OEE teórico de todos os equipamentos do processo. Em seguida foram identificados os subsistemas que compõem o processo: o primeiro S1, composto por M1 e M2, o segundo S2, composto por M3 até M13, o terceiro S3, composto por M14 à M19, e por fim S4, composto por M20 e M21. Todos os subsistemas apresentam as máquinas em paralelo e formam um grande sistema em série. A Figura 2 mostra a disposição dos equipamentos segundo o *layout* da planta e os subsistemas identificados.

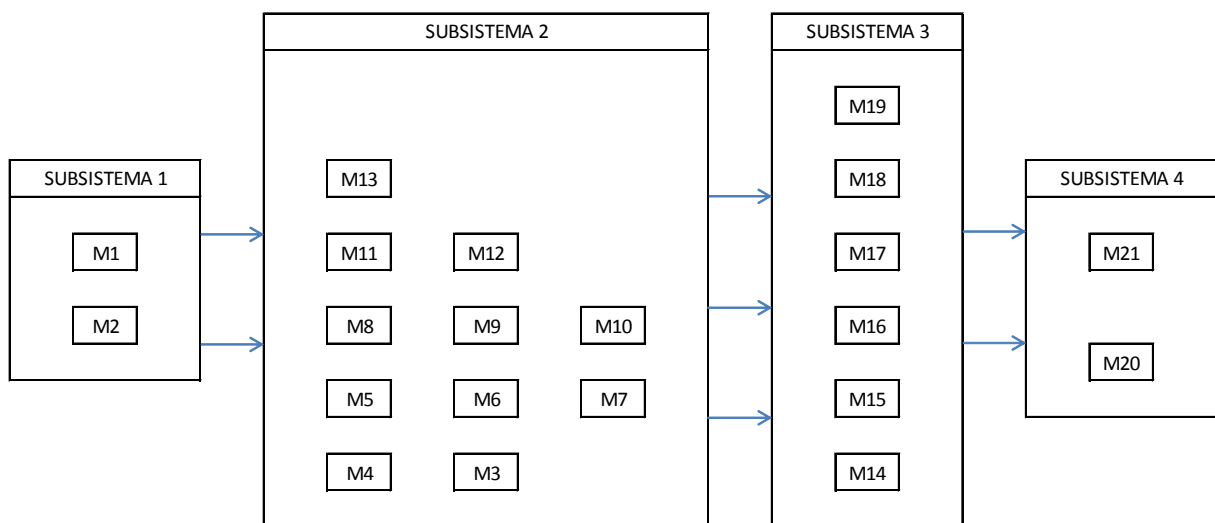


Figura 3: Ilustração dos subsistemas identificados

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a identificação dos subsistemas, procedeu-se com o cálculo do OTE de cada um deles. Esses cálculos foram efetuados utilizando as fórmulas presentes na Tabela 1 através do OEE teórico e da taxa de processamento (pç/min.), que é o tempo de ciclo teórico em minutos dividido por 1, o que representa quantas peças do produto podem ser processadas durante um minuto. Tanto os dados de OEE teórico, como as taxas de processamento dos equipamentos estão presentes no Anexo 1 deste trabalho. Conhecendo-se o

OTE de cada um dos subsistemas, o sistema fica reduzido a um processo em série e passível de identificação do subsistema gargalo. Para o cálculo do indicador de gargalo foi utilizado a fórmula para configuração em série da Tabela 1, substituindo o termo OEE pelo valor de OTE de cada subsistema encontrado. A Tabela 4 trás os resultados dos OTE's de cada subsistema, assim como do indicador de gargalo. Os subsistemas S1, S2, S3 e S4 dessa tabela são análogos as etapas 1, 2, 3 e 4 das tabelas anteriores.

Tabela 4: OTE e Indicador de Gargalo

Subsistema	Tx proces.	Subsistema (pç/min.)	OTE	Qeff	Indicador de Gargalo
S1		2,4	0,8175	0,9899	1,9422
S2		2,2587	0,7412	0,9899	1,6405
S3		1,8717	0,9049	0,9923	1,6469
S4		1,9826	0,9605	1	1,8516

Fonte: Elaborado pelos autores

Observando a Tabela 4, na coluna indicador de gargalo, encontramos o subsistema S2, que faz referência ao processo de confecção de carcaças, como o de menor valor. Esse menor valor indica que esse processo é responsável por limitar a capacidade do processo produtivo, ou seja, representa o gargalo. Esse resultado é contrário ao previamente indicado pelos gestores, que apontavam o terceiro subsistema (vulcanização) como o responsável pela restrição de capacidade. O indicador de gargalo representa a taxa de processamento efetivo da planta e por consequência define sua capacidade produtiva real através do nível de eficiência do subsistema que limita a capacidade. Logo, utilizando o valor do indicador de gargalo (1,6405) e multiplicando pelo tempo total de minutos do dia (1440), uma vez que a planta opera 24 horas/dia e essa base de tempo foi utilizada para a definição das outras capacidades apresentadas no trabalho, temos uma capacidade real de 2362 pç/dia. Esse número representa um aumento de 4,1% em relação a capacidade considerada real pelo cálculo do indicador OEE. Podemos concluir que além de indicar de maneira consistente o gargalo de produção, etapa crucial processo de gerenciamento por restrições, o indicador também contribuiu para indicar uma capacidade “escondida” pela ineficiência do processo. O que o OTE evidencia, é que mesmo que um processo não seja o gargalo pela sua capacidade teórica instalada, ele pode tornar-se o gargalo devido ao seu nível de eficiência. Assim os *outputs* da planta serão limitados pela pior etapa do processo.

Com a definição do subsistema gargalo, passa-se para o segundo passo do processo de focalização da TOC, onde a restrição deve ser explorada, ou seja, a partir da identificação das perdas que afetam a eficiência deve-se atuar para que o subsistema gargalo atinja o nível máximo de utilização. No caso estudado serão apenas citadas as perdas identificadas e que devem ser atacadas para a elevação da restrição, pois esta e as etapas subsequentes levariam um tempo maior que o disponível para a execução do trabalho. Dentre o que pode ser feito encaixa-se a definição de um mix de produção adequado, eliminando *setups* desnecessários, e uma revisão no que tange a paradas para refeições, onde um sistema de rodízio de operadores poderia ser implementado a fim de utilizar o máximo de tempo disponível para a produção.

No terceiro passo busca-se a subordinação dos recursos anteriores ao gargalo, ou seja, nessa etapa é crucial que não haja falta de material no processo gargalo, pois as perdas experimentadas nesse processo afetam o sistema inteiro. O subsistema S1 deveria trabalhar em função do gargalo, inclusive elevando os níveis de estoque a fim de que nenhuma oscilação afete a capacidade dele, pois afetaria a capacidade do sistema como um todo.

Devido à pequena diferença encontrada entre os indicadores de gargalo do subsistema S2 e S3, o quarto passo certamente não seria necessário, uma vez que o gargalo seria transferido para o gargalo de fato, ou gargalo da capacidade instalada, através das pequenas melhorias efetuadas nas etapas anteriores do processo de focalização em cinco passos. Assim, com a quebra da restrição uma nova restrição irá surgir (subsistema 3) e o método deve ser retomado, consolidando o processo de melhoria contínua.

5. Conclusões

As dificuldades encontradas no gerenciamento da capacidade produtiva, assim como na mensuração da capacidade real dos sistemas de manufatura são notórias e estão presentes em praticamente todos os tipos de sistema produtivos. Portanto, este trabalho propôs a utilização de uma abordagem para a gestão da capacidade baseada no gerenciamento por restrições proposto por Goldratt e em um indicador que revelasse o real nível de eficiência do sistema e de sua capacidade, o OTE (*Overall Factory Effectiveness*).

Dessa forma foi desenvolvido um estudo de caso em uma empresa produtora de pneus que se encaixa no panorama acima citado. Através de informações oriundas de entrevistas e de observações por parte dos autores foi possível entender o funcionamento do processo, assim como as técnicas de gestão adotadas para o gerenciamento da capacidade. De posse das informações e dos dados coletados foi iniciada a aplicação da metodologia de focalização da

TOC buscando-se os recursos que limitavam a capacidade do sistema. Sendo a etapa de identificação de gargalos crucial para o sucesso do método, se fazia necessário um indicador confiável para essa atividade. Como o indicador utilizado pela empresa (OEE) se mostrou frágil no que tange a representação das interconexões existentes entre os recursos, buscou-se um indicador que suprisse essa necessidade (OTE).

A partir dessa integração foi possível obter uma informação mais qualificada a respeito da capacidade produtiva, identificando recursos que limitavam a capacidade real não por sua capacidade instalada, mas pelo nível de eficiência que estes impunham ao sistema, assim como a descoberta de capacidades “escondidas” pela utilização da conceituação de OEE teórica descrita no método. O foco do trabalho recaiu sobre a detecção de gargalo, por ela se constituir na etapa mais importante do método, uma vez que a restrição não seja identificada da maneira correta, os esforços de melhoria serão direcionados a partes do sistema que trarão pouco retorno por sua capacidade estar sendo limitada por outros recursos. Uma limitação deste trabalho reside no fato de o método de focalização não ter sido aplicado por inteiro, uma vez que não houve tempo hábil e nem permissão por parte da empresa para tal.

Referências

- ANTUNES JR., J.A.V **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção:** uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e a teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. Tese (Doutorado em Administração de Empresas)-Programa de Pós-Graduação em Administração da UFRGS, Porto Alegre, RS, 1998.
- ANTUNES JR., J.A.V et al. Modelo de Gerenciamento da capacidade produtiva: Integrando Teoria das Restrições e o Índice Global de Rendimento Operacional Global (IROG). **Revista Produção On line**, v.12, n. 3, p. 806-826, 2012.
- BAMBER, C. J. et al. **Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE)**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 9, n. 3, p. 223-238, 2003. <http://dx.doi.org/10.1108/13552510310493684>
- BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) - an integrated approach to assess systems performance. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 1, p. 8-29, 2009. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380910925389>
- BUSSO, Christianne Matias; MIYAKE, Dario Ikuo. **Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica.** Prod., São Paulo, 2012 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132012005000068&lng=en&nrm=iso>. access on 15 May 2013. Epub Oct 02, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000068>.
- CARVALHO L., **Indicadores de desempenho gerencial.** 1995. Apostila (Projeto Gestão Empresarial e Qualidade) – Serviço Nacional da Indústria (SENAI), Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERSGS), Porto Alegre.
- CORBETT, T. (1998), Throughput Accounting, North River Press, Great Barrington, MA.

COX, J.; SPENCER, M. **Manual da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

FLEISCHER, J.; WEISMANN, U.; NIGGESCHMIDT, S. **Calculation and optimisation model for costs and effects of availability relevant service elements**. In: CIRP INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ENGINEERING, 13., 2006, Leuven. Proceedings... Leuven, 2006. p. 675-680. Disponível em: <<http://www.mech.kuleuven.be/lce2006/154.pdf>>. Acesso em: 09 abril 2013.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

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

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta**. São Paulo: Nobel, 2003.

HAYES, R. PISANO, G.; UPTON, D.; WHELLWRIGHT, S. **Produção, estratégia e tecnologia: em busca da vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HUANG, S.H., Dismukes, J.P., Shi, J., Su, Q., Razzak, M.A., Bodhale, R. and Robinson, D.E. (2003), "Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis", *International Journal of Production Research*, Vol. 41 No. 3, pp. 513-27.

JEONG, K. Y.; PHILLIPS, D. T. Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 21, n. 11, p. 1404-1416, 2001. <http://dx.doi.org/10.1108/EUM000000006223>

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 19, n. 1, p. 55-78, 1999. <http://dx.doi.org/10.1108/01443579910244223>

KAYDOS, W.J. (1999), *Operational Performance Measurement: Increasing Total Productivity*, CRC Press, Boca Raton, FL.

LJUNGBERG, O. **Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities**. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 18, n. 5, p. 495-507, 1998. <http://dx.doi.org/10.1108/01443579810206334>

MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S. J. The performance of the theory of constraints methodology: analysis and discussion of successful TOC applications. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 6, p. 568-595, 2003.

MATHUR, A.; DANGAYACH, G.S.; MITTAL, M.L.; SHARMA, M. K. Performance measurement in automated manufacturing. **Measuring Business Excellence**, v. 15 n. 1, p. 77 – 91, 2011.

MIRANDA, Luiz C.; SILVA José D.G. Medição de desempenho. In: SCHMIDT, Paulo (Org). **Controladoria: agregando valor para a empresa**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 262 p. cap. 7, p.131-153

MISHRA, N. et al. Hybrid tabu-simulated annealing based approach to solve multi-constraint product mix decision problem. **Expert Systems with Applications**, v. 29, p. 446-454, 2005.

MUTHIAH, K. M. N.; HUANG, S. H. **Overall Throughput Effectiveness (OTE) metric for factory-level performance monitoring and bottleneck detection**. *International Journal of Production Research*, v. 45, n. 20, p. 4753-4769, 2007. <http://dx.doi.org/10.1080/00207540600786731>

MUTHIAH, K. M. N.; HUANG, S. H.; MAHADEVAN, S. **Automating factory performance diagnostics using overall throughput effectiveness (OTE) metric**. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 36, n. 7-8, p. 811-824, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-006-0891-x>

NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance - TPM**. Cambridge: Productivity Press, 1989.

OECHSNER, R. et al. From overall equipment effectiveness to overall Fab effectiveness (OFE). **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 5, n. 4-5, p. 333-339, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S1369-8001\(03\)00011-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1369-8001(03)00011-8)

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 3ª. Ed. – 7. Reimpr. – São Paulo : Atlas, 2012.

RON, A. J.; ROODA, J. E. **Equipment effectiveness: OEE revisited**. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, v. 18, n. 1, p. 190-196, 2005. [http:// dx.doi.org/10.1109/TSM.2004.836657](http://dx.doi.org/10.1109/TSM.2004.836657)

SCHRAGENHEIM, E. M.; DETTMER, H. W. **Manufacturing at Warp Speed**. Boca Raton: St. Lucie Press, 2001.

SCHRAGENHEIM, E. M.; DETTMER, H. W.; PATTERSON, J. W. **Supply chain management at warp speed**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2009.

SCOTT, D. ; PISA, R. Can overall factory effectiveness prolong moore's law? **Solid StateTechnology**, v. 41, n. 3, p. 75-82, 1998.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SMITH, D. (2000), *The Measurement Nightmare: How the Theory of Constraints Can Resolve Conflicting Strategies*, APICS Series on Constraints Management, St Lucie Press, Boca Raton, FL.

YIN, R K. The case study crisis: some answers. *Administrative Science Quartely*, Cornell University, v. 26, Mar. 1981.

Anexo 1: Dados Utilizados no cálculo de OTE

Máquina	Taxa Process. (pç/min)	OEE	Perdas Subtraídas	OEE Teórico
M1	2,400	0,7680	0,0495	0,8175
M2	2,900	0,6890	0,0560	0,7450
M3	0,219	0,8650	0,0245	0,8895
M4	0,219	0,7460	0,0210	0,7670
M5	0,132	0,7500	0,0267	0,7767
M6	0,132	0,7570	0,0313	0,7883
M7	0,132	0,8190	0,0228	0,8418
M8	0,132	0,7250	0,0208	0,7458
M9	0,132	0,7870	0,0198	0,8068
M10	0,132	0,8140	0,0238	0,8378
M11	0,342	0,6220	0,0253	0,6473
M12	0,342	0,5960	0,0314	0,6274
M13	0,342	0,6750	0,0276	0,7026
M14	0,344	0,8780	0,0529	0,9309
M15	0,344	0,8810	0,0405	0,9215
M16	0,344	0,8850	0,0361	0,9211
M17	0,344	0,8350	0,0542	0,8892
M18	0,344	0,8650	0,0437	0,9087
M19	0,153	0,7090	0,0899	0,7989
M20	0,991	0,9340	0,0305	0,9645
M21	0,991	0,9209	0,0355	0,9564