

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

CIÊNCIAS ECONÔMICAS

MBA EM GESTÃO EMPRESARIAL

RODRIGO LAMBERTY DA SILVA

PROPOSIÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL
GLOBAL NO SETOR DE USINAGEM EM EMPRESA METALÚRGICA

São Leopoldo

2011

RODRIGO LAMBERTY DA SILVA

PROPOSIÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL
GLOBAL NO SETOR DE USINAGEM EM EMPRESA METALÚRGICA

Monografia apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos, como requisito parcial para obtenção do título de MBA em Gestão Empresarial.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Pinto Leis

São Leopoldo

2011

RESUMO

A competição entre empresas tem aumentado nos mercados internacional e nacional, onde direciona as empresas para a busca de mais eficiência nas operações e nos processos de gestão. Por esse motivo, a medição da eficiência vem se tornando um indicador essencial para as empresas conseguirem atingir a suas metas, objetivando o maior lucro possível. O presente trabalho tem o objetivo de desenvolver a análise do índice de rendimento operacional global (IROG) em equipamentos de usinagem de produtos forjados, sendo realizada a mensuração da TEEP (Produtividade Efetiva Total do Equipamento). Os recursos em estudo são classificados como gargalo produtivo, que através do gerenciamento desse indicador, é possível maximizar o uso dos recursos produtivos da empresa, identificando as principais causas de ineficiências das restrições, podendo auxiliar na tomada de decisão para a melhoria contínua. Inicia-se o trabalho mapeando o fluxo do processo, apresentando um histórico de eficiência, e a partir dessas informações, poder apresentar uma proposta de plano de melhorias para o aumento da eficiência global dos equipamentos.

Palavras Chave: IROG. TEEP. Melhoria Contínua.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de Velocidade de Operação do Recurso ao Longo do Tempo	18
Figura 2: Estrutura da Produção	25
Figura 3: Ciclo PDCA	30
Figura 4: Método 5W1H	31
Figura 5: Participação de Vendas de produtos para clientes externos.....	36
Figura 6: Organograma Funcional.....	37
Figura 7: Mapa de Interação entre os processos	37
Figura 8: Fluxograma dos Processos de Produção	40
Figura 9: Fluxograma do Processo de Usinagem	41
Figura 10: Produção Mensal em Unidades.....	43
Figura 11: <i>Layout</i> Produtivo.....	44
Figura 12: Mapa de Fluxo dos Processos	45
Figura 13: Gráfico da Média da Eficiência Global / TEEP	49
Figura 14: Gráfico da Média do Índice de Tempo Operacional / ITO	49
Figura 15: Gráfico da Média do Índice de Produtos Aprovados / IPA	50
Figura 16: Gráfico da Média do Índice de Performance Operacional / IPO	50
Figura 17: Gráfico Total de Paradas Não Programadas (Março)	52
Figura 18: Gráfico Total de Paradas Não Programadas (Abril)	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tempos Operacionais	43
Quadro 2: Tipos de Paradas de Usinagem.....	46
Quadro 3: Diário de Bordo	47
Quadro 4: Controle de rejeições (Sucata e retrabalho).....	47
Quadro 5: Código de Causas e Defeitos.....	48
Quadro 6: Capacidade de Produção × Demanda (Março).....	51
Quadro 7: Capacidade de Produção × Demanda (Abril).....	51
Quadro 8: Plano de Ação.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS

STP: Sistema Toyota de Produção

CNC: Comando Numérico Computadorizado

LT: Lead Time

TC: Tempo de Ciclo

TR: Tempo de Troca

HSC: *High Speed Cutting*

CAD/CAM: *Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*

PCP: Planejamento e Controle de Produção

IROG: Índice de Rendimento Operacional Global

CCR: Recurso com Capacidade Restrita

OEE: Rendimento Operacional Global

TEEP: Produtividade Efetiva Total do Equipamento

MPT: Manutenção Produtiva Total

ITO: Índice do Tempo Operacional

IPO: Índice de Performance Operacional

IPA: Índice de Produtos Aprovados

RPQ: Recursos com Problemas de Qualidade

GPT: Gestão dos Postos de Trabalho

TRF: Troca Rápida de Ferramentas

OTED: Troca de Ferramentas em um Único Toque

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 JUSTIFICATIVA	11
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 GESTÃO DOS POSTOS DE TRABALHO	13
2.1.1 Cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global	16
2.1.1.1 Índice de Tempo Operacional (ITO)	19
2.1.1.2 Índice de Performance Operacional (IPO)	20
2.1.1.3 Índice de Produtos Aprovados (IPA)	20
2.2 RESTRIÇÕES DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO	21
2.2.1 Teoria das Restrições	21
2.2.2 Gargalos	23
2.2.3 Recursos com Capacidade Restrita (CCRs)	23
2.3 MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO	24
2.3.1 Desperdícios na Produção	25
2.3.2 Setup	27
2.3.3 Manutenção Produtiva Total (MPT)	28
2.4 MELHORIA	29
2.4.1 PDCA	30
2.4.2 5W1H	31

3. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	32
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	32
3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA E POPULAÇÃO ALVO	33
3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	33
3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS	34
3.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO E ESTUDO.....	34
4. O ESTUDO DE CASO	35
4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	35
4.2 DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS	38
4.3 APRESENTAÇÃO DO PROCESSO EM ESTUDO.....	40
4.3.1 Coleta de Dados	46
4.3.2 Cálculo do IROG	48
4.3.3 Análise do IROG.....	51
4.3.4 Plano de Ação.....	53
5. CONCLUSÃO.....	56
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	57
REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado industrial vem sofrendo constantes alterações, não somente tecnológicas, mas em relação à gestão organizacional. Como hoje, o mercado globalizado é quem determina o preço dos produtos, as empresas que não tiverem um preço competitivo estarão fora mercado. A competitividade do mercado determinou uma exigência global para as empresas se tornarem cada vez mais enxutas e eficientes.

Para se ter um preço a um patamar competitivo, temos que possuir um processo enxuto e eficiente, sem desperdícios durante todo o atravessamento do produto, visando diminuir cada vez mais o tempo entre o pedido e a entrega de um produto, podendo assim ser mais flexível para absorver oscilações do mercado. Além desses objetivos as organizações devem ter um indicador de mensuração real de seus recursos, pois só assim ela poderá ter condições confiáveis na tomada de decisão.

O indicador IROG surgiu para administrar as seis grandes perdas da manutenção produtiva total de uma instalação, as quais são: quebra de equipamento, ajuste e preparação de linha, operação a vazio e micro falhas, queda de velocidade, geração de produtos defeituosos e finalmente a entrada em regime de processo. Segundo Nakajima (1988), para os cálculos de eficiência produtiva das máquinas, um valor ideal é em média de 85%, para empresas de classe mundial. Sendo este índice de extrema importância, como forma de gestão, principalmente quando se fala de um gargalo de produção, ou seja, o limitante da produção.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Esta monografia aborda a análise do índice de rendimento operacional global de um grupo de equipamentos do setor de usinagem de peças forjadas da empresa Forjas Taurus. Essa abordagem revela a importância de ter uma eficiência satisfatória no processo para sobrevivência no mercado.

Os sistemas de produção devem ser geridos visando alcançar a meta de gerar dinheiro hoje e sempre (GOLDRATT e COX, 1997).

Maiores lucros líquidos podem ser gerados sem nenhuma mudança na capacidade ou no tempo programado para produção em um recurso gargalo (HANSEN, 2006).

Diante destas afirmações, o presente trabalho visa mostrar a situação existente na organização, onde a mesma apresenta uma baixa eficiência global de um grupo de equipamentos, que se encontra como gargalo de produção, esse problema interfere diretamente nos ganhos da organização.

A pesquisa teve em vista a seguinte pergunta:

Quais as principais ineficiências encontradas nos equipamentos relacionados da empresa em estudo e quais ações de melhoria poderão ser sugeridas para o aumento da eficiência global dos recursos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor a implantação do IROG em um grupo de recursos críticos, a fim de demonstrar o potencial da metodologia para o aumento da eficiência, destacando as ações a serem feitas pela empresa para a sua efetiva utilização.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Calcular o IROG e seus índices relacionados à disponibilidade, performance e qualidade;
- Identificar as principais ineficiências dos recursos;
- Propor um plano de ações de melhoria para o aumento da eficiência real dos recursos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A justificativa para realização deste trabalho é consolidar conhecimentos gerados pela Universidade para a sua aplicação na prática, no meio industrial, obtendo com a pesquisa uma consolidação dos conhecimentos adquiridos no curso e a geração de novos conhecimentos com a vivência na prática.

A elevada concorrência entre as empresas fez com que o mercado determinasse o preço dos produtos, sendo assim, as empresas que não tiverem um processo de produção competitivo estarão fora do mercado. A partir dessa afirmação, é essencial conhecer o real rendimento dos recursos, para assim aumentar a produtividade de recursos críticos já existentes na empresa, evitando novos investimentos em equipamentos.

Para a criação de uma cultura de melhoria contínua a nível de chão de fábrica. Bem como, a obtenção de um nível de planejamento e programação da produção, considerando o IROG nos processos, ao invés das eficiências teóricas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo eles: Introdução, fundamentação teórica, métodos e procedimentos, estudo de caso e conclusão.

O primeiro capítulo aborda a introdução do assunto, definição do problema, os objetivos do trabalho, a justificativa e a estrutura.

O segundo capítulo apresenta toda a fundamentação teórica, assuntos que são fundamentais para o esclarecimento do assunto.

No terceiro capítulo são apresentados os métodos e procedimentos utilizados na pesquisa, apontando a área, os envolvidos, a coleta, a análise e a delimitação do trabalho.

No quarto capítulo é desenvolvido o estudo de caso, mostrando a situação atual do processo, bem como sua análise. Apresentando um plano de ações de melhorias para o aumento da eficiência.

No quinto capítulo são apresentadas as considerações finais, bem como as recomendações para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, serão abordados os principais conceitos sobre gestão dos postos de trabalho, índice de rendimento operacional global, restrições dos sistemas de produção, mecanismo da função produção, desperdícios, *setup*, manutenção produtiva total e melhoria contínua, assuntos que são fundamentais para o esclarecimento do contexto do trabalho.

2.1 GESTÃO DOS POSTOS DE TRABALHO

A gestão dos postos de trabalho (GPT) tem como objetivo a otimização dos ativos da empresa, a qual reduz as perdas relacionadas com o posto de trabalho. Segundo Antunes (2008), a abordagem GPT objetiva:

- focalizar as ações de gestão das rotinas e melhorias nos pontos críticos do sistema, que são os gargalos, os recursos com capacidade restrita (CCRs) e os recursos que apresentam problemas relacionados com qualidade, com geração de refugos e retrabalhos (RPQs);
- utilizar um medidor de eficiência global nesses postos de trabalho, que permita e estimule a integração entre as diferentes áreas: produção, qualidade, manutenção, processo, melhorias de troca de ferramentas e afins;
- identificar as principais causas de ineficiência dos equipamentos;

- levando em consideração os indicadores, avaliar os postos de trabalho críticos e realizar planos de melhorias sistêmicos, unificados e voltados aos resultados globais da empresa. Isso através da utilização de técnicas estabelecidas pelo STP, aumentando de forma significativa e com baixos investimentos as eficiências globais dos equipamentos, e reduzindo, simultaneamente, os tempos de preparação, o que possibilita aumentar a flexibilidade da produção para atender às necessidades do mercado.

No entender de Antunes (2008), a estrutura lógica de funcionamento da abordagem GPT está fundamentada em cinco elementos:

1) Entradas no Sistema:

As Entradas do Sistema são representadas pelo conjunto de Postos de Trabalho selecionados para serem tratados de maneira distinta. Esses recursos consistem nos Gargalos, CCRs e RPQs do sistema produtivo, sobre os quais devemos obter informações sobre:

- demanda e capacidade de produção provenientes do Planejamento, Programação e Controle da produção e Materiais – PPCPM;
- informações da realidade global do sistema proveniente dos programadores da produção;
- informações oriundas dos supervisores da fábrica e dos profissionais que atuam no chão de fábrica;
- informações provenientes dos analistas de qualidade para a definição dos Postos de Trabalho com problemas de qualidade.

2) Processamento propriamente dito:

O processamento visa à definição dos postos de trabalho críticos, consistindo em um método de gestão da rotina e da melhoria dos mesmos. O método proposto não sugere uma inovação gerencial radical, mas reordenação e reconceituação das práticas já existentes em três sentidos básicos:

- visão sistêmica da fábrica como um todo: implica a subordinação da utilização dos recursos de melhorias dos postos de trabalho em determinados locais da organização;
- integrada/unificada: na medida em que as ações nesses postos de trabalho devem ser feitas de forma conjunta entre os profissionais multidisciplinares envolvidos no tema;
- voltada aos resultados: melhorias nos indicadores desses postos de trabalho específicos devem levar à melhoria dos resultados econômico-financeiros gerais da empresa.

3) Saídas do sistema:

As saídas do Sistema permitem direcionar o gerenciamento das restrições para as atividades de rotinas e para a realização de Melhorias na Empresa. Os resultados gerados a partir desse direcionamento fornecem informações gerenciais relevantes para os pontos estratégicos da Organização.

4) Treinamento:

O Treinamento possibilita a implantação e divulgação ampla da abordagem GPT, sendo necessário capacitar todos os envolvidos no processo, desde atividades de preenchimento correto do Diário de Bordo até o entendimento da lógica geral da GPT.

5) Gestão do sistema:

A Gestão do Sistema acontece através da realização de reuniões periódicas, específicas, como reuniões entre os gerentes e supervisores de produção com a equipe de trabalho envolvida, reuniões com a Gerência Industrial para apresentação e discussão dos resultados.

2.1.1 Cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global

Segundo Antunes (2008), em uma empresa industrial, a capacidade de um determinado equipamento representa a oferta de tempo disponível para a execução da produção, encontrando-se relacionada à função operação. Esta capacidade, em unidades de tempo, pode ser genericamente representada pela Equação 1:

$$C : T \times \mu_g \quad (1)$$

Onde:

C: capacidade do equipamento (t);

T: Tempo total disponível para a produção;

μ_g : Índice de rendimento operacional global do equipamento.

A idéia de eficiência dos equipamentos surgiu no desenvolvimento da MPT, sendo desenvolvida por Nakajima (1988). Na sequência, serão apresentadas as equações necessárias para o cálculo das eficiências adaptadas ao posto de trabalho.

Segundo Antunes (2008), o índice de rendimento operacional global do equipamento representa a razão entre o tempo de valor agregado, em termos de peças ou produtos, pelo tempo total para se realizar a produção no equipamento.

Segundo Nakajima (1988), a Equação 2 apresenta a fórmula do cálculo do IROG dos postos de trabalho:

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{T} \quad (2)$$

Onde:

tp : tempo de ciclo ou tempo padrão de um produto x;

q : quantidade do produto x ;

T : tempo disponível.

O IROG não deve ser calculado da mesma forma para todos os postos de trabalho, uma vez que o tempo disponível T , a ser considerado na fórmula, depende do posto de trabalho ser ou não um recurso restritivo no fluxo de operação. O cálculo do IROG é feito considerando:

Se o recurso for considerado gargalo, ou seja, recurso crítico no sistema produtivo, torna-se necessário considerar a chamada produtividade total efetiva do equipamento, ou na terminologia inglesa TEEP (*Total Effective Equipment Productivity*). Nesse caso, a idéia central é que o tempo total disponível para um recurso crítico seja o tempo total passível de ser alocado para o equipamento. Dessa forma, é possível afirmar que não deve ser excluído nenhum tipo de parada programada (ANTUNES, 2008).

Se o recurso for considerado não crítico no sistema de produção, torna-se necessário considerar a chamada eficiência global do equipamento ou, na terminologia inglesa, OEE (*Overall Equipment Efficiency*). Para os equipamentos ou recursos não críticos, o tempo total disponível é calculado subtraindo-se o tempo total das chamadas paradas programadas (ANTUNES, 2008).

Para Hansen (2006), a abordagem OEE não considera as paradas planejadas, considerando que a TEEP destaca as atividades necessárias exigidas quando não há planejamento para produzir. A abordagem TEEP classifica todos os eventos durante todo o tempo calendário, de modo que essa é à medida que deve ser utilizada quando você planeja um negócio que requer mais capacidade ou aumento de capital.

A OEE mede a efetividade das programações de produção planejadas, a TEEP mede a efetividade total do equipamento em relação a cada minuto do relógio, ou seja, em relação ao tempo calendário (HANSEN, 2006).

Os valores da TEEP podem ser utilizados para avaliar o potencial de capacidade de qualquer instalação industrial. A TEEP pode ser um bom indicador da capacidade que ainda está disponível em um ativo existente (HANSEN, 2006).

Uma hora ganha num recurso gargalo é uma hora ganha para o sistema global (CORRÊA e CORRÊA, 2009).

A produtividade horária determina a quantidade de peças produzidas em um determinado posto de trabalho durante o período de uma hora. A questão importante acerca da produtividade horária consiste no fato de que esta indica a quantidade que deveria ser produzida em uma hora, com eficiência de produção de 100%. A capacidade real do posto de trabalho consiste no fator entre a produtividade horária e a eficiência global do recurso, ou seja, o IROG (KLIPPEL, 2004). Dificilmente o recurso costuma funcionar com 100% de eficiência. A Figura 1 mostra um exemplo de paradas que acontecem durante o turno de trabalho. Assim, pode-se observar que o cálculo da eficiência do recurso crítico é de extrema importância, pois através deste pode-se chegar à percepção da real capacidade do gargalo, e conseqüentemente, da fábrica.

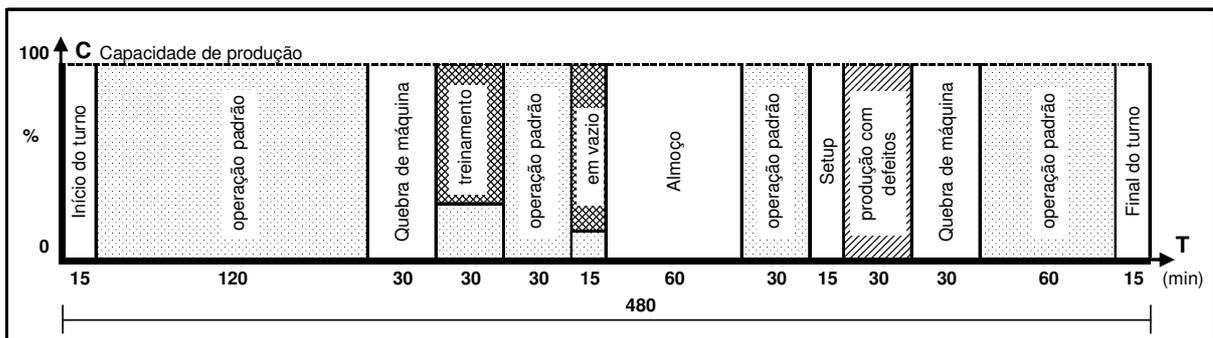


Figura 1: Exemplo de Velocidade de Operação do Recurso ao Longo do Tempo

Fonte: Klippel (2004)

Conforme Klippel (2004), as ordenadas correspondem ao percentual de velocidade que um determinado recurso está operando, sendo o valor de 100% correspondente a uma operação padrão, e o valor 0% corresponde ao recurso parado. Nas abscissas são registrados os tempos correspondentes aos diversos eventos ocorridos durante um período de operação do recurso. No período considerado, verifica-se que nos tempos registrados como operação padrão, o recurso operou normalmente. A soma destes tempos corresponde ao tempo de valor agregado.

A Equação 3 apresenta o cálculo do IROG, também pode ser expressa, em função dos seguintes índices de eficiência (NAKAJIMA, 1988):

$$\mu_{global} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (3)$$

Onde:

μ_1 : Índice de Tempo Operacional – ITO;

μ_2 : Índice de Performance Operacional – IPO;

μ_3 : Índice de Produtos Aprovados – IPA.

2.1.1.1 Índice de Tempo Operacional (ITO)

O ITO corresponde ao tempo em que o equipamento ficou disponível, excluindo-se as paradas não programadas. É relacionando, portanto, com a paralisação do equipamento, isto é, quando a velocidade do mesmo cai a zero, sendo calculado pela seguinte Equação (4):

$$\mu_1 = \frac{\text{TempoTotal} - \sum \text{TempoParadasN\~{a}o Programadas}}{\text{TempoTotal}} \quad (4)$$

Onde:

Tempo Total: corresponde ao tempo total programado (tempo disponível);

Tempo Paradas Não Programadas: corresponde ao somatório do tempo de paradas com *setups*, ajustes de máquina, manutenção corretiva, falta de matéria-prima e etc.

Quanto menor for o valor do ITO, maior será o potencial de aumento de utilização do equipamento ou posto de trabalho, pois um baixo valor indica que o equipamento sofreu muitas paradas não programadas.

2.1.1.2 Índice de Performance Operacional (IPO)

O IPO corresponde à performance do recurso, sendo calculado em função do tempo disponível e à redução da velocidade do mesmo, operação em vazio e paradas momentâneas.

É relacionando, portanto, com a queda de velocidade do recurso, sendo calculado pela Equação 5:

$$\mu_2 = \frac{\text{TempoTotal} - \sum \text{QuedaVelocidade}}{\text{TempoTotal}} \quad (5)$$

Essas paradas são de difícil visualização. Devido a esse motivo, esse índice também pode ser calculado, a partir da Equação 5, anteriormente apresentada, ou como segue na Equação 6:

$$\mu_2 = \frac{\mu_{global}}{\mu_1 \times \mu_3} \quad (6)$$

Existem basicamente duas causas para que o IPO tenha um valor baixo:

- *causas técnicas*: Operação em vazio por falta de alimentação de peças, não ocorrendo nesse caso, agregação de valor. Portanto, se o tempo de ciclo aumentar, haverá uma consequente redução da velocidade de processamento;
- *falta de anotação no Diário de Bordo*: quando o operador não registra os motivos das paradas.

2.1.1.3 Índice de Produtos Aprovados (IPA)

O IPA está relacionando com a qualidade das peças produzidas, sendo calculado em função do tempo de operação real, excluindo o tempo gasto com refugo e/ou retrabalho, através da Equação 7:

$$\mu_3 = \frac{\text{Tempo}(\text{Operação Real}) - \sum \text{Tempo}(\text{Re fuga} + \text{Re trabalho})}{\text{Tempo}(\text{Operação Real})} \quad (7)$$

Onde:

Tempo Operação Real: Quantidade de produção real multiplicado pelo tempo real gasto.

O IPA também pode ser calculado, caso não sejam conhecidos os tempos da Equação 7 em função das quantidades produzidas, conformes e não conformes, pode-se utilizar a Equação 8:

$$\mu_3 = \frac{\sum \text{PeçasBoas Produzidas} - \sum \text{Peçasretrabalhadas / Re fugadas}}{\sum \text{PeçasBoas Produzidas}} \quad (8)$$

Como esse índice está relacionado com a qualidade, ele é de fácil visualização, visto que normalmente o equipamento é imediatamente paralisado após a constatação da fabricação de produtos defeituosos, para correção do defeito que está originando o retrabalho ou refugo.

2.2 RESTRIÇÕES DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Para compreender o comportamento da função processo, devemos apresentar os passos da teoria das restrições e diferenciar os dois tipos de recursos que restringem os fluxos de materiais nos sistemas produtivos: os gargalos e os recursos com capacidade restrita (CCRs) (ANTUNES, 2008).

2.2.1 Teoria das Restrições

Conforme Corrêa e Corrêa (2009), a abordagem OPT (*Optimized Production Technology*) considera que a manufatura deve contribuir com esse objetivo básico da atuação

sobre três elementos: aumentando o ganho, reduzindo os estoques e reduzindo as chamadas despesas operacionais.

Segundo a abordagem OPT:

- ganho: é a taxa segundo a qual o sistema gera ganho de dinheiro através da venda de produtos;
- estoque: quantificado pelo dinheiro que a empresa empregou nos bens que pretende vender;
- despesas operacionais: o dinheiro que o sistema gasta para transformar estoque em ganho.

Segundo Goldratt e Cox (1997), a teoria das restrições propõe que os sistemas produtivos sejam gerenciados a partir de seus gargalos, para que dessa forma se alcance a meta de uma empresa, que é “ganhar dinheiro hoje e no futuro”.

Para alcançar a meta, Goldratt e Cox (1997) propõem os seguintes passos:

- 1) localizar as restrições do sistema: identificar os recursos cuja capacidade produtiva restringe a capacidade do sistema em sua totalidade de atender a seu fluxo de vendas de produtos (CORRÊA e CORRÊA, 2009);
- 2) explorar as restrições: utilizar da melhor forma possível as restrições do sistema, sempre maximizando o ganho no gargalo (ANTUNES, 2008);
- 3) subordinar todas as demais decisões às restrições, os gargalos definem o fluxo de produção e os estoques, a ocupação dos recursos não-gargalos, entre outros (CORRÊA e CORRÊA, 2009);
- 4) elevar a capacidade das restrições: se a restrição for interna, consiste em aumentar a capacidade de produção do gargalo ou reduzir a demanda de tempo dos produtos. Se for externa, são necessárias ações diretamente vinculadas ao aumento da demanda no mercado ou políticas de preços (ANTUNES, 2008);

- 5) voltar ao passo um: identificar a próxima restrição do sistema (CORRÊA e CORRÊA, 2009).

2.2.2 Gargalos

Segundo Antunes (2008), os gargalos constituem nos recursos cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender às ordens demandadas pelo mercado, ou seja, são recursos cuja capacidade instalada é inferior à demanda do mercado no período de tempo, geralmente longo, considerado para análise. Caso existam vários recursos que possuem capacidade inferior à sua demanda, o gargalo principal será aquele recurso que se encontra com valores de déficit de capacidade mais negativos.

Os gargalos existentes na fábrica tendem a ser poucos e, muitas vezes, podem se reduzir a somente um por um período considerável de tempo (ANTUNES, 2008).

2.2.3 Recursos com Capacidade Restrita (CCRs)

Para Antunes (2008), os CCRs são aqueles recursos que, em média, têm capacidade superior à demanda necessária, mas que em função das variabilidades que ocorrem nos sistemas produtivos ou devido a variações significativas da demanda, podem conjuntamente apresentar restrições de capacidade, cujas causas podem ser: problemas relacionados com sequenciamento de produção, com manutenção, tempos de *setup*, fornecimento de matéria-prima e variabilidade e sazonalidade de demanda.

De acordo com Antunes (2008), os CCRs são diretamente relacionados às variabilidades nos sistemas produtivos e grandes variações de demanda que lhes são impostas. Portanto, necessitam ser geridos visando à eliminação sistemática dessas múltiplas fontes de variações, o que pode ser obtido através de ações, como:

- padronização das preparações;

- melhorias e padronização das ações da manutenção, visando a aumentar a confiabilidade dos equipamentos;
- garantia de formas eficazes de sincronização da produção;
- aumento da confiabilidade no fornecimento de peças;
- nivelamento de capacidade e demanda, antecipando ou postergando a produção de peças para alguns pedidos com data de entrega no período crítico.

2.3 MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO

A análise do processo examina o fluxo de material ou produto; a análise das operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador e pela máquina (SHINGO, 1996).

De acordo com Shingo (1996):

A produção é uma rede de processos e operações, onde o processo é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço; é a transformação da matéria-prima em componente semi-acabado e daí a produto acabado. Por seu turno, as operações podem ser visualizadas como o trabalho realizado para efetivar essa transformação, a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço (SHINGO, 1996).

Para realizar melhorias significativas no processo de produção, devemos distinguir o fluxo de produto (processo) do fluxo de trabalho (operação) e analisá-los separadamente. Embora o processo seja realizado através de uma série de operações apresentadas na Figura 2, é um equívoco colocá-los em um mesmo eixo de análise, porque isso reforça a hipótese errada de que a melhoria das operações individuais aumentará a eficiência global do fluxo de processo do qual elas são uma parte. As melhorias feitas na operação, sem que seja considerado seu impacto no processo podem, na realidade, produzir a eficiência global (SHINGO, 1996).

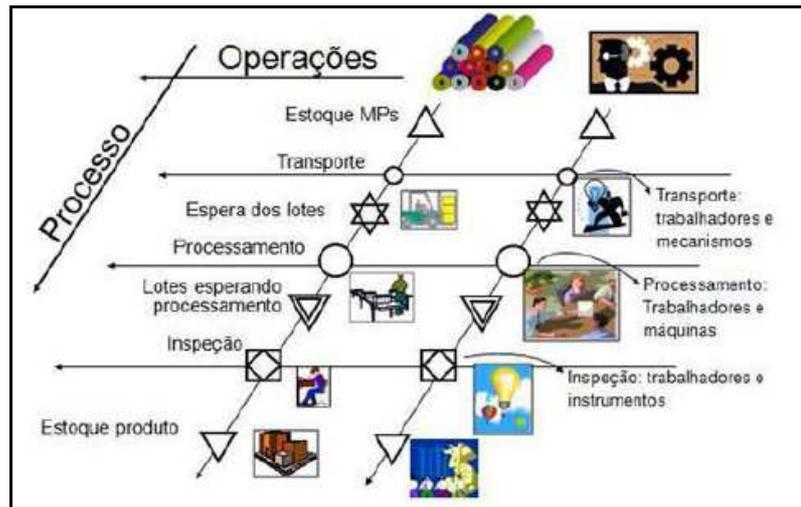


Figura 2: Estrutura da Produção

Fonte: Shingo (1996)

2.3.1 Desperdícios na Produção

A principal idéia do pensamento enxuto seria de eliminação dos setes tipos de desperdícios. Porém, o pensamento enxuto não é somente um conjunto de ferramentas e técnicas a serem implantadas sem critérios. Mas, sim, um sistema integrado de princípios, técnicas operacionais e ferramentas que levam à incessante busca pela perfeição na criação de valor para o cliente. Segundo Slack (2010), o desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não agrega valor.

No Sistema Toyota de Produção, Shingo (1996) definiu sete categorias de perdas, as quais, se eliminadas, conduziriam à redução dos custos, obtendo-se assim a melhoria na eficiência. São elas:

- desperdício de superprodução: é considerada a perda de maior impacto negativo no sistema produtivo, pois oculta as outras perdas. Existem dois tipos de superprodução: a superprodução no sentido de quantidade excessiva e a superprodução no sentido da produção antecipada (SHINGO, 1996);

- desperdício de tempo disponível (espera): este desperdício refere-se ao material que espera para ser processado, formando filas que visam garantir altas taxas de utilização dos equipamentos (CORRÊA e CORRÊA, 2009);
- desperdício em transporte: a atividade de transporte e movimentação de material não agrega valor ao produto produzido e é necessária devido a restrição do processo e das instalações, que impõem grandes distâncias e serem percorridas pelo material ao longo do processamento (CORRÊA e CORRÊA, 2009);
- desperdício do processamento em si: constituem atividades de processamento que são desnecessárias para que o produto, serviço ou sistema adquira suas características básicas de qualidade, tendo em vista a geração de valor para o cliente (ANTUNES, 2008);
- desperdício de estoque disponível (estoque): significa a existência de estoques elevados de matéria-prima, material em processo e produtos acabados, que irão acarretar elevados custos financeiros e a necessidade estabelecida de espaço físico adicional para a produção, com os custos a isso associado (ANTUNES, 2008).
- desperdício de movimento: são as perdas relacionadas com movimentos desnecessários realizados pelos operadores quando estes estão executando as operações principais nas máquinas ou linhas de montagem (ANTUNES, 2008);
- desperdício de produzir produtos defeituosos: segundo Antunes (2008), são perdas relacionadas à fabricação de produtos defeituosos, que não atendem às especificações de qualidade requeridas pelo projeto.

Para Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção é um método para eliminar integralmente o desperdício e aumentar a produtividade. Na produção, os desperdícios referem-se a todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor. A eliminação completa desses desperdícios pode aumentar a eficiência de operação por uma ampla margem. Para fazê-lo, devemos produzir apenas a quantidade necessária, liberando assim a força de trabalho extra.

2.3.2 Setup

O *setup* pode ser definido como o ato de trocar e ajustar os dispositivos e ferramentas de uma determinada máquina que está produzindo um determinado tipo de peça para poder produzir outro tipo de peça. O tempo de *setup* é definido como o tempo decorrido na troca do processo da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote (SLACK, 2010).

De acordo com Shingo (1996), existem dois tipos de operação do *setup*:

- *setup* interno (SI): operações de *setup* que podem ser executadas somente quando a máquina estiver parada, como a fixação e remoção de matrizes;
- *setup* externo (SE): operações de *setup* que devem ser concluídas, enquanto a máquina está funcionando, como o transporte de matrizes, da montagem à estocagem, ou no sentido contrário.

Segundo Shingo (1996), o tempo de *setup* tipicamente compreende quatro funções:

- preparação de matéria-prima, dispositivos de montagem, acessórios, compreendem 30% do tempo de *setup*;
- fixação e remoção de matrizes e ferramentas compreendem 5% do tempo de *setup*;
- centragem e determinação das dimensões das ferramentas compreendem 15% do tempo de *setup*;
- processamentos iniciais e ajustes compreendem 50% do tempo de *setup*.

Para Shingo (1996), “a adoção da troca rápida de ferramentas (TRF) ou troca de ferramentas em um único toque (OTED) é a maneira mais eficaz de melhorar o *setup*”.

Segundo Hansen (2006), os objetivos da troca rápida de ferramentas devem estar focados nos recursos críticos, beneficiando diretamente o valor da OEE.

Num recurso gargalo, se uma hora do tempo de preparação é economizada, um hora é automaticamente ganha para ser utilizada em processamento, ou seja, o recurso gargalo ganha uma hora de disponibilidade para processar material (CORRÊA e CORRÊA, 2009).

2.3.3 Manutenção Produtiva Total (MPT)

A MPT visa eliminar a variabilidade em processo de produção, a qual é causada pelo efeito de quebras não planejadas. Isto é alcançado através de envolvimento de todos os funcionários na busca de aprimoramento na manutenção. Os donos de processo são incentivados a assumir a responsabilidade por suas máquinas e a executar atividades rotineiras de manutenção e reparo simples. Fazendo isso, os especialistas em manutenção podem ser liberados para desenvolver qualificações de ordem superior, para melhores sistemas de manutenção (SLACK, 2010).

Segundo Slack (2010), as atividades de manutenção de uma organização consistem em uma combinação de três abordagens básicas para cuidar de suas instalações físicas:

- manutenção corretiva: esta abordagem significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho da manutenção é realizado somente após a falha ter ocorrido;
- manutenção preventiva: visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção das instalações em intervalos pré-planejados;
- manutenção preditiva: visa realizar um monitoramento dos componentes, utilizando algum meio para a inspeção.

Conforme Slack (2010), a MPT visa estabelecer boa prática de manutenção na produção através da perseguição das seguintes metas:

- 1) melhorar a eficácia dos equipamentos;
- 2) realizar manutenção autônoma;
- 3) planejar a manutenção;

- 4) treinar todo o pessoal em habilidades de manutenção relevantes;
- 5) conseguir gerir os equipamentos logo no início.

A manutenção produtiva total consiste em aumentar a eficiência da planta de fábrica com a eliminação das perdas decorrentes da má qualidade ou não conformidade de equipamentos, produtos e processos de produção ou administrativos (SOUZA, 2009).

Segundo Souza (2009), a estrutura básica da MPT está baseada nas seguintes premissas:

- maximizar o rendimento global dos equipamentos de fábrica através da eliminação de vários tipos de perdas: falhas e quebras de máquinas, elevado tempo de *setup* e ajustes, tempo de ciclo elevado, erros de processo (refugos e retrabalhos);
- desenvolver um moderno sistema de manutenção industrial abrangendo toda a vida útil do equipamento em utilização;
- envolver todos os departamentos de uma determinada empresa no planejamento, execução e manutenção da filosofia MPT;
- incentivar a participação de todos os funcionários, da gerência até o operador de máquinas;
- desenvolver atividades autônomas em pequenos grupos de melhorias.

2.4 MELHORIA

Para Slack (2010), melhoria é a atividade de diminuição da diferença entre o desempenho real e o desejado de uma operação ou processo. A medida de desempenho é o processo de quantificar ação, onde medida significa o processo de quantificação e o desempenho da produção é presumido como derivado de ações tomadas por sua administração.

2.4.1 PDCA

O ciclo PDCA é a sequência de atividades que são percorridas de maneira cíclica para melhorar atividades, visualizado na Figura 3 (SLACK, 2010). O ciclo começa com o estágio “P”, de planejar, que envolve o exame do atual método ou da área problema sendo estudada. Isso envolve coletar e analisar dados de modo a formular um plano de ação que se pretende, melhore e desempenho.

Uma vez que o plano de melhoramento tenha sido concordado, o próximo estágio é o estágio “D”, de fazer. Este é o estágio de implementação durante o qual o plano é tentado na operação.

O próximo é o estágio “C”, de checar, em que a solução nova implementada é avaliada, para ver se resultou no melhoramento de desempenho esperado.

E por fim, vem o estágio “A”, de agir. Durante este estágio a mudança é consolidada ou padronizada, se foi bem sucedida. Alternativamente, se a mudança não foi bem sucedida, as lições aprendidas da tentativa são formalizadas antes que o ciclo comece novamente.

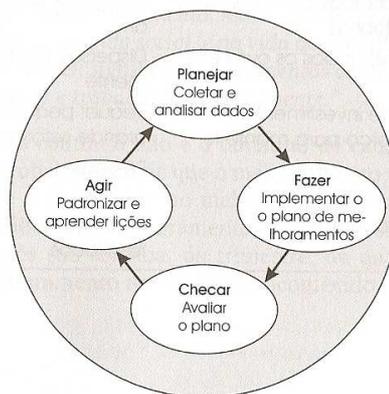


Figura 3: Ciclo PDCA

Fonte: Slack (2010)

2.4.2 5W1H

Segundo Campos (2004), o 5W1H é um *check-list* utilizado para garantir que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte da liderança ou dos subordinados, está representado na Figura 4.

5W	(What)	Que	(Assunto) Que operação é esta? Qual é o assunto?
	(Who)	Quem	Quem conduz esta operação? Qual o departamento responsável?
	(Where)	Onde	Onde a operação será conduzida? Em que lugar?
	(When)	Quando	Quando esta operação será conduzida? A que horas? Com que periodicidade?
	(Why)	Por que	Por que esta operação é necessária? Ela pode ser omitida?
1H	(How)	Como	(Método) Como conduzir esta operação? De que maneira?

Figura 4: Método 5W1H

Fonte: Campos (2004)

Werkema (1995) enfoca a utilização do método 5W1H para elaborar o plano de ação. Essas iniciais representam as seguintes palavras em inglês: *why* (por que), *what* (o que), *where* (onde), *when* (quando), *who* (quem) e *how* (como).

3. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Este capítulo abordará os principais aspectos relacionados com a metodologia de pesquisa utilizados para a realização deste trabalho. A classificação do método de pesquisa está estabelecida nas definições descritas na sequência, buscando explicitar o porquê da escolha do tipo de método.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Segundo Silva e Menezes (2001) a pesquisa pode ser classificada quanto sua abordagem, como quantitativa, pois considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números, opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.

Conforme Silva e Menezes (2001), a pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, está classificada como estudo de caso, pois envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 1999).

Conforme Yin (2001):

Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não

estão claramente definidos. A investigação de estudo de caso enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados e, como resultado, baseia-se em várias fontes de evidências, como os dados precisando convergir em um formato de triângulos e, como outro resultado, beneficia-se do desenvolvimento prévio de preposições teóricas para conduzir a coleta e a análise dos dados (YIN, 2001).

O estudo de caso é apenas uma das muitas maneiras de se fazer pesquisa em ciências sociais. Experimentos, levantamentos e pesquisas históricas são alguns exemplos de outras maneiras de se realizar pesquisa (YIN, 2001).

3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA E POPULAÇÃO ALVO

O local de realização da pesquisa foi o setor de produção de peças usinadas. A composição da pesquisa será por funcionários de liderança e operação do setor de produção, engenharia, manutenção e qualidade.

3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Para realização deste trabalho, foram desenvolvidas pesquisas em livros e artigos sobre o tema abordado, que a partir desse conhecimento foi apresentado o referencial teórico sobre o assunto.

A coleta de dados, neste estudo, foi efetuada através de pesquisa por observação, relatórios escritos, documentos e coleta de informações no chão de fábrica, a qual foi criada a partir do diário de bordo, visualizado no quadro 3, apresentado no capítulo 4.

3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados será realizada por técnicas matemáticas e estatísticas dos resultados apresentados. Sendo realizada a mensuração partir da coleta de dados, analisando o comportamento dos índices mensalmente durante os meses de março e abril, utilizando como fórmulas, as equações apresentadas no capítulo 2.

3.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO E ESTUDO

Este trabalho visa mensurar a eficiência global de um grupo de equipamentos do setor de usinagem de produtos forjados, propondo um plano de ações de melhoria para o indicador. Sendo essa delimitação, este trabalho não abordará:

- implantação propriamente dita da proposta, mas sim, como um piloto;
- limitação do próprio método de pesquisa, ou seja, o estudo de caso, que não pode ter seus resultados ampliados para outro contexto;
- análise do IROG de outros recursos do setor.

4. O ESTUDO DE CASO

Este capítulo contextualiza o estudo de caso de acordo com os objetivos propostos e os métodos apresentados. Contendo a apresentação da empresa, o mapeamento do processo atual, apresentando uma análise da eficiência global encontrada, propondo um plano de ações para aumento do índice de eficiência.

4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Forjas Taurus, divisão de forjados, uma das unidades do complexo produtivo da Taurus, com sede no município de São Leopoldo - Rio Grande do Sul - Brasil, é responsável pela produção de peças forjadas e usinadas.

A empresa possui cerca de 1.000 funcionários e atua no segmento de peças forjadas e usinadas, utilizando materiais como aço carbono, aços ligados, aços inoxidáveis, titânio, alumínio e outros metais não ferrosos.

A Forjas Taurus possui em sua forjaria 20 células de forjamento. Equipada com martelos de até 10.000 mil libras e prensas com até 1.450 toneladas, produzindo peças que variam de 150g até 20Kg, possuindo fornos de indução com até 800 KW de potência.

Todos os forjados são gerados em sistemas CAD/CAM, projetados em matrizes de forjamento produzidas em ferramentaria própria, com equipamentos de última geração, como fresadoras CNC-HSC, máquinas de eletroerosão digitais, passando por um rigoroso controle metalúrgico e dimensional.

O setor de usinagem é composto por tornos CNC, centros de usinagem verticais e horizontais. Com a possibilidade de desenvolver linhas específicas de produtos para todo o setor Industrial, a Taurus vem conquistando novos mercados, como:

- montadoras de automóveis, caminhões e motos;
- refrigeração (compressores);
- fabricante de motosserra;
- eletroferragem;
- agrícola;
- peças para Armas (mercado de exportação).

Seus principais produtos são: terminais, luvas, ponteiras, bielas, cruzetas, mesas inferiores, mancais, balancins, flanges, virabrequins, manilhas, armações de pistolas e revólveres e peças para armas em geral.

Os principais segmentos de atuação da Forjas Taurus S.A. no fornecimento de peças para clientes externos, excluindo a produção de armas, está descrito na Figura 5:

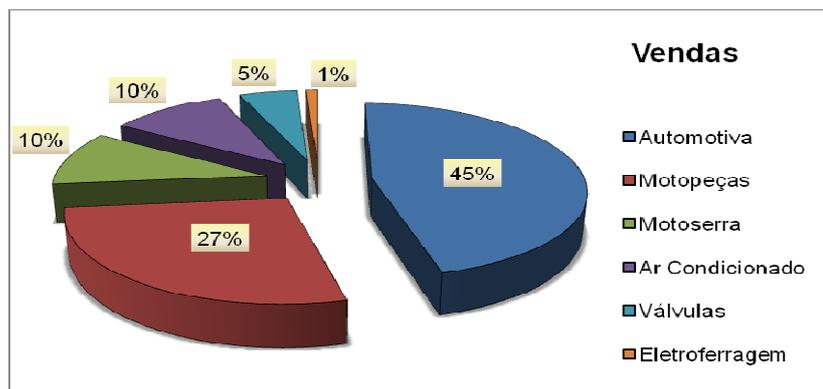


Figura 5: Participação de Vendas de produtos para clientes externos

Fonte: Forjas Taurus (2011)

A estrutura funcional da Forjas Taurus está organizada conforme a Figura 6:

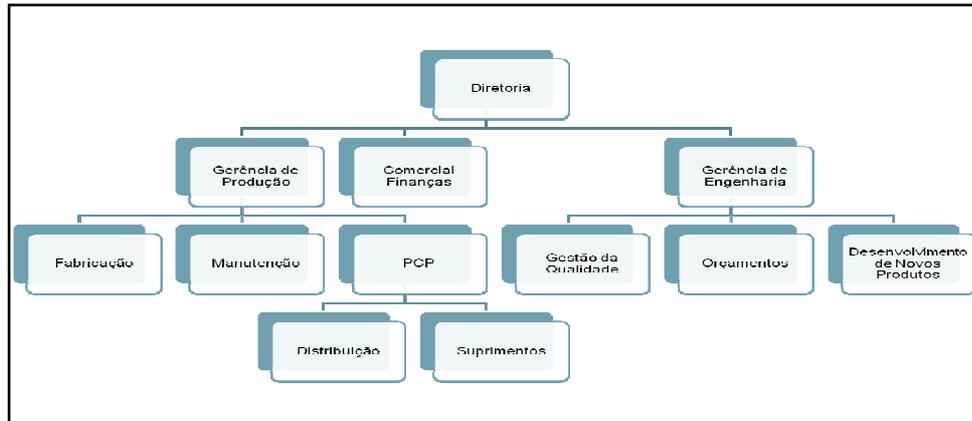


Figura 6: Organograma Funcional

Fonte: Forjas Taurus (2011)

A Forjas Taurus possui certificação de qualidade ISO 9001:2008 e ISO/TS 16949. Conforme a Figura 7 mostra o mapa de interação entre os processos. Onde inicia no momento da entrada do pedido e finaliza quando o produto acabado é entregue ao cliente.

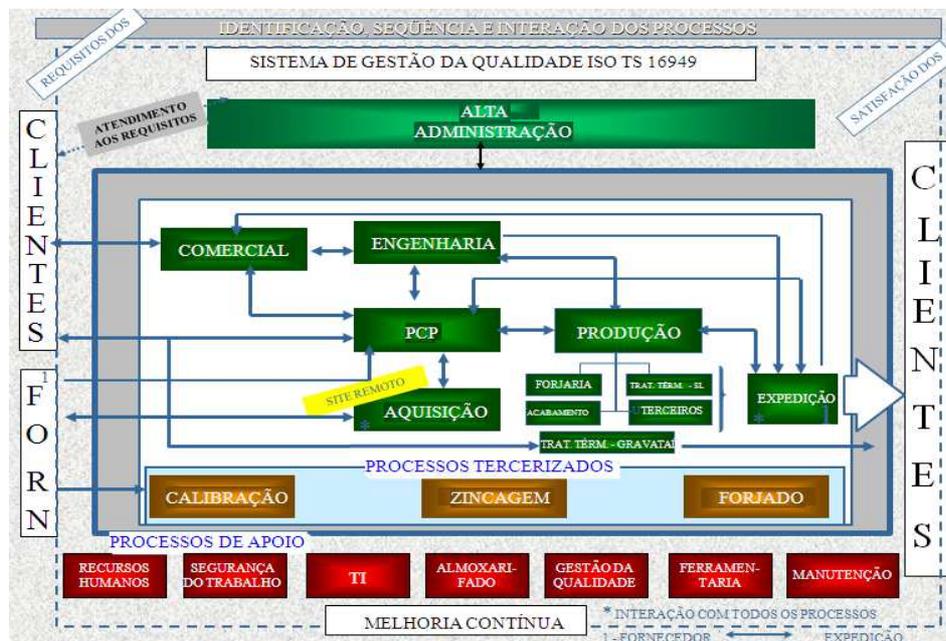


Figura 7: Mapa de Interação entre os processos

Fonte: Forjas Taurus (2011)

4.2 DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS

Após o encaminhamento da solicitação de produção do setor de vendas para o setor de planejamento e controle de produção (PCP), o programador da produção realiza o recebimento do pedido através do sistema de gestão empresarial. Este por sua vez, tem a função de analisar o pedido quanto à data de entrega e quantidade solicitada.

Através da análise da data de entrega e da quantidade solicitada pelo cliente, é verificada a possibilidade de entregar o pedido, consultando os estoques de matéria prima, os ferramentais e a capacidade produtiva. Sendo válido este procedimento para pedidos com curto prazo de entrega. No caso de pedidos com longo prazo de entrega, estes são confirmados com o cliente e posteriormente analisados para que sejam produzidos.

Após a programação da produção, realizada pelo setor de planejamento e controle de produção (PCP), é realizado o seqüenciamento da produção, desde a fabricação de ferramentas para o corte da matéria prima, como para o forjamento, conforme a Figura 8.

No momento em que estiver com as peças cortadas e as ferramentas disponíveis, é iniciado o *setup* para o processo de conformação.

O processo de forjamento consiste na conformação mecânica, que mediante a aplicação de esforços mecânicos altera-se plasticamente a geometria de materiais. De todos os processos de conformação, o forjamento tem um fundamental papel, porque produz peças com excelentes propriedades mecânicas, com a mínima perda do material, oferecendo assim um menor custo de fabricação. Os equipamentos para forjamento podem ser divididos em dois grandes grupos: martelos de forjamento e prensas.

O tratamento térmico é aplicado para adequar a estrutura metalográfica do produto, já que após a conformação mecânica, as peças adquirem tensões residuais, que devem ser eliminadas devido à necessidade posterior de usinagem do produto. Em geral, é realizado o processo de pré-aquecimento, normalização, recozimento e endurecimento, dependendo da necessidade e do material a ser trabalhado.

No processo de acabamento, as peças forjadas são submetidas à operação de jateamento por granalha, para retirar carepas, originadas do tratamento térmico. E também

inspeções visuais, onde são classificadas as peças, retirando as que apresentarem problemas como: dobras, falhas, rebarba remanescente acima do especificado, acabamento superficial com irregularidade acima do permitido e também peças com desencontro de matriz acima do especificado. Sendo separadas para refugo ou para retrabalho.

Passando pelo setor de acabamento, o produto é encaminhado para a usinagem, onde são executadas operações de furação e torneamento externo, utilizando um centro de usinagem horizontal Womat H2 e um torno Romi Cosmos 20U respectivamente. Após a furação, as peças são encaminhadas para a operação de inspeção de partículas magnéticas, onde posteriormente voltam para a usinagem para serem torneadas. Após este processo, as peças são encaminhadas para liberação pelo setor de controle de qualidade, que se for reprovado, é analisada a possibilidade de retrabalho. Por fim, as peças em conformidade são embaladas em recipientes metálicos ou de madeira, dependendo da necessidade do cliente, sendo oleada para evitar oxidação.

Se for aprovado, será encaminhado diretamente para a expedição de produtos, que através de um operador logístico, realiza a entrega dos produtos aos clientes.

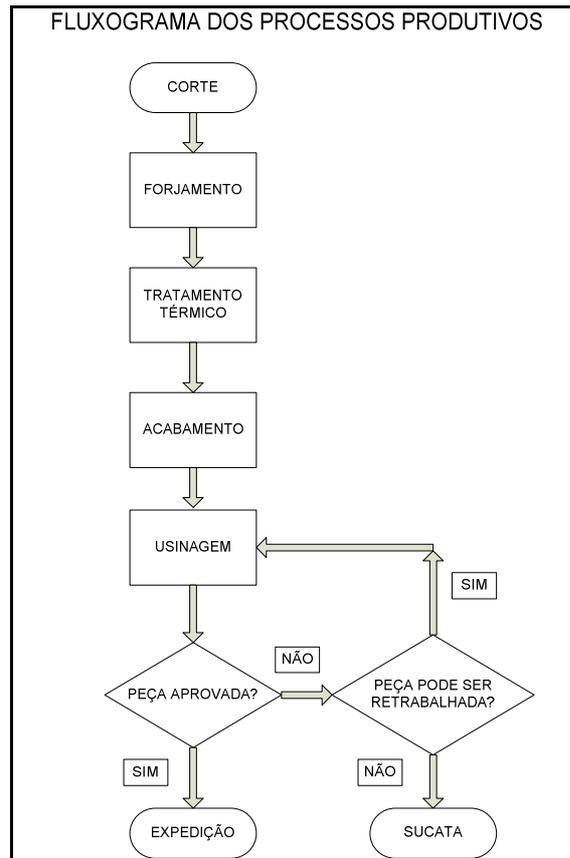


Figura 8: Fluxograma dos Processos de Produção

Fonte: Autor (2011)

4.3 APRESENTAÇÃO DO PROCESSO EM ESTUDO

A proposta de trabalho apresenta-se na área industrial e refere-se à análise e implementação do indicador de eficiência global no setor de usinagem de peças forjadas.

O setor a ser estudado é setor de usinagem das peças forjadas. Neste departamento são realizadas operações de furação, torneamento, inspeção e embalagem, conforme a Figura 9.

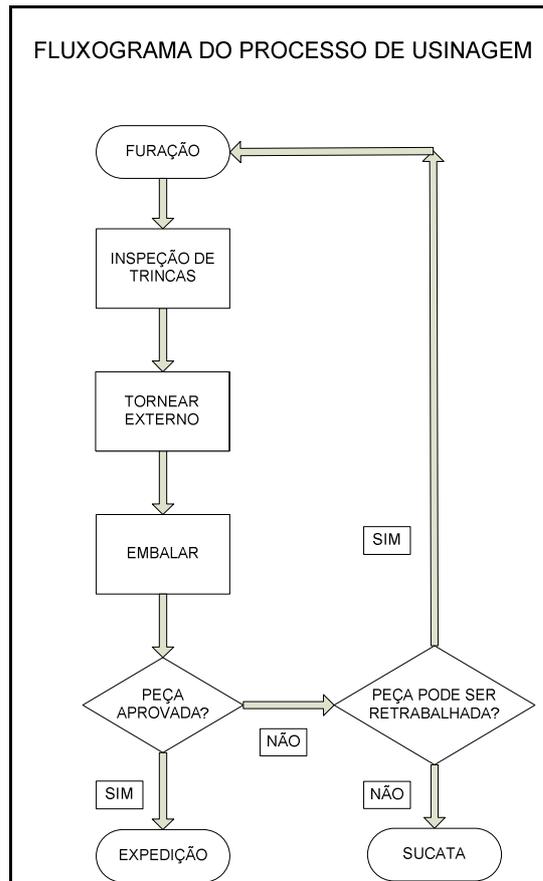


Figura 9: Fluxograma do Processo de Usinagem

Fonte: autor (2011)

Conforme a abordagem GPT, primeiramente foram identificadas as máquinas críticas no fluxo produtivo, visando aumentar a eficiência das mesmas. Os recursos a serem mapeados, representam hoje uma participação de 10% do faturamento mensal da organização, contendo itens fornecidos a empresas do ramo automotivo, sendo denominadas Luvas em aço forjado SAE 1141, modelos A e B, utilizadas em transmissão automotiva. O preço de venda dos produtos é de R\$ 40,00 reais / peça.

A medição e a implementação da sistemática do cálculo do IROG mostram como esta ferramenta pode ser utilizada para visualização de problemas de perdas de produção. Sendo de grande importância a mensuração dos índices de eficiência global dos equipamentos que restringem o ganho da organização, que através deste indicador reproduza a correta capacidade produtiva da empresa.

O conhecimento da real capacidade dos equipamentos dentro de uma empresa é indispensável para o desenvolvimento do planejamento estratégico da empresa, pois é de conhecimento destes dados, que se planeja um estudo da capacidade instalada da fábrica, possibilitando uma tomada de decisão com mais exatidão.

A produção que é expedida mensalmente está representada na Figura 10, onde contém informações de um histórico de seis meses de produção. Estes itens possuem fluxo e tempos de processamento semelhantes, conforme o Quadro 1.

O desempenho do sistema produtivo foi realizado através do levantamento de dados realizado em três máquinas, que compõem o processo de manufatura. As máquinas restritivas selecionadas são os centros de usinagem, que realizam a operação de furação, são caracterizados como gargalo da produção.

As máquinas trabalham em três turnos, descontando às 1,5 horas da refeição e 0,6 horas do café, sendo consideradas 21,90 horas/dia disponíveis para a operação. O mercado consegue absorver uma demanda média de 16.000 peças usinadas, sendo 6.000 peças do modelo A e 10.000 peças do modelo B.

Por se tratar de um gargalo de produção, o cálculo para mensuração da eficiência adequada é a TEEP (Produtividade Efetiva Total do Equipamento), onde considera todo o tempo calendário, ou seja, às 24 horas diárias, não excluindo nenhuma parada do cálculo, conforme visto no capítulo 2.

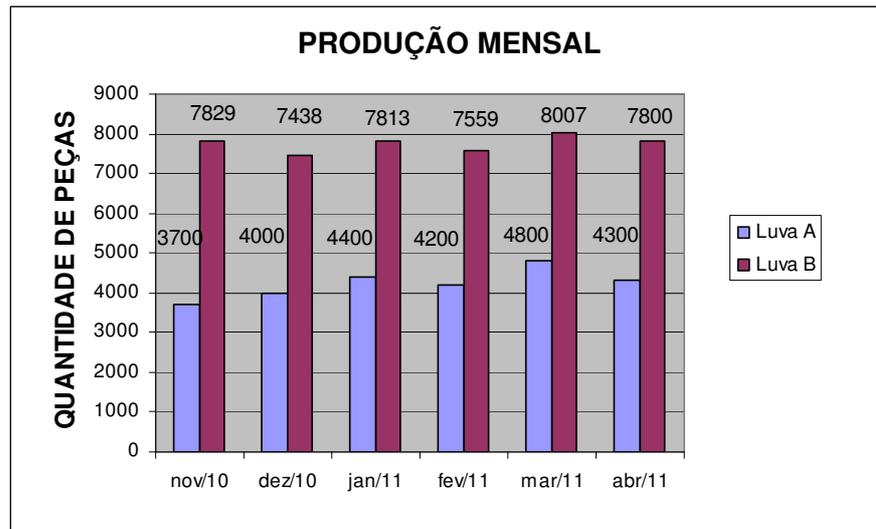


Figura 10: Produção Mensal em Unidades

Fonte: Forjas Taurus (2011)

Após a identificação dos recursos a serem estudados, foi realizado o mapeamento dos fluxos produtivos através do levantamento das operações neles realizados. O Quadro 1 apresenta a sequência operacional dos produtos produzidos, sendo quantificado o tempo de ciclo em cada operação do setor.

OPERAÇÃO	MÁQUINA	LUVAS A e B
		TEMPO PADRÃO
FURAÇÃO	CENTRO DE USINAGEM HORIZONTAL H2	3,1 min
INSPEÇÃO DE TRINCA	ENSAIO DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	0,5 min
TORNEAMENTO	TORNO ROMI COSMOS 20U	1,1 min
EMBALAGEM	EMBALAGEM	0,2 min

Quadro 1: Tempos Operacionais

Fonte: Forjas Taurus (2011)

O *layout* do processo é apresentado na Figura 11, onde possuem três centros de usinagem para produção, seguindo para a próxima operação de torneamento com dois tornos CNC, onde os mesmos possuem capacidade acima da demanda solicitada.

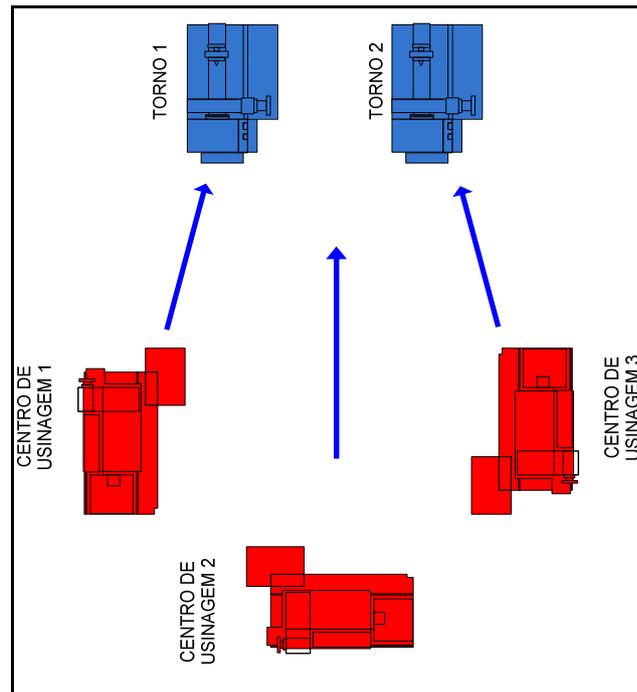


Figura 11: *Layout Produtivo*

Fonte: Autor (2011)

O *lead time* de produção está representado na Figura 12, através do seu mapeamento do fluxo de materiais e de informações. Pela análise do mapa de fluxo, pode-se definir que o tempo de atravessamento é de aproximadamente 22,45 dias, para os produtos A e B.

No mesmo mapa, pode-se observar o grande número de material em processo e também a falta de balanceamento nas operações, que geram superproduções em recursos, relacionados à quantidade excessiva e quantidade antecipada, ocultando as outras perdas na produção, o que acarreta em elevados custos financeiros para a organização.

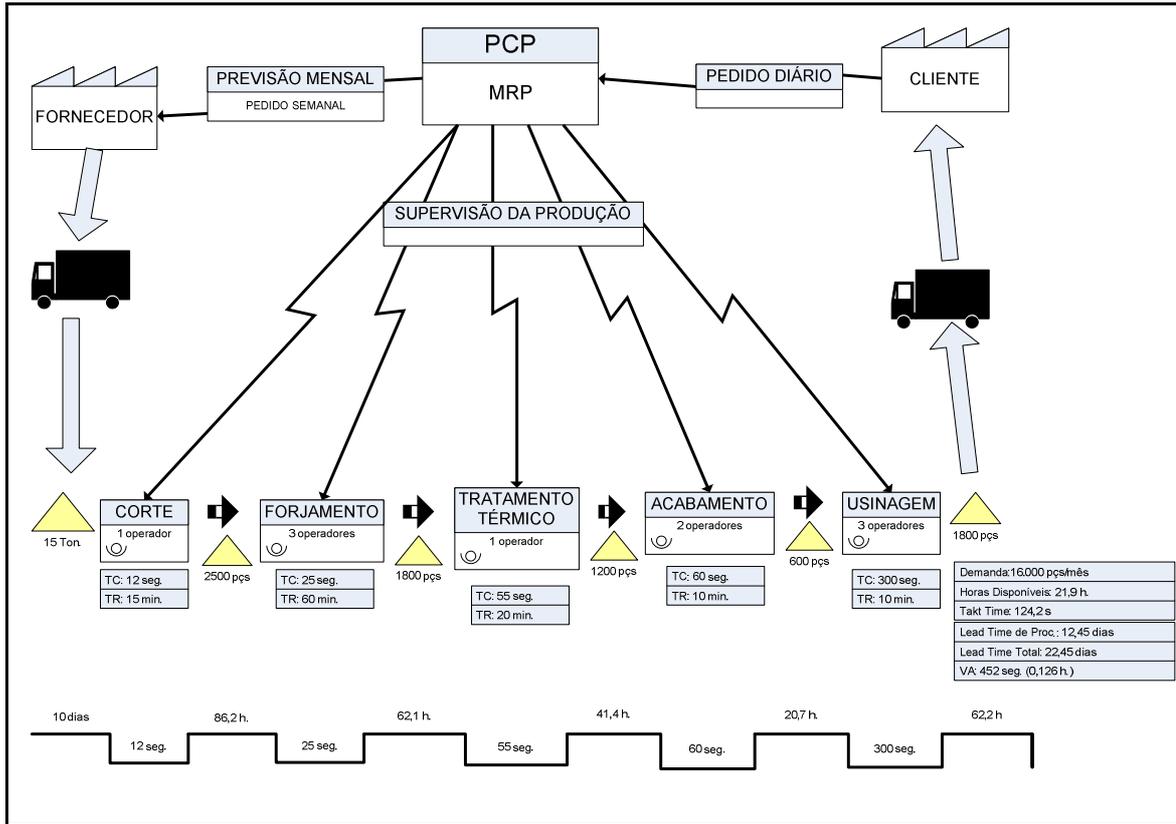


Figura 12: Mapa de Fluxo dos Processos

Fonte: autor (2011)

O método atual de medição da eficiência do setor é mensurado dividindo-se as horas produtivas pelas horas trabalhadas, conforme a Equação 9. Este método não considera as paradas programadas e não-programadas, dificultando a visualização das ineficiências dos recursos críticos.

As horas produtivas referem-se ao tempo produtivo correspondente ao volume total de peças acabadas. As horas trabalhadas constituem o tempo em que o recurso permaneceu trabalhando, efetivamente, é o período em que não houve paradas.

$$Eficiência = \frac{horasprodutivas}{horastrabalhadas} \times 100 \tag{9}$$

4.3.1 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada de forma manual, através da utilização de um diário de bordo para a operação em estudo, mostrada no Quadro 3. De modo que sejam preenchidos diariamente pelos operadores do setor, possibilitando um controle da produção e das paradas realizadas no recurso produtivo.

O Quadro 2 mostra os tipos de paradas que são verificadas no setor de usinagem, onde são colocadas as paradas programadas e não programadas na mesma tabela.

TIPOS DE PARADAS DE USINAGEM – 2154		
CÓD.	DESCRIÇÃO	GRUPO
U 01	MANUTENÇÃO MECÂNICA	PRODUÇÃO
U 02	MANUTENÇÃO ELÉTRICA	PRODUÇÃO
U 04	MANUTENÇÃO DISPOSITIVO	PRODUÇÃO
U 05	FALTA DE FERRAMENTAS	MANUTENÇÃO
U 06	FALTA DE ENERGIA	PRODUÇÃO
U 07	FALTA DE PEÇAS	PRODUÇÃO
U 08	SEM PROGRAMAÇÃO/DEMANDA	PRODUÇÃO
U 09	TROCA DE FERRAMENTAS	PRODUÇÃO
U 10	SET UP	PRODUÇÃO
U 11	PROBLEMA DE QUALIDADE	QUALIDADE
U 12	LIMPEZA	PRODUÇÃO
U 13	TREINAMENTO	PRODUÇÃO
U 14	RETRABALHO	PRODUÇÃO
U 15	CÉLULA DE TESTE (PROTÓTIPO)	PRODUÇÃO
U 16	PROBLEMA AFIAÇÃO	FERRAMENTARIA
U 17	REGULAGEM DE MÁQUINA	PRODUÇÃO
U 18	TROCA DE ÓLEO	MANUTENÇÃO
U 19	FALTA AR COMPRIMIDO	PRODUÇÃO
U 22	REFEIÇÃO	PRODUÇÃO
U 23	AGUARDANDO MANUTENÇÃO	MANUTENÇÃO
U24	OPERADOR EM OUTRA ATIVIDADE	PRODUÇÃO
U 25	CONTROLE DE QUALIDADE (MEDIÇÃO 1ª PEÇA)	QUALIDADE
U 26	CAFÉ	PRODUÇÃO
U 27	PREPARAÇÃO DE OUTRA MÁQUINAS/CNC	PRODUÇÃO
U 28	AGUARDANDO SET-UP	PRODUÇÃO

Quadro 2: Tipos de Paradas de Usinagem

Fonte: Forjas Taurus (2011)

TABELA DE CÓDIGOS DE CAUSAS E DEFEITOS	
Usinagem de Terceiros	
CÓD.	TIPO DE DEFEITO
01	DIMENSIONAL
02	DESLOCAMENTO DE USINAGEM
03	EMPENAMENTO
04	MANCHAS
05	MARCAS
06	QUEIMAS
07	ACABAMENTO
08	DUREZA ACIMA DO ESPECIFICADO
09	DUREZA ABAIXO DO ESPECIFICADO
10	COMPRIMENTO DE TÊMPERA ACIMA DO ESPECIFICADO
11	COMPRIMENTO DE TÊMPERA ABAIXO DO ESPECIFICADO
12	CAMADA DE TÊMPERA ACIMA DO ESPECIFICADO
13	CAMADA DE TÊMPERA ABAIXO DO ESPECIFICADO
CÓD.	CAUSAS
001	OPERADOR
002	MÁQUINA
003	MATERIAL
004	AUTO-CONTROLE
005	TESTE DE PRODUÇÃO
006	FERRAMENTA
007	DISPOSITIVO
008	CALIBRE / INSTRUMENTO
009	TRATAMENTO TÉRMICO
010	DIMENSIONAL FORJADO
011	TREINAMENTO
012	SET UP

Quadro 5: Código de Causas e Defeitos

Fonte: Forjas Taurus (2011)

4.3.2 Cálculo do IROG

Foram coletados dados durante o mês de março e abril do ano de 2011, para que pudesse ser realizado o cálculo do índice de rendimento operacional global dos equipamentos do setor em estudo, sendo realizada a mensuração da produtividade efetiva total do equipamento (TEEP), considerando às 24 horas do dia, ou seja, 1440 minutos.

Conforme a Equação 2, vista no capítulo 2, o IROG é a razão do tempo de processamento de um produto multiplicado pela quantidade produzida, dividindo-se pelo tempo disponível para produção. A Figura 13 mostra a média do comportamento da eficiência global TEEP durante os meses em estudo.

O valor médio da TEEP encontrada durante o estudo foi de 37%, índice muito baixo para um processo produtivo, mostrando a real capacidade dos equipamentos que estão restringindo o ganho da organização.

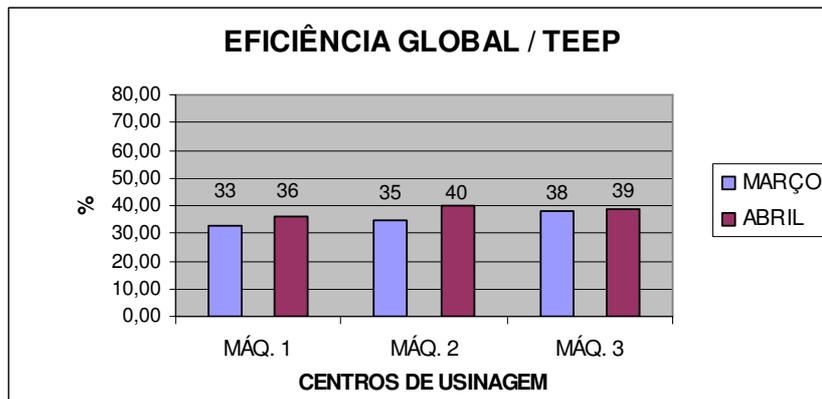


Figura 13: Gráfico da Média da Eficiência Global / TEEP

Fonte: Autor (2011)

Como citado anteriormente, outro indicador importante é o ITO (índice de tempo operacional), que revela a disponibilidade que o equipamento está apresentando. Conforme o gráfico mostrado na Figura 14, o comportamento do ITO durante os meses em estudo obteve uma média de 72%, que indica que o equipamento esteve 28% do tempo parado.

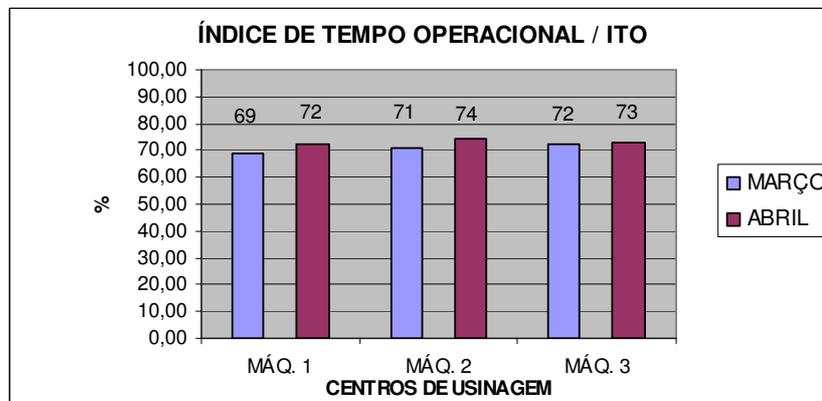


Figura 14: Gráfico da Média do Índice de Tempo Operacional / ITO

Fonte: Autor (2011)

O indicador de produtos aprovados, o IPA, está relacionado a peças conformes e não conformes, levando em consideração os produtos aprovados e sucateados. Sendo utilizada a Equação 8, vista no capítulo 2.

O estudo indicou uma média de 96% de produtos aprovados, conforme a Figura 15, resultado que está conforme a metas para empresas de classe mundial.

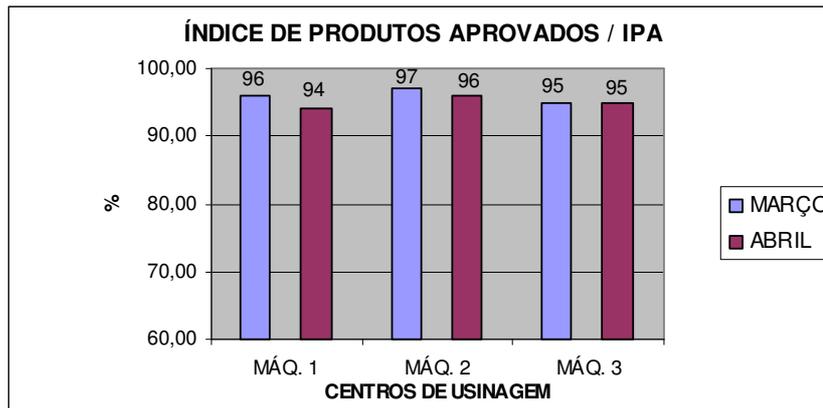


Figura 15: Gráfico da Média do Índice de Produtos Aprovados / IPA

Fonte: Autor (2011)

Para o cálculo do indicador de performance operacional mostrado na Figura 16, o IPO, foi utilizada a Equação 5, pois as paradas relacionadas com queda de velocidade são difíceis de serem visualizadas. Com isso, resultou em uma média de 54%, que representa um valor muito baixo para um setor produtivo.

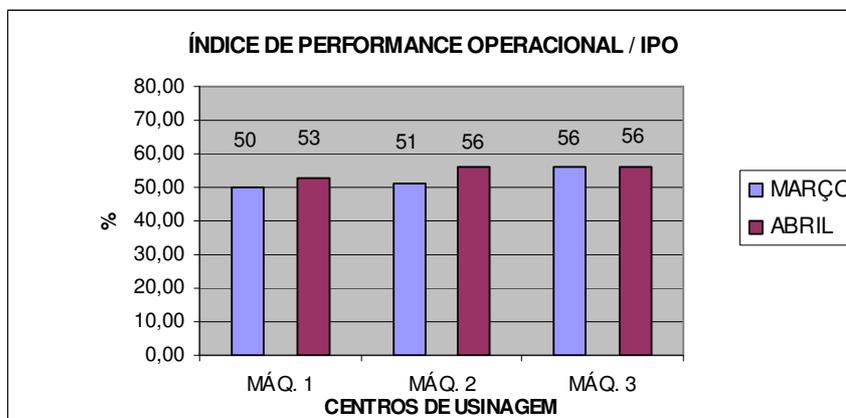


Figura 16: Gráfico da Média do Índice de Performance Operacional / IPO

Fonte: Autor (2011)

4.3.3 Análise do IROG

Com base nos resultados encontrados de eficiência global OEE durante os meses em estudo, pode-se analisar se os equipamentos possuem capacidade para atendimento da demanda do mercado.

Através dos Quadros 6 e 7, verifica-se que o deficiente valor encontrado de TEEP nas três máquinas, resultam em um gargalo de produção, não atendendo a demanda solicitada pelo mercado, mostrando uma diferença temporal negativa em todas as máquinas e todos os meses em estudo.

PRODUTOS	TEMPO DE CICLO DOS EQUIPAMENTOS (MIN.)			PROGRAMAÇÃO MENSAL (PÇS)	DEMANDA MENSAL POR EQUIPAMENTO (MIN.)		
	MÁQ. 01	MÁQ. 02	MÁQ. 03		mar/11		
					MÁQ. 01	MÁQ. 02	MÁQ. 03
A / B	3,1	3,1	3,1	16.000	16532	16532	16532
				DEMANDA TOTAL POR EQUIPAMENTO	16532	16532	16532
				CAPACIDADE NOMINAL DO EQUIPAMENTO	36000	36000	36000
				ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL	33%	35%	38%
				CAPACIDADE REAL DO EQUIPAMENTO	11880	12600	13680
				DIFERENÇA TEMPORAL	-4652	-3932	-2852

Quadro 6: Capacidade de Produção × Demanda (Março)

Fonte: Autor (2011)

PRODUTOS	TEMPO DE CICLO DOS EQUIPAMENTOS (MIN.)			PROGRAMAÇÃO MENSAL (PÇS)	DEMANDA MENSAL POR EQUIPAMENTO (MIN.)		
	MÁQ. 01	MÁQ. 02	MÁQ. 03		abr/11		
					MÁQ. 01	MÁQ. 02	MÁQ. 03
A / B	3,1	3,1	3,1	16.000	16532	16532	16532
				DEMANDA TOTAL POR EQUIPAMENTO	16532	16532	16532
				CAPACIDADE NOMINAL DO EQUIPAMENTO	31680	31680	31680
				ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL	36%	40%	39%
				CAPACIDADE REAL DO EQUIPAMENTO	11405	12672	12355
				DIFERENÇA TEMPORAL	-5127	-3860	-4177

Quadro 7: Capacidade de Produção × Demanda (Abril)

Fonte: Autor (2011)

Ao analisar o indicador de tempo operacional, visto anteriormente, onde o mesmo indicou grande tempo da máquina parada, pode-se visualizar através dos gráficos de paradas não programadas a classificação das paradas relativas ao período estudado. Os gráficos apresentados nas Figuras 17 e 18 indicam que nos meses em estudo, o tempo em que o equipamento estava parado, era ocasionado principalmente por manutenção elétrica, seguido por manutenção mecânica, *setup* e regulagem de máquina.



Figura 17: Gráfico Total de Paradas Não Programadas (Março)

Fonte: Autor (2011)

No mês de março, as três máquinas tiveram um somatório de 512 horas de paradas não programadas, ou seja, 28% do tempo disponível para os três recursos. Sendo a causa mais crítica entre os equipamentos, a manutenção elétrica, que somou 148,46 horas ou 8.907,60 minutos, representando 29,01% do tempo de paradas não programadas.

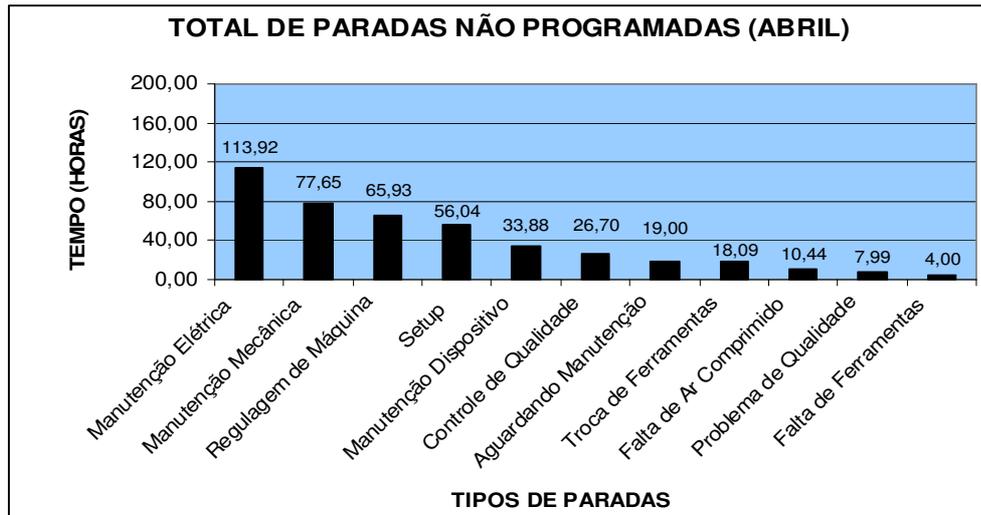


Figura 18: Gráfico Total de Paradas Não Programadas (Abril)

Fonte: Autor (2011)

No mês de abril, os recursos apresentaram um somatório de 433 horas de paradas não programadas, ou seja, 27% do tempo disponível para os três equipamentos. As causas mais relevantes tiveram poucas alterações entre as três máquinas em estudo. Apresentando como causas mais críticas, as manutenções elétricas e mecânicas, com 113,92 horas e 77,65 horas paradas, respectivamente, ou seja, um somatório das duas paradas de 44,18 % do tempo total de paradas.

4.3.4 Plano de Ação

No desdobramento dos índices do IROG, os indicadores relacionados com a disponibilidade e a performance, apresentaram um valor muito abaixo do valor ideal. Portanto, é necessário criar um plano de ação, conforme o Quadro 8, para maximizar a eficiência, para assim, conseguir atender a demanda do mercado, obtendo um maior resultado financeiro da organização.

Para realização do plano de ação, foram realizadas reuniões envolvendo os setores de produção, manutenção, engenharia e qualidade, visando aumentar a eficiência do equipamento.

WHAT (O QUE)	WHY (POR QUE)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	WHERE (ONDE)	HOW (COMO)
Manutenção elétrica e mecânica	Redução do número de paradas por manutenção	Engenharia e manutenção	Imediato	Centros de usinagem 1, 2 e 3	Estudar histórico das paradas por manutenção, criando uma estratégia de manutenção para o aumento da confiabilidade dos equipamentos
Regulagem de máquina	Elevados tempos de regulagem das máquinas	Produção e Manutenção	Imediato	Centros de usinagem 1, 2 e 3	Treinamento para os operadores, mecânicos e eletricitistas
Setup	Redução do tempo de setup	Produção e ferramentaria	Imediato	Centros de usinagem 1, 2 e 3	Treinamento e capacitação para troca rápida de ferramentas (TRF)
Utilização de tempos de paradas programadas para produção	Para o aumento da disponibilidade dos equipamentos	Produção	Imediato	Centros de usinagem 1, 2 e 3	Utilização de todo o tempo disponível, ou seja, às 24 horas do dia
Operação padrão	Para o aumento do índice de performance dos equipamentos	Produção	Imediato	Toda linha de produção	Treinamentos relacionados a padronização das operações
Adotar a medição do IROG	Para visualização das perdas no equipamento	Produção	Imediato	Toda linha de produção	Treinamento a todos envolvidos no processo produtivo
Simplificar a coleta de dados no processo	Para facilitar a coleta das informações de paradas	Manutenção e produção	Imediato	Toda linha de produção	Mudança na tabela de paradas, diminuindo o número das mesmas, colocando as paradas em comum na mesma classificação

Quadro 8: Plano de Ação

Fonte: Autor (2011)

Hoje a empresa adota o sistema de manutenção corretiva e preventiva, sendo que as manutenções preventivas não possuem um estudo para conseguir uma confiabilidade mínima do equipamento, é planejada anualmente a manutenção em cada equipamento. Como ocorrem muitas manutenções corretivas durante este intervalo de tempo, esta estratégia não está sendo eficaz.

O correto seria realizar um estudo sobre todas as paradas dos equipamentos, para posteriormente ser analisada qual estratégia de manutenção deve ser adotada, sendo processada por um software adequado. Podendo assim, planejar a confiabilidade de um equipamento, ou seja, a probabilidade de um item poder desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso.

Os outros itens a serem trabalhados, seriam o tempo de regulagem dos equipamentos e o tempo de *setup*, que na verdade, poderia ser inserido na mesma classificação de parada. Para melhoria destas paradas, é preciso programar treinamentos relacionados à capacitação da troca rápida de ferramentas (TRF) e também treinamentos relativos das máquinas para funcionários da operação e manutenção.

É indicada a utilização de tempos de paradas programadas para a produção, pois assim conseguiríamos aumentar a disponibilidade dos equipamentos, utilizando todo o tempo disponível do dia, colocando operários para suprir as paradas dessa origem. Com isso, os equipamentos teriam como tempo disponível, às 24 horas do dia.

Através da adoção do método de medição IROG nos processos de produção e da simplificação da tipologia das paradas de produção no processo, é possível obter a visualização das perdas na produção e uma confiabilidade maior na coleta de dados. Podendo assim, agir sobre os desperdícios e maximizar o uso dos recursos disponíveis, fazendo com que todos os envolvidos no processo estejam inseridos no novo método de mensuração.

O principal objetivo do plano de ação é o aumento da capacidade dos equipamentos que estão restringindo a produção. Tendo como meta inicial, o aumento da TEEP dos recursos em estudo em 60% de eficiência global.

Para alcançar esta meta principal, foi apresentada como meta inicial, uma diminuição de 50% das paradas não programadas, o que elevaria a TEEP para uma média de 44% de eficiência global, ou seja, um acréscimo de 7% na eficiência global. Posteriormente, seria proposto um plano de treinamentos operacionais no posto de trabalho, para obtermos uma operação padrão no processo. Assim, conseguiríamos melhorar o índice de performance, o IPO, que está com um valor muito deficiente.

Após a realização de trabalhos relacionados ao aumento dos índices ITO e IPO, será possível atingir o objetivo principal do trabalho, atender a demanda do mercado, para assim, aumentar o faturamento da organização.

5. CONCLUSÃO

A empresa em estudo apresentou índices muito baixos pelo que é sugerido para empresas de classe mundial, indicando uma eficiência global média durante os meses em estudo de 37%, segundo a abordagem TEEP. Revelando como principal fator de ineficiência, a disponibilidade e a performance do equipamento, devido a perdas relacionadas a paradas com manutenção elétrica e mecânica, tempo excessivo de regulagens e *setup*.

Através dos índices que compõem o IROG foi possível buscar as verdadeiras causas da baixa eficiência, e com isso, propor um plano de ação, onde o objetivo é atingir os 60% de TEEP. Para que primeiramente seja atendida a demanda do mercado e posteriormente, através da melhoria contínua, consiga auxiliar na tomada de decisão, para aumentar ainda mais a real capacidade dos equipamentos, bem como, a redução de custos e investimentos de novas instalações.

Ao atingir a redução de 50% das paradas não programadas, conseguiríamos elevar a TEEP para 44% de eficiência global, somando-se este resultado com a proposta de utilização de todo o tempo disponível para a produção, ou seja, um acréscimo de 8,75% de tempo disponível durante o dia, aumentaria a produção na faixa de 2.500 peças por mês, representando um aumento na receita mensal na faixa dos R\$100.000,00 reais por mês. Porém a implantação possui um aumento no número de mão de obra, para ocupação de todo o tempo disponível para produção, que será totalmente viabilizada pelo ganho financeiro gerado.

Este trabalho revela a importância da correta medição de eficiência em um processo produtivo, sendo de extrema importância para a melhoria contínua na empresa. Com a medição da TEEP, as ineficiências que são reveladas, acabam se tornando prioridade nos planos de ações propostos pelos envolvidos.

Para se ter um indicador de eficiência global implantado e bem gerenciado, temos que ter uma equipe qualificada, treinamentos, coleta de dados adequada e uma análise correta das informações, esses são os fatores que interferem diretamente no bom funcionamento da medição.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de demonstrar a viabilidade da implementação da abordagem IROG no processo de produção, evidenciando a importância da realização de trabalhos relacionados ao aumento da real capacidade produtiva, sendo que interferem diretamente no resultado econômico-financeiro da empresa.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se a adoção do método de medição da eficiência global para todos os setores produtivos da empresa, com a intenção de obter um aumento na capacidade global da organização.

Conforme visto anteriormente na Figura 12, apresentado pela análise do mapeamento fluxo de valor do produto, a produção atual possui grandes estoques em processo e elevado *lead time*, de aproximadamente 22,45 dias. Com base nessa informação, podem-se sugerir estudos relacionados à mudança de *layout*, para diminuirmos o tempo de atravessamento e os desperdícios no processo, tornando o fluxo do processo cada vez mais enxuto e contínuo.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Junico; ALVAREZ, Roberto; KLIPPEL, Marcelo; BOTOLOTTO, Pedro; PELLEGRIN, Ivan de. *Sistemas de Produção: conceitos e práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- CAMPOS, Vicente Falconi. *Qualidade Total: Padronização de Empresas*. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração da Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma abordagem Estratégica*. 1º Edição. São Paulo: Atlas, 2009.
- DAYCHOUW, Merhi. *40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento*. São Paulo: Brasport, 2007.
- GIL, Antônio Carlos. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOLDRATT, Eliyahu, COX, Jeff. *A Meta*. São Paulo: Educator, 1997.
- HANSEN, Robert C. *Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros*. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- KLIPPEL, A. F.; KLIPPEL, M.; ANTUNES JR., J. A. V.; JORGE, R. R.; CASSEL, R. *Considerações sobre o Desdobramento do Cálculo do Índice do Rendimento Operacional Global (IROG) como Pilar de Sustentação para Abordagem da Gestão dos Postos de Trabalho (GPT) para Sistemas Produtivos*. Anais do Simpósio sobre Excelência em Gestão e Tecnologia. Resende: 2004.
- NAKAJIMA, Seiichi. *TPM – Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- OHNO, Taiichi. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- SHINGO, Shigeo. *O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Cristine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert . *Administração da Produção*. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SOUZA, Alexandre de. *MPT – Manutenção Produtiva Total: uma importante ferramenta de gestão da cadeia produtiva*. SC: Revista Ferramental. Ed. Gravo, 2009.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

YIN, Robert. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Método*. Porto Alegre: Bookman, 2001.