

UDESC – UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA

CCT – CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

DEPS – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

GUSTAVO FURTADO DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUISIÇÃO DE UM SOFTWARE
DE MONITORAMENTO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PRODUTIVA DE
INJETORAS DE ALUMÍNIO**

JOINVILLE

2013

GUSTAVO FURTADO DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUISIÇÃO DE UM SOFTWARE
DE MONITORAMENTO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PRODUTIVA DE
INJETORAS DE ALUMÍNIO**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia de Produção e Sistemas do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Bittencourt

JOINVILLE

2013

GUSTAVO FURTADO DA SILVA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA AQUISIÇÃO DE UM SOFTWARE
DE MONITORAMENTO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PRODUTIVA DE
INJETORAS DE ALUMÍNIO**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia de Produção e Sistemas do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Banca Examinadora

Orientador:

Prof. Dr. Evandro Bittencourt

Membro:

Prof. Dr. Gerson Volney Lagemann

Membro:

Prof. Dra. Danielle Bond

Joinville

AGRADECIMENTOS

Geralmente as pessoas atribuem a causa do sucesso à família, amigos e seu deus, mas eu resolvi agradecer a quem realmente contribuiu para o conteúdo deste que foi um dos meus projetos favoritos:

Primeiramente, agradeço àqueles que desenvolveram a indústria, ampliaram a capacidade de produção e incentivaram o consumo. Àqueles que são o motivo pelos quais grande parte da população tem acesso a produtos para lazer, alimentação e higiene. A Frederick W. Taylor, o pai da administração científica, o primeiro a investir na eficiência da indústria. A Henry Ford, que desenvolveu a indústria automobilista a ponto de se tornar referência para todos os outros setores de produção. Aos gênios japoneses Shigeo Shingo, Taiichi Ohno, Seiichi Nakajima entre outros que vieram desse país esquisito e ao mesmo tempo brilhante. Essas são as pessoas que tornaram o curso de Engenharia de Produção possível e disseminaram o conhecimento utilizado na realização deste trabalho, nos trabalho que vieram antes de mim e nos próximos.

Agradeço a algumas pessoas chave para a realização desse projeto na empresa, principalmente ao Felippe, Charles e Pedro Paulo, que provavelmente não vão ler esses agradecimentos, mas foram fundamentais no fornecimento das informações que eu precisei e não se importaram eu interromper algumas horas das minhas atividades do estágio para desenvolver esse trabalho.

Agradeço ao curso de Engenharia de Produção da UDESC pelo conhecimento adquirido nessa jornada de cinco anos, que apesar de não ser um curso tão bom quanto eu imaginava que seria em 2008, mas pelo menos é de graça. Agradeço aos professores do curso por sempre estarem disponíveis para responder minhas perguntas, em especial ao Dr. Evandro Bittencourt pela orientação nesse trabalho.

Por último, agradeço à Google e à Microsoft pelas fantásticas e assustadoramente eficientes ferramentas que já atuam integralmente na minha vida. Muita gente não concorda que elas geram conhecimento, mas é inegável que deixam tudo mais fácil, rápido e prático.

“Insanity is doing the exact same thing over and over again, expecting different results.”

RESUMO

Dizer que as empresas estão buscando reduções de custos devido à crescente competitividade do mercado é algo que deveria estar implícito em qualquer trabalho sobre gerenciamento da produção. Partindo deste princípio, a eficiência da produção é o tema central do trabalho e a base para os conceitos apresentados. O TPM, termo inglês para Manutenção Produtiva Total tem como objetivo a redução dos custos através da eliminação da ociosidade, manter a máquina funcionando e a mão-de-obra trabalhando, nunca em falta e nunca em excesso. Logo surge o Índice de Eficiência Global dos Equipamentos, o OEE, que utiliza diversos dados da manufatura para identificar o valor porcentual da eficiência atual do sistema produtivo em comparação com um sistema sem desperdícios. O trabalho entra no assunto principal quando é apresentado um exemplo de Sistema de Execução da Manufatura, conhecido como MES. É um *software* com a função de enviar os dados da manufatura para a administração em tempo real e sem desvios a fim de evidenciar a situação atual da fábrica, para uma melhor implantação de melhorias, através de relatórios e indicadores visuais. Depois de realizadas pesquisas bibliográficas, a fundamentação teórica é utilizada em um estudo de caso no setor de injeção de uma fundição de alumínio de Joinville para provar a viabilidade da aquisição deste *software* e definir o tempo de retorno deste investimento através de conceitos de matemática financeira, como centros de custo e valor presente líquido. São utilizados dois modelos para o cálculo do retorno: O primeiro utiliza uma coleta de dados para identificar a economia de utilização de um sistema automático de gerenciamento da produção. O segundo busca descobrir qual será a redução nos custos totais de produção em função de um aumento na eficiência da produção, sendo que as duas metodologias alcançam os objetivos do trabalho com uma previsão de retorno de investimento de um ano devido a significante redução nos custos do fluxo de informação, podendo variar de acordo com as decisões tomadas pela empresa.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total. OEE. *Software* de Monitoramento. Retorno de Investimento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Adequação do Perfil dos Empregados	19
Quadro 2 – Etapas da Implantação do TPM	21
Figura 1 – Interface do <i>Software</i>	33
Gráfico 1 – Paradas do 1º Turno	34
Gráfico 2 – Paradas do 2º Turno	35
Gráfico 3 – Paradas do 3º Turno	35
Gráfico 4 – Paradas de Todos os Turnos	36
Gráfico 5 – <i>Performance</i> da Caixa de Derivação de $\frac{3}{4}''$	37
Gráfico 6 – <i>Performance</i> do Condulete de $1\frac{1}{2}''$	37
Gráfico 7 – <i>Performance</i> do Conector de $1\frac{1}{2}''$	38
Gráfico 8 – Valor Presente Líquido	43
Gráfico 9 – Redução do Custo de Produção	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Respostas das Entrevistas sobre MES	24
Tabela 2 – Carga-Máquina de Dezembro	30
Tabela 3 – Carga-Máquina de Janeiro	30
Tabela 4 – Razão Produzido/Planejado	31
Tabela 5 – Dados de Dezembro e Janeiro	34
Tabela 6 – Custo Atual de Transporte de Dados	41
Tabela 7 – Economia Resultante do Aumento do OEE	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CF	Custo Fixo
CPV	Custo dos Produtos Vendidos
CV	Custo Variável
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> Sistema de Planejamento de Recursos
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i> Instituto Japonês de Manutenção da Planta
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> Sistema de Execução da Manufatura
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> Eficiência Global do Equipamento
PCP	Planejamento e Controle da Produção
TEEP	<i>Total Effective Equipment Productivity</i> Produtividade Efetiva Total do Equipamento
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> Manutenção Produtiva Total
TRF	Troca Rápida de Ferramenta
VPL	Valor Presente Líquido
WCM	<i>World Class Manufacturing</i> Manufatura de Classe Mundial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA DA EFICIÊNCIA	11
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	14
2.1.1 Capacidade	15
2.1.2 Tempo de Ciclo	15
2.1.3 Definindo a Capacidade	15
2.2 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL	17
2.2.1 Definindo Ações e Metas Globais	18
2.2.2 Definindo Ações e Metas Específicas	19
2.3 ÍNDICE DE EFICIÊNCIA GLOBAL	20
2.4 IMPLANTAÇÃO DO TPM	21
2.5 MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL	22
2.6 SISTEMA DE EXECUÇÃO DA MANUFATURA	23
2.7 ANÁLISE DE RETORNO DE INVESTIMENTO	25
3 METODOLOGIA	27
4 ANÁLISE DO PROBLEMA E RESULTADOS	29
4.1 A EMPRESA	29
4.2 CARGA-MÁQUINA	30
4.3 SOFTWARE DE MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO	32
4.3.1 Levantamento de dados	33
4.3.2 Índice de Disponibilidade	34
4.3.3 Índice de <i>Performance</i>	37
4.3.4 Índice de Qualidade	38
4.4 RETORNO DE INVESTIMENTO – MÉTODO I	39
4.4.1 Custo de Transporte de Dados	40
4.4.2 Custo de Refugo	41
4.4.3 Custo de Atraso na Detecção de Problemas	42
4.4.4 Valor Presente Líquido	42
4.5 RETORNO DE INVESTIMENTO – MÉTODO II	43
4.5.1 Conceituação	44
4.5.2 Aplicação	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
5.1 MENSURAÇÃO DA EFICIÊNCIA	47
5.2 OBJETIVOS ALCANÇADOS	48

5.3 PRÓXIMAS AÇÕES	49
RERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMA DA EFICIÊNCIA

A função básica de um Engenheiro de Produção é a implantar técnicas e ferramentas que visam otimizar a utilização dos recursos da empresa. A importância de um profissional especializado nessa tarefa é justificada pelo fato de que a má utilização dos recursos causa os problemas mais custosos da empresa. A razão entre o valor do bem produzido e dos recursos gastos em sua fabricação é chamado de OEE, o índice de eficiência global dos equipamentos.

Frederick Taylor cita o ex-presidente americano Theodore Roosevelt logo no início de sua aclamada obra *The Principles of Scientific Management* de 1911: “A conservação de nossos recursos naturais é apenas fase preliminar do problema mais amplo da eficiência nacional” (ROOSEVELT apud. TAYLOR, 1976, p.25).

Até esse momento não era dada a devida importância à eficiência do sistema produtivo, logo Taylor ficou conhecido como o pai da administração científica por ser o pioneiro nos estudos de aproveitamento do tempo disponível, afirmando que no futuro o homem deixará de estar em primeiro lugar e o sistema terá a primazia. Seus ensinamentos continuam sendo referência mesmo um século após sua publicação.

A maior meta da administração atual é assegurar a prosperidade tanto do empregador quanto do empregado, mas a maioria das pessoas tende a acreditar que é uma meta inalcançável, dizendo que os interesses das duas pontas da hierarquia são necessariamente antagônicos, o que não é verdade. A eficiência global só é atingida quando há comprometimento e satisfação de todo o time envolvido, assim como nos esportes em equipe, a vitória não é alcançada com o esforço de apenas um jogador. Porém há três causas principais que justificam os baixos rendimentos e as quedas de produtividade em uma organização (TAYLOR, 1976):

1. A crença de que o maior rendimento do homem e da máquina terá como resultado o desemprego de um grande número de operadores;
2. O defeituoso sistema administrativo que incentiva a improdutividade dos empregados que querem proteger seus interesses;
3. O uso de métodos empíricos para identificar o rendimento que gera perdas de grande parte do esforço dos empregados.

Mais tarde surgiram estudiosos no Japão que desenvolveram novas filosofias para evitar essas resistências durante a implantação das ações para melhoria da eficiência dos processos.

O que Taylor propõe é a base para as filosofias japonesas criadas posteriormente, assim como o *Just-in-time*, a TPM (Manutenção Produtiva Total) visa reestruturar o sistema administrativo da empresa colocando o resultado final como o objetivo-meta de toda a organização. Os efeitos da Segunda Guerra Mundial desenvolveram no Japão “a conservação dos recursos naturais”, descrito por Roosevelt, em uma escala jamais vista na indústria americana. A evolução forçada do rendimento da manufatura japonesa resultou em incríveis ferramentas de gestão da produção, como *Kanban*, *Six Sigma* e o índice OEE (Eficiência Global do Equipamento), desenvolvido pelo JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance* como principal o indicador do TPM que é estudado neste trabalho.

1.2 JUSTIFICATIVA

A empresa apresentada neste trabalho possui um grave problema de eficiência no setor de fundição sob pressão, onde é realizada a injeção de componentes de alumínio. Mas o problema de eficiência não é exclusividade de fundições, qualquer setor sofre com a má utilização de recursos devido a um difícil monitoramento detalhado dos processos, logo cada vez mais empresas estão aderindo a *softwares* que realizam o monitoramento das atividades produtivas, pois através das informações precisas adquiridas rapidamente torna-se viável a implantação de um novo ambiente fabril que tem como base o trabalho sem desperdícios das filosofias japonesas.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3.1 Objetivo geral

Estudar a viabilidade econômica da aquisição da licença de um *software* de monitoramento em tempo real da produção.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar a conceituação de ferramentas da filosofia TPM – Manutenção Produtiva Total e de análises financeiras;
- Levantar as possíveis melhorias no sistema produtivo vindas da utilização de um *software* de monitoramento;
- Levantar e categorizar as receitas e custos envolvidos no processo de injeção de componentes de alumínio;
- Realizar cálculos para prever o tempo de retorno do capital investido nas licenças do *software*.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O **Capítulo 2** do trabalho apresenta a fundamentação teórica, onde serão realizadas pesquisas nas principais bibliografias de autores nacionais e internacionais sobre PCP, TPM e finanças que serão aplicadas no trabalho. Em seguida no **Capítulo 3** são apresentados os procedimentos metodológicos do trabalho. No **Capítulo 4** é realizado um acompanhamento da produção através de um *software* de monitoramento em tempo real durante o período necessário para uma boa qualidade de amostras, então serão propostas ações de melhorias baseadas nos princípios do TPM utilizando o *software* como “guia” para justificativas de implantação e calcular o retorno de investimento em função do indicador de eficiência OEE. Em seguida são aplicados dois métodos para viabilizar o projeto financeiramente, onde os dados são retirados do *software* de monitoramento e do sistema de gestão empresarial da empresa e categorizados com o auxílio de bibliografias da área. O trabalho é concluído no **Capítulo 5**, onde são feitas considerações sobre as vantagens da utilização de sistemas de execução da manufatura.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica fornece o suporte necessário para que os objetivos do trabalho sejam alcançados. É apresentada a importância do setor de PCP na organização, as funções e vantagens de um sistema MES e como a filosofia TPM atua dentro de um sistema produtivo utilizando o índice OEE como suporte à tomada de decisões.

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O PCP (Planejamento e Controle da Produção) é o setor que coordena todos os outros setores servindo como o principal vínculo entre produção e vendas, assim como empresa e cliente. A importância do PCP para esse trabalho é sua posse e fornecimento de informações da produção.

Slack (2009) estabelece que o planejamento e controle deva garantir que a produção ocorra eficazmente e produza produtos e serviços como se deve na quantidade adequada, no momento adequado e no nível de qualidade adequado.

O PCP, definido por Tubino (2000), é um conjunto de funções do sistema desenvolvidas por um departamento de apoio a Produção para atingir as metas e estratégias, formulando planos, direcionando a ação dos recursos humanos sobre os físicos e acompanhando a ação que permite a correção de prováveis desvios. Ou seja, o setor de PCP é responsável por atividade como controle da carteira de pedidos, da produção e de estoques, planejamento das necessidades de materiais, da capacidade e da produção, além da elaboração do Plano Mestre da Produção. Apesar da interação e importância do PCP com todas as áreas da cadeia de suprimentos, esse trabalho usa principalmente os conceitos de suas atividades, o planejamento e controle da capacidade, pois:

Prover a capacidade de satisfazer a demanda atual e futura é uma responsabilidade fundamental da administração da produção. Um equilíbrio adequado entre capacidade e demanda pode gerar altos lucros e clientes satisfeitos, enquanto o equilíbrio “errado” pode ser potencialmente desastroso (SLACK, 2009, p.253).

Uma boa gestão da capacidade é capaz de eliminar qualquer má utilização de tempo retornando como lucro para a empresa.

2.1.1 Capacidade

A capacidade definida pelo PCP possui uma dimensão diferente a do uso comum. Enquanto o termo é geralmente associado a grandezas físicas, como volume, os ambientes fabris estão incorporando o *tempo* como principal dimensão de capacidade. Quantas peças são transformadas em um intervalo de tempo sob condições normais de operação.

Segundo Pires *apud* Amato Neto (2001), o planejamento e controle da capacidade é uma atividade que procura estipular quais devem ser os níveis de produção máximos que os recursos produtivos possuem em um determinado horizonte de tempo e toma providências para que a capacidade planejada seja realizada corretamente.

O cálculo da capacidade de produção é um dos maiores desafios do PCP devido à defasagem dos dados disponibilizados pelos setores responsáveis pela cronoanálise e/ou apoio à produção com a realidade, além de ser de extrema importância para o sequenciamento de uma *schedule* da produção eficiente. Como requisitos para a realização desse cálculo, é necessário o completo entendimento de um conceito básico: o *tempo de ciclo*.

2.1.2 Tempo de Ciclo

Tempo de ciclo é a unidade básica da capacidade, conhecido como o tempo necessário para produzir uma peça (unidade) ou realizar uma operação.

“(...) uma informação importante é a definição dos limites técnicos da capacidade de produção, em termos de tempo de ciclo” (TUBINO, 2000). O tempo de ciclo é um elemento vital, pois tem influência significativa sobre a maioria das outras decisões detalhadas de projeto e é definido como o *tempo que decorre entre a finalização de dois produtos* (SLACK, 2002).

Com essa informação é possível estimar o tempo necessário para realizar um conjunto de operações, produzir um lote, definir o custo do produto e também definir qual é a capacidade máxima de produção da fábrica.

2.1.3 Definindo a Capacidade

A definição a capacidade, apesar de ser uma função básica do PCP, dificilmente é realizada com precisão. Atualmente existem poucas indústrias que conhecem exatamente todo o seu potencial de produção devido à imprevisibilidade da maioria dos processos industriais.

Slack (2009) diz que o principal problema com a medição da capacidade é sua complexidade. Se uma empresa produzisse apenas um produto, teríamos a necessidade de apenas uma fórmula simples para definir capacidade, estipulada por Tubino (2000), segundo a equação 1:

$$\text{Capacidade de Produção} = \frac{\text{Tempo disponível para Produção}}{\text{Tempo de Ciclo}} \quad (1)$$

Imaginando que esse produto seja produzido em um turno de oito horas com tempo de ciclo de 0,5 horas, a empresa teria uma capacidade de produzir 16 produtos por turno de trabalho.

Porém há duas principais fontes de complexidade desse conceito: geralmente as empresas não realizam apenas uma atividade, logo o volume de produção depende diretamente do *mix* da produção; e os incontáveis desperdícios dentro da manufatura consumem a capacidade reservada para a produção, observando isso, Ohno (1993) descreve uma nova fórmula (ver equação 2) para capacidade baseada na filosofia do Sistema Toyota de Produção.

$$\text{Capacidade de Produção} = \text{Trabalho} + \text{Desperdícios} \quad (2)$$

Onde o passo preliminar, ainda segundo Ohno (1993), é a identificar completamente os sete desperdícios:

- Desperdício de superprodução;
- Desperdício de tempo disponível;
- Desperdício em transporte;
- Desperdício do processamento;
- Desperdício de estoque disponível
- Desperdício de movimento;
- Desperdício de produção de produtos defeituosos.

Unindo as ideias de desperdício e *mix* de produção, é possível desenvolver uma nova fórmula para definição de capacidade para cadeias produtivas mais complexas, mas para isso é necessário compreender que peças podem ser medidas como tempo (horas, segundos, meses, etc.), assim como é possível converter o tempo em peças.

Em outras palavras, as empresas geralmente utilizam unidades para capacidade de produção como *quantidade produzida*, *peso transformado* ou *custo de produção* que geram interpretações erradas. Por exemplo, uma fábrica que calculou sua capacidade em dez toneladas pode ter problemas no planejamento da produção, pois teoricamente é possível

utilizar a capacidade tanto para produção de 10.000 peças de um quilograma como para 100 peças de 100 quilogramas, mas as duas situações não utilização necessariamente o mesmo tempo disponível, uma fábrica com máquinas pequenas terá mais dificuldade em produzir peças grandes, logo os valores de “peso” ou “custo” não serão obrigatoriamente proporcionais à quantidade de peças produzidas.

Observando a equação 3 abaixo, identificamos duas partes (dois somatórios) identificadas por Ohno (1993) como “trabalho” e “desperdício”. A primeira parte é a definição de Tubino (2000) para capacidade expandida para vários itens. A segunda parte é a soma dos tempos de desperdícios na produção convertidos em “peças” de modo que são identificadas quantas peças deixaram de ser produzidas.

$$\text{Capacidade} = \sum_i \left(\frac{\text{tempo disponível do item } i}{\text{tempo de ciclo do item } i} \right) + \sum_i \left(\frac{\text{tempo de desperdício do item } i}{\text{tempo de ciclo do item } i} \right) \quad (3)$$

Logo, capacidade de produção é a soma de todas as peças que produzimos mais todas as peças que poderiam ser produzidas se não houvesse perdas como trocas de ferramenta, falta de insumos, refugo, falta de programação e outras inúmeras perdas que dificilmente são mensuradas através dos métodos tradicionais de apontamento da produção.

2.2 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A Manutenção Preventiva foi originalmente concebida nos Estados Unidos em 1950 e teve sua metodologia refinada pelos japoneses, devido à maior exigência do mercado no país, quando em 1970 teve início o TPM, criado pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) e implantado na empresa Nippon Denso KK do grupo Toyota.

A Manutenção Produtiva Total (MPT), também conhecida como TPM (*Total Productive Maintenance*), atividades de manutenção produtiva com participação de todos os funcionários da empresa – está entre os métodos mais eficazes para transformar uma fábrica em uma operação com gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as mudanças da sociedade contemporânea. (TAKAHASHI, 1993, p.1)

Kardec & Nascif (1998) comentam que o mercado cada vez mais competitivo do mercado obrigou as empresas a buscarem obter o melhor desempenho dos equipamentos, eliminando desperdícios interrupções por quebra, reeducando operadores e modificando a sistemática de trabalho como um todo. É uma filosofia ambiciosa e à primeira vista utópica, pois as indústrias tem o desafio de atingir a produção perfeita, sem absolutamente nenhuma avaria (TAKAHASHI, 1993). A realização das tarefas de Manutenção Produtiva exige muito

do operador para que sejam atendidas as metas de “zero defeitos”, “zero paradas” e “zero acidentes”, mas são ações justificáveis, visto que apenas 0,1% de defeitos em produtos como carros e televisores que possuem mais de 1000 componentes são o suficiente para reduzir a confiabilidade do produto inteiro.

O TPM objetiva a eficácia da empresa através de maior qualificação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos. Também prepara e desenvolve pessoas e organizações aptas para conduzir as fábricas do futuro dotadas de automação (KARDEC & NASCIF, 1998, p.181).

Takahashi (1993) define cinco exigências para o TPM:

1. Criar equipamentos com maior rendimento global possível;
2. Definir um TPM que leve em conta toda a vida útil do equipamento;
3. Manter a motivação através de atividade de pequenos grupos independentes;
4. Abordar o planejamento, a utilização e a manutenção do equipamento;
5. Contar com a participação de toda a empresa, desde os altos executivos até os operários. Todos tem sua função na Manutenção Produtiva Total.

Essas exigências dão subsídios para a elaboração das metas e planos de ações para a implantação do TPM. Colocar as exigências em documentos formais facilita o cumprimento das mesmas e serve como um guia de implantação para todos os funcionários.

2.2.1 Definindo Ações e Metas Globais

A meta principal do TPM é simples: obter o melhor lucro para a empresa através de ações de redução de custos. Takahashi (1993) diz que as ações e metas devem ser ajustadas às características da empresa ligando às atividades da fábrica para descrever as formas pelas quais os gerentes e supervisores da fábrica entenderão os verdadeiros valores do TPM.

Takahashi (1993) também cita duas causas de fracasso na implantação do TPM. Uma é a compilação descuidada das metas. A definição das metas e as formas de alcançá-las dependem diretamente da situação inicial da empresa, tentar utilizar metas de outras fontes ou desconsiderar limitações do seu ambiente fabril impedirá que as ações sejam aplicadas nas fontes reais de desperdício. Logo o plano de implantação deve ser totalmente analisado e revisado de forma que sejam consideradas apenas as circunstâncias reais da sua produção em específico.

A outra causa do fracasso é a falta de conhecimento da alta gerência. Um dos sentidos do termo *Total* (T do TPM) é a integração de toda a estrutura empresarial para uma implantação eficiente, é a quinta exigência de Takahashi (1993) para o TPM. A redução de

custo não está apenas na manutenção física do equipamento, um planejamento incoerente pode reduzir a utilização de uma máquina em perfeito funcionamento através dos sete desperdícios citados anteriormente por Ohno (1993). Entretanto as metas não são estipuladas pela alta gerência, mas pela equipe de implantação que transmite as ações para os níveis mais altos da hierarquia empresarial, onde são aprovadas ou não. Se não, significa que os gerentes não foram totalmente convencidos do retorno do TPM e falta confiança e/ou conhecimento sobre as metas.

2.2.2 Definindo Ações e Metas Específicas

As ações de manutenção devem estar focadas em um plano específico de manutenção, assim como cada natureza de metas possui seu próprio plano específico, como plano de investimento, plano de qualidade, plano de melhoria de utilização do equipamento, etc. Assim como as metas globais, as exigências do TPM também são aplicadas na definição dos planos específicos, principalmente o consenso das pessoas envolvidas no processo de implantação.

Takahashi (1993) afirma que as metas não devem focar apenas nos reparos e restaurações de máquinas, mas em atividades associadas à melhoria da produtividade da fábrica em termos de qualidade, custo e gerenciamento da produtividade. Segundo Kardec & Nascif (1998), as pessoas da organização devem estar aptas para conduzir as fábricas do futuro depois da adequação do perfil dos empregados através de treinamento e capacitação para a conquista da meta principal do TPM: “Melhoria no resultado global final”.

Quadro 1 – Adequação do perfil dos empregados

Operadores	Execução de atividade de manutenção de forma espontânea (lubrificação, regulagem...)
Manutenção	Execução de tarefas na área da mecatrônica
Engenheiros	Planejamento, projeto e desenvolvimento de equipamentos que “não exijam manutenção”

Fonte: Adaptado de Kardec, A. & Nascif, J. (1998)

O Quadro 1 mostra um exemplo de especialização de alguns perfis de empregados, onde os operadores passam a realizar a manutenção autônoma com tarefas simples para que o pessoal da manutenção possa focar em tarefa de maior complexidade.

2.3 ÍNDICE DE EFICIÊNCIA GLOBAL

O TPM tem como desafio aprimorar o índice de eficiência global dos equipamentos, ou o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que representa o porcentual de fato utilizado em produção pelo equipamento. Ele é formado por três componentes representados por equações simples:

- Disponibilidade: tempo que a máquina esteve disponível para trabalho, onde são subtraídas as paradas do tempo total do turno de trabalho;

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo total} - \text{Paradas não programadas}}{\text{Tempo total}} \quad (4)$$

- *Performance*, o ritmo em que as operações são realizadas que diminui em função de quedas de velocidade e pequenas paradas não registradas;

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo de ciclo} \times \text{Ciclo realizados}}{\text{Tempo de produção}} \quad (5)$$

- Qualidade, a razão de peças dentro dos padrões de qualidade, onde são desconsideradas as peças refugadas e retrabalhadas.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças boas}}{\text{Peças produzidas}} \quad (6)$$

Cada um desses fatores representa um percentual de uma produção perfeita, sem desperdícios, sendo o OEE o produto desses três valores, mostrado na equação 7 abaixo, consequentemente um valor entre “zero” e “um”, onde “zero” representa nenhuma operação realizada com sucesso e “um” representa uma produção sem desperdícios, 100% do potencial.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (7)$$

É possível também a utilização do índice TEEP ao invés do OEE, apesar de menos comum. O TEEP (*Total Effective Equipment Productivity*) segue o mesmo princípio do OEE para mensurar a eficiência, a diferença é que o TEEP considera todas as 24 horas do dia, os fins de semanas e feriados, enquanto o OEE considera apenas as horas planejadas de trabalho. Esse índice auxilia o planejamento de horas extras e criação de novos turnos de trabalho, porém o OEE representa situações específicas com melhor precisão.

2.4 IMPLANTAÇÃO DO TPM

O TPM geralmente obedece ao esquema apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Etapas da Implantação do TPM

Fase	Nº	Etapa	Ações
Preparatória	1	Comprometimento da alta administração	<ul style="list-style-type: none"> • Divulgação do TPM em todas as áreas da empresa • Divulgação através de jornais internos
	2	Divulgação e treinamento inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Seminário interno dirigido a gerentes de nível superior e intermediário • Treinamento de operadores
	3	Definição do Comitê responsável pela implantação	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturação e definição das pessoas do Comitê de Implantação
	4	Definição da Política e Metas	<ul style="list-style-type: none"> • Escolha das metas e objetivos a serem alcançados
	5	Elaboração do Plano Diretor de Implantação	<ul style="list-style-type: none"> • Detalhamento do plano de implantação em todos os níveis
Introdução	6	Outras atividades relacionadas com a introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Convite a fornecedores, clientes e empresas contratadas
Implementação	7	Melhorias em máquinas e equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de áreas e/ou equipamentos e estruturação das equipes de trabalho
	8	Estruturação da Manutenção Autônoma	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação da Manutenção Autônoma, por etapas, de acordo com programa • Auditoria de cada etapa
	9	Estruturação do Setor de Manutenção e condução da Manutenção Preditiva	<ul style="list-style-type: none"> • Condução da Manutenção Preditiva • Administração do Plano MPd • Sobressalentes, Ferramentas, Desenhos...
	10	Desenvolvimento e capacitação do Pessoal	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de pessoal de operação para desenvolvimento de novas habilidades relativas a manutenção • Treinamento de pessoal de manutenção para análise, diagnóstico, etc. • Formação de líderes • Educação de todo o pessoal
	11	Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão do fluxo inicial • LCC (Life Cycle Cost)
Consolidação	12	Realização do TPM e seu aperfeiçoamento	<ul style="list-style-type: none"> • Candidatura ao Prêmio PM • Busca de objetivos mais ambiciosos

Fonte: Adaptado de Kardec, A. & Nascif, J. (1993)

Como em toda proposta de melhoria, o primeiro passo é a análise da realidade atual, a qual Takahashi (1993) ressalta a importância de uma análise sem tendências, de um ponto de

vista objetivo, sem utilizar conclusões baseadas na conveniência. Além disso, é necessária a análise de seis elementos críticos que se relacionam diretamente com o equipamento:

1. Relação entre volume de produção e equipamento;
2. Relação entre qualidade e equipamento;
3. Relação entre custo e equipamento;
4. Relação entre data de entrega e equipamento;
5. Relação entre segurança, ambiente e equipamento;
6. Relação entre motivação e equipamento.

Há um setor diferente responsável pela divulgação dos indicadores de cada relação listada, ressaltando a importância de todos os empregados da empresa na implantação do TPM. Há vários indicadores que representam as relações de eficiência do equipamento que podem ser indicadores quantitativos ou qualitativos, assim como há várias ferramentas para obtenção desses valores, cabe a cada setor ter responsabilidade e conhecimento suficiente para relacionar todos os índices necessários para uma implantação eficiente ou cabe à empresa propor a capacitação dos profissionais que realização essa tarefa. Logo após, é indispensável a compreensão completa do significado real dos efeitos dos indicadores, o resultado não passará de uma mera coleta de dados e uma enorme perda de tempo (TAKAHASHI, 1993). A observação do impacto de cada indicador no resultado global da empresa é requisito para a elaboração das primeiras ações do TPM.

Por exemplo, o índice OEE representa uma relação entre volume de produção e o equipamento, mas se não for analisado os motivos de origem da queda dos índices de disponibilidade, *performance* e qualidade não é possível aplicar ações na raiz do problema, assim como os indicadores devem ser corretamente apontados após a implantação para que possa ser mensurado a melhoria real das ações implantadas, caso contrário, OEE será apenas mais um número sem significado.

2.5 MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL

WCM (*World Class Manufacturing*) é o termo utilizado para descrever as melhores fábricas do mundo, que reconhecem a importância da fabricação como arma estratégica, focando na satisfação sustentável do consumidor através de elementos como qualidade, custo, flexibilidade, confiabilidade e inovação.

Nakajima (1989) calcula que as empresas WCM tenham 85% como valor ideal do OEE, sendo, como indicadores parciais, 90% de disponibilidade, 95% de *performance* e 99% de qualidade.

Buker, Inc. (1993) resume sete ganhos ao se atingir as metas *World Class*:

1. Redução do *lead time* em 50-75%;
2. Redução dos custos em qualidade em 45-55%;
3. Redução de estoques em 40-60%;
4. Redução do espaço físico em 40-60%;
5. Redução do *lead time* de desenvolvimento de novos produtos em 30-50%;
6. Redução dos custos de produção em 20-40%;
7. Redução nos custos de materiais em 5-20%.

Ainda segundo Buker, Inc. (1993), é possível conquistar a meta *World Class* entre 90 e 120 dias seguindo cinco passos: *Educação, Avaliação, Plano de Ação, Equipe Multifuncional e Mensuração do Desempenho*.

As atividades de planejamento e controle da capacidade de uma WCM são redefinidas, tendo em vista que uma produção estável (sem desvios e paradas) não tem problemas na estipulação das limitações da capacidade, logo os esforços de planejamento perdem o foco do ambiente interno da fábrica e começam a se concentrar nos clientes e fornecedores externos, os novos gargalos da produção. São poucos os casos de empresas que possuem sistemas capazes de integrar o planejamento e controle da capacidade ao longo de toda a cadeia de suprimentos (PIRES apud AMATO NETO, 2001).

2.6 SISTEMA DE EXECUÇÃO DA MANUFATURA

A indústria está passando para uma nova fase, onde a tecnologia começa a atuar no apoio a tomada de decisões reduzindo a imprecisão e imprevisibilidade das ações humanas. Os sistemas de execução da manufatura (MES) ainda não são amplamente divulgados nas empresas familiares devido à falta de informações sobre o retorno do alto investimento inicial para a aquisição desses sistemas. Porém a cada dia, novas empresas estão dando *feedbacks* positivos depois de pouco tempo após a utilização dos sistemas MES.

O maior benefício para nossa companhia é que os dados precisos em tempo real aprimoram o processo de fazer decisões, e as ações/decisões resultantes aprimoram o atendimento ao consumidor e diminuem o tempo de ciclo para todas as informações relacionadas ao MES (MESA International apud Teledyne Alvac, 1997, p. 1).

MES (*Manufacturing Execution System*) é uma categoria para *softwares* de gerenciamento do chão de fábrica considerados como uma “tecnologia chave” para melhoria

da capacidade fabril de curto prazo, pois são capazes de providenciar a informação certa em tempo real e mostrar ao tomador de decisões como as condições atuais da manufatura podem ser otimizadas (MESA International, 1997).

Uma das responsáveis pela popularização dos *softwares* MES foi a associação MESA International, formada em 1992, que representa os vendedores e desenvolvedores desses *softwares* conduzindo estudos e incentivando o crescimento da indústria no mundo todo. Durante a década de 90, o mercado dos MES crescia 30% ao ano (MESA International, 1997).

Jürger Kletti (2007) define como principal função do MES a gestão integrada dos diversos setores da organização, incluindo atividades como planejamento da produção, garantia de qualidade, controle de mão-de-obra, análise de ciclo de vida do produto, acompanhamento do OEE, definição de rota e rastreio de material. Esses sistemas servem de intermediador, eliminando as fronteiras entre ERP e chão-de-fábrica, logo essa unificação permite que implantações e controles de processos e melhorias vindas dos setores administrativos cheguem ao chão de fábrica sem ruídos, sem informações falsas ou inconsistentes e com um número consideravelmente reduzido de procedimentos burocráticos.

Para comprovar os benefícios da implantação, o instituto MESA International (1997) realizou uma série de entrevistas com empresas consumidoras dos sistemas MES, que incluem indústrias automotivas, metalúrgicas, de plásticos, comunicação, produtos médicos, elétricos e de fibras de vidro para mostrar a flexibilidade dos sistemas em se adaptar a qualquer setor fabril e chegou aos seguintes resultados, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Respostas das Entrevistas sobre MES

Item analisado	Área de redução	Redução média
Tempo de ciclo de produção	10 – 80%	35%
Tempo de entrada de dados	0 – 90%	36%
Estoque em processo	0 – 100%	32%
Papéis entre troca de turnos	0 – 100%	67%
Lead time	0 – 80%	22%
Defeitos	0 – 65%	22%
Perda de documentos/desenhos	0 – 100%	55%

Fonte: Adaptado de MESA International (1997)

É necessário ressaltar que os dados recolhidos sofrem uma variação considerável e não são considerados como consenso por todos os usuários ou como um estudo estatístico válido. Esses dados servem, na realidade, como referência para que os candidatos a futuras implantações tenham ciência que podem reduzir em média 30% do custo total de todo setor produtivo da uma fábrica com sistemas de execução da manufatura.

O estudo de caso entra em detalhes de funções de um sistema MES candidato à implantação em uma fundição de alumínio no **Capítulo 4.3**, além de sua integração com o TPM. O objetivo do trabalho é mostrar o tempo estimado de retorno do investimento deste *software*. Para isso é necessário identificar alguns conceitos de custos de produção e definir algumas metodologias para provar a viabilidade.

2.7 ANÁLISE DE RETORNO DE INVESTIMENTO

Esse capítulo apresenta os conceitos de matemática financeira e custos de produção necessários para a realização da análise do retorno do investimento no estudo de caso. Em um trabalho sobre a eficiência de produção de lotes de peças, é preciso classificar os custos do produto em função das oscilações das atividades.

- **Custo Fixo:** “É constante no total, na faixa de volume relevante da atividade esperada que está sendo considerada” (LEONE, 1981, p.69);
- **Custo Variável:** “É um custo que é proporcional ao nível de atividade – o custo total aumenta à medida que a atividade aumenta” (LEONE, 1981, p.69);
- **Centro de Custo:** “É uma unidade que a Contabilidade de Custos cria, dentro da organização, como um dos meios para obter dados e acumular custos” (LEONE, 1981, p.487).

Com os conceitos devidamente entendidos, é feita a identificação de um modo de recolher os dados usados nos cálculos. Kletti (2007) utiliza uma metodologia para provar o retorno de investimento de um sistema MES, em que ele discrimina o custo adicional da gestão manual em cinco tópicos:

1. Custo de aquisição e estimativa de dados;
2. Perda de eficiência;
3. Custo de planejamento;
4. Custos evitáveis de refugo;
5. Redução de serviços administrativos e de manutenção.

Em seguida é considerada a desvalorização do capital no tempo. O Valor Presente Líquido é uma fórmula muitas vezes ignorada por equipes de implantação de pequenas melhorias, mesmo que para um planejamento em longo prazo cause diferenças significantes no resultado previsto. O VPL é facilmente obtido com o auxílio de planilhas eletrônicas ou calculadoras financeiras.

Assim como a maioria dos projetos de melhoria, os conceitos são simples de entender, mas o verdadeiro desafio está na interpretação do problema, na identificação das soluções e saber quando aplicar corretamente a teoria aprendida.

3 METODOLOGIA

O trabalho apresentou os seguintes procedimentos metodológicos para alcançar seu objetivo, aplicando o conhecimento acadêmico em um cenário industrial:

a) Fundamentação teórica:

- Foi realizada uma pesquisa bibliográfica a fim identificar todos os conceitos necessários para a realização de análise eficaz do problema. As referências de Nigel Slack dão uma visão geral da organização, enquanto Dalvio Tubino é uma relevante fonte de informações sobre o PCP, o setor central do projeto, pois é através do conhecimento do PCP que é possível a análise da próxima etapa do trabalho, a identificação da situação atual da empresa;
- Foi realizada também uma pesquisa na sobre as etapas, os requisitos e as metas da implantação do TPM, além de conceitos de custos de produção, análise de viabilidade econômica e funções e vantagem de sistemas de monitoramento da manufatura. Essas informações são usadas para definir o retorno do investimento do projeto;

b) Coleta de dados e análise da situação atual:

- Através de informações disponibilizadas nos meios de comunicação da empresa e de entrevistas com funcionários foi traçado o perfil da empresa, mostrando um pouco da história e do planejamento para o futuro;
- Foram levantados os dados da produção através das tabelas de carga-máquina fornecidas diretamente pelos funcionários do setor de PCP nos meses de dezembro de 2012 e janeiro de 2013 que incluem a quantidade de peças programada para produção, as horas necessárias e a quantidade de operadores necessários para produzi-las;
- Já no mês de fevereiro de 2013, foram retirados os dados efetivos de produção dos meses de dezembro e janeiro disponibilizados no sistema gerencial da empresa e comparados com a produção programada a fim de auxiliar na elaboração de propostas de ações de melhoria;
- Foi realizada uma coleta massiva de dados através de uma versão de demonstração de um *software* de monitoramento da produção. O *software* é instalado na injetora que envia dados de produção para o aplicativo no computador da administração,

convertendo esses dados em informações em forma de gráficos e relatórios com filtros personalizáveis.

c) Demonstração de viabilidade do projeto:

- Foram elaboradas algumas propostas de melhoria em função da análise das informações coletadas baseado nas ferramentas ensinadas em cursos de engenharia de produção e nas sugestões dos autores pesquisados;
- A última etapa é a análise de retorno do investimento, quando são aplicados os conceitos de custos de produções nas ferramentas de análise de investimento, principalmente o Valor Presente Líquido. Alguns dados foram coletados e calculados e outros foram estimados através da experiência de autores e pesquisadores dos sistemas de execução da manufatura e dos resultados de outros consumidores desses sistemas.

A maior parte do trabalho foi realizada no computador, utilizando os sistemas ERP e MES da empresa para a coleta de dados e planilhas eletrônicas para os cálculos e análises em geral, mas também houve conversas com funcionários do PCP e da supervisão para definir a estratégia abordada pela empresa e definir a melhor forma de trabalhar o banco de dados desenvolvido na etapa da coleta.

4 ANÁLISE DO PROBLEMA E RESULTADOS

4.1 A EMPRESA

Organizações de tradição geralmente adquirem certos hábitos durante seus muitos anos no mercado que se enraízam na sua estrutura produtiva e administrativa, e ações que buscam quebrar essas antigas rotinas dificilmente conseguem vencer a resistência às mudanças.

A empresa familiar fundada há 80 anos em Joinville apresentada neste trabalho apresenta uma enorme experiência em fornecimento de peças para o mercado automotivo e *know-how* técnico em fundição de ferro e alumínio, mas a recente crise econômica afetou diretamente a comercialização de caminhões devido ao receio dos empreendedores em investir na aquisição de frotas em um novo cenário instável do mercado, o que levou a empresa a canalizar seus investimentos no setor da construção civil com a distribuição de produtos para instalações elétricas com uma carteira de centenas de clientes do varejo.

A crescente demanda da divisão impulsionou à ampliação da capacidade produtiva, com aquisição de máquinas e contratação de mão de obra, gerando consequentemente aumento de custos da produção, o que levou a uma reestruturação da área administrativa com fim de reduzir despesas. Os custos estão majoritariamente vinculados às operações de transformação que são compostos por custos de hora-homem, energia, amortização e outros insumos criando margens de contribuição negativas em algumas famílias de produtos, sendo necessária a reestruturação da cadeia produtiva.

Atualmente a empresa está trabalhando com três turnos de segunda-feira a sexta-feira, os quais o primeiro turno de 8,8 horas, o segundo de 8,55 horas e o terceiro de apenas 6,3 horas, sendo realizadas horas extras para conseguir atender picos de demanda e/ou quedas de produtividade. O setor estudado será a fundição sob pressão, onde são realizadas as operações de injeção de alumínio através de quinze injetoras de 60 a 280 toneladas de capacidade, seguindo a programação definida pelo PCP.

4.2 CARGA-MÁQUINA

As primeiras informações foram obtidas com o PCP da empresa, que disponibilizou a carga-máquina programada para o setor de fundição sob pressão nos meses de dezembro de 2012 e janeiro de 2013 (Ver Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Carga-Máquina de Dezembro

Célula	Programação (peças)	Horas Necess.	Turno	Horas por turno	Máquinas por Turno	Operadores Necessários	Dias Necess. de Produção
Injetoras 60 ton.	1.916.082	2219,06	1º	8,80	10	9,14	14,21
			2º	8,55	10	9,14	14,21
			3º	6,30	10	0,00	0,00
Injetoras 180 ton.	600.631	567,96	1º	8,80	2	1,98	13,85
			2º	8,55	2	1,98	13,85
			3º	6,30	2	0,99	13,85
Injetoras 280 ton.	124.294	1222,18	1º	8,80	3	3,69	17,23
			2º	8,55	3	3,69	17,23
			3º	6,30	3	3,69	17,23

Fonte: PCP da empresa, adaptado (2012)

Tabela 3 – Carga-Máquina de Janeiro

Célula	Programação (peças)	Horas Necess.	Turno	Horas por turno	Máquinas por Turno	Operadores Necessários	Dias Necess. de Produção
Injetoras 60 ton.	1.768.058	2048,6	1º	8,80	10	6,17	18,50
			2º	8,55	10	6,17	18,50
			3º	6,30	10	1,03	18,50
Injetoras 180 ton.	356.020	444,6	1º	8,80	2	1,42	12,81
			2º	8,55	2	1,42	12,81
			3º	6,30	2	0,00	12,81
Injetoras 280 ton.	450.698	1481,9	1º	8,80	3	3,48	20,89
			2º	8,55	3	3,48	20,89
			3º	6,30	3	3,48	20,89

Fonte: PCP da empresa, adaptado (2013)

Os dados são retirados do sistema ERP, que calcula as horas-homem em função da quantidade de peças no romaneio de faturamento e de seus respectivos tempos de ciclo. É estipulado como meta 80% de produtividade, onde o resultado aparece na terceira coluna da Tabela 4 como horas necessárias de produção para suprir a demanda do mês, em seguida é calculado o número de operadores, em função das horas por turno, das máquinas e operadores

disponíveis e da taxa de absenteísmo de 4% e por último, os dias necessários de produção, em função da quantidade de operadores alocados nas injetoras.

No final do período é retirada a produção total do ERP (ver Tabela 4) em quantidade de peças e em horas teóricas para produzi-las, segundo a equação 8:

$$\text{Horas de produção} = \sum_{\text{itens}} \text{Quantidade produzida} \times \text{Tempo padrão} \quad (8)$$

Em seguida é possível comparar a produção real com a produção programada gerando uma porcentagem de atendimento (também na Tabela 4).

Tabela 4 – Razão Produzido/Planejado

Máquina	Pçs. Prod.	Hrs. Prod.
Injetora 60 ton.	3.672.283	3.600,5
Injetora 180 ton.	918.948	940,9
Injetora 280 ton.	393.211	1.496,3

Máquina	Pçs. Plan.	Hrs. Plan.
Injetora 60 ton.	3.684.140	4.267,7
Injetora 180 ton.	956.651	1.012,6
Injetora 280 ton.	256.123	2.704,0

Máquina	Atend.
Injetora 60 ton.	84,4%
Injetora 180 ton.	92,9%
Injetora 280 ton.	55,3%

Fonte: Própria (2013)

Calcular a taxa de atendimento utilizando apenas indicadores básicos (programação e produção) não é o suficiente para mapear os problemas dentro da manufatura, mas já é possível identificar baixas e altas de produção categorizadas por máquina ou turno. A seguir será demonstrado como utilizar recursos tecnológicos para monitorar períodos de produção, descobrir a produtividade e capacidade real e identificar os pontos críticos da eficiência global dos equipamentos.

4.3 SOFTWARE DE MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO

Para obter precisão nos dados recolhidos, foi instalado um *software* de monitoramento na injetora com o maior histórico de paradas durante as operações. O *software* esteve com uma licença para testes, pois era necessário primeiramente construir argumentos através dos resultados obtidos durante esse período de testes que garantissem a viabilidade econômica da licença do *software*.

A principal função do *software* é o acompanhamento on-line da produção, onde as informações são enviadas instantaneamente da injetora ao computador em que o *software* foi instalado. O programa é alimentado com dados do sistema ERP da empresa, como tempo de ciclo e número de cavidades, que são utilizados no cálculo dos indicadores representados por gráficos e relatórios gerados automaticamente. Dentre os indicadores gerados, alguns deles são:

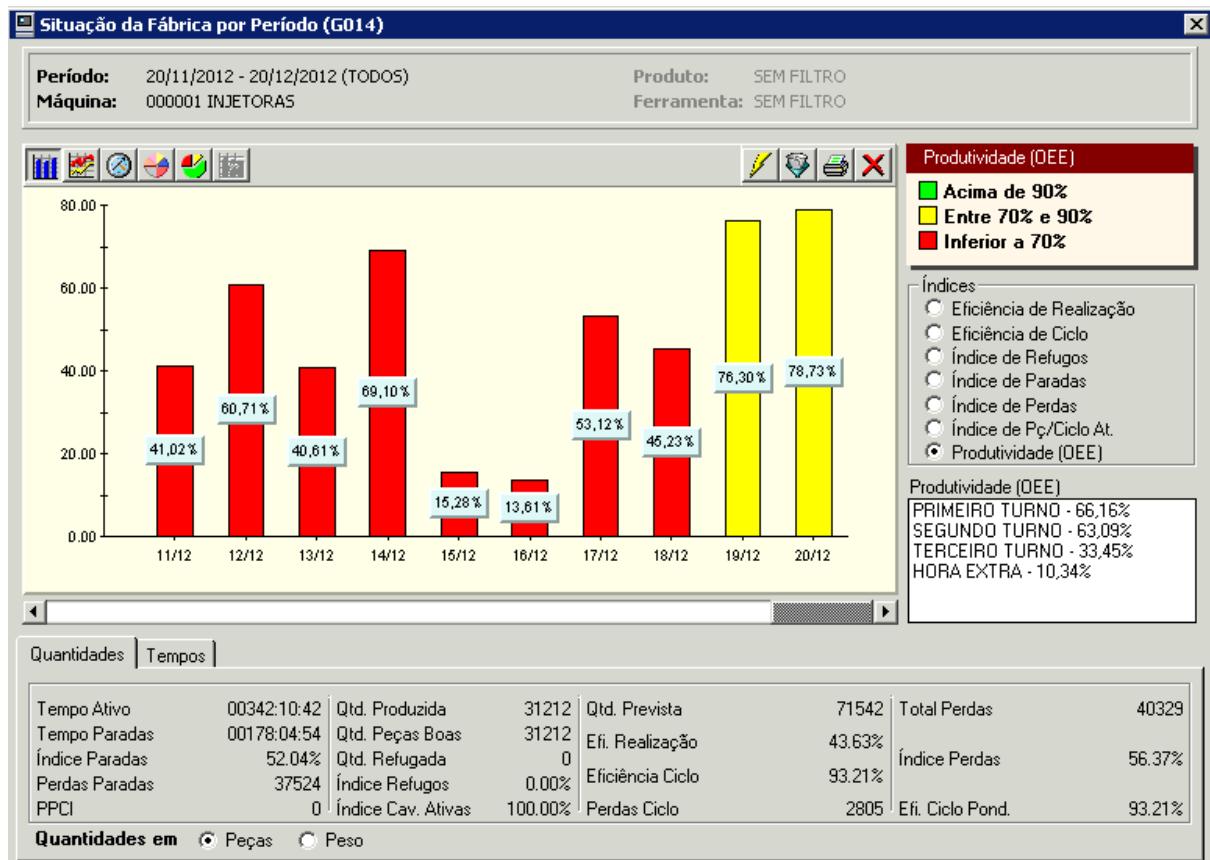
- Tempo de ciclo médio e a comparação com o tempo de ciclo meta;
- Tempo total e porcentagem de paradas;
- Eficiência de ciclo (índice de *performance*);
- Cavidades ativas durante a operação;
- Paradas mais frequentes e duração de cada tipo de parada;
- Produtividade (índice OEE);
- Refugo.

Esses indicadores possuem uma ótima precisão, por serem gerados sem a necessidade de fichas de controle preenchidas pelo operador da máquina, além de identificar a diferença entre paradas e variações de ciclo. O único apontamento que ainda é solicitado ao operador é o código de parada e de refugo. Todas essas funções são requisitos para o cumprimento dos seguintes objetivos:

- Calcular a capacidade e eficiência real;
- Apoiar no planejamento da produção;
- Identificar problemas críticos;
- Viabilizar projetos de melhoria.

A Figura 1 mostra a interface do programa, onde nota-se a facilidade de navegação entre as funcionalidades, sendo possível gerar gráficos da produção de um determinado período apenas estipulando os filtros desejados e selecionando a opção do índice à direita. É apresentado então, não apenas o gráfico, mas informações de tempo de paradas, refugo, tempos de ciclo e outros indicadores de produtividade por turno.

Figura 1 – Interface do Software



Fonte: Versão de teste do MES (2012)

É perceptível que há vantagens não apenas no chão de fábrica, existe também uma melhoria na produtividade dos setores administrativos da empresa. O *software* realiza, em poucos segundos, tarefas que chegam a consumir um dia ou mais de trabalho, como criar relatórios de atendimento, relatórios de qualidade ou relatórios de eficiência da produção, eliminando a necessidade de várias fichas de apontamento e controle de produção.

4.3.1 Levantamento de Dados

Os dados da Tabela 5 exibem uma visão geral da eficiência da injetora dentro de período de dois meses, de 01/12/2012 a 31/01/2013, mostrando os três índices formadores da eficiência global, além do índice TEEP.

É evidente que não foi atingida a meta da empresa de 80%, muito menos a meta *World Class* de 85%, além de que nenhum dos três índices obteve um resultado aceitável. É sugerido que seja analisado cada índice individualmente.

Tabela 5 - Dados de Dezembro e Janeiro

	Disponibilidade	Performance	Qualidade	TEEP
Primeiro Turno	56,27%	93,28%	96,42%	50,61%
Segundo Turno	55,98%	91,70%	96,50%	49,53%
Terceiro Turno	41,00%	95,17%	97,34%	37,98%

Fonte: Própria (2013)

4.3.2 Índice de Disponibilidade

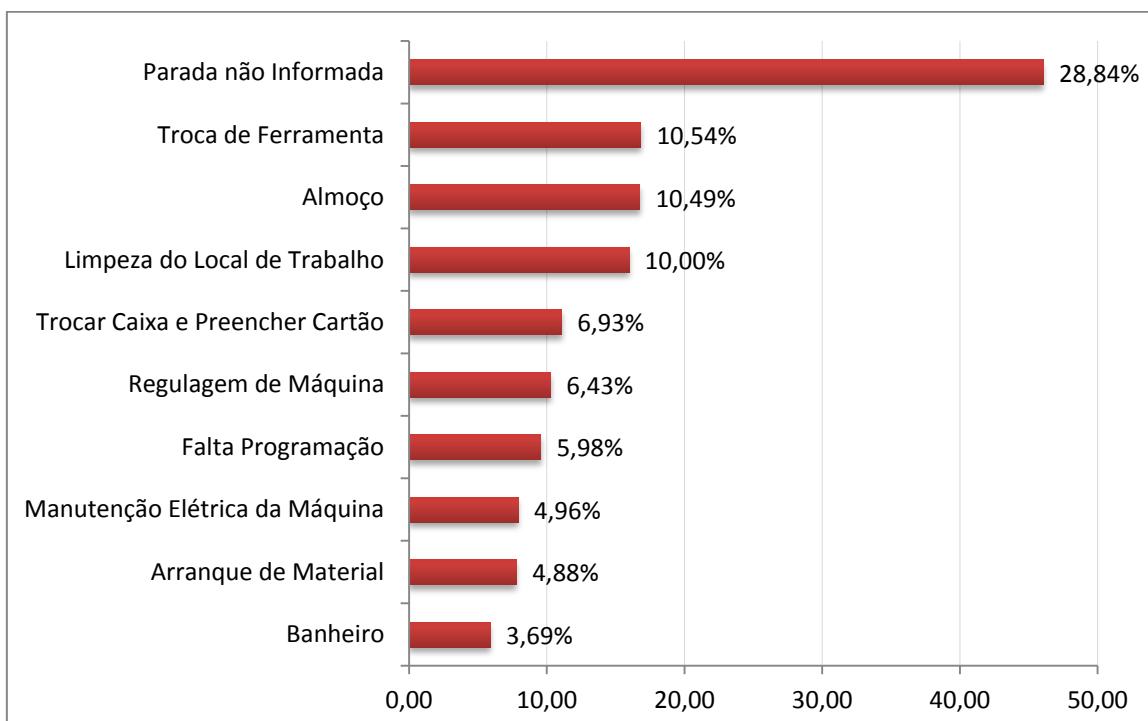
Como visto anteriormente, o índice de disponibilidade é definido pela equação 4:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Horas totais} - \text{Paradas não programadas}}{\text{Horas totais}} \quad (4)$$

Sabendo que “horas totais” é um valor fixo, as únicas variáveis com influência direta sobre o percentual de disponibilidade da máquina são as “paradas não programadas”.

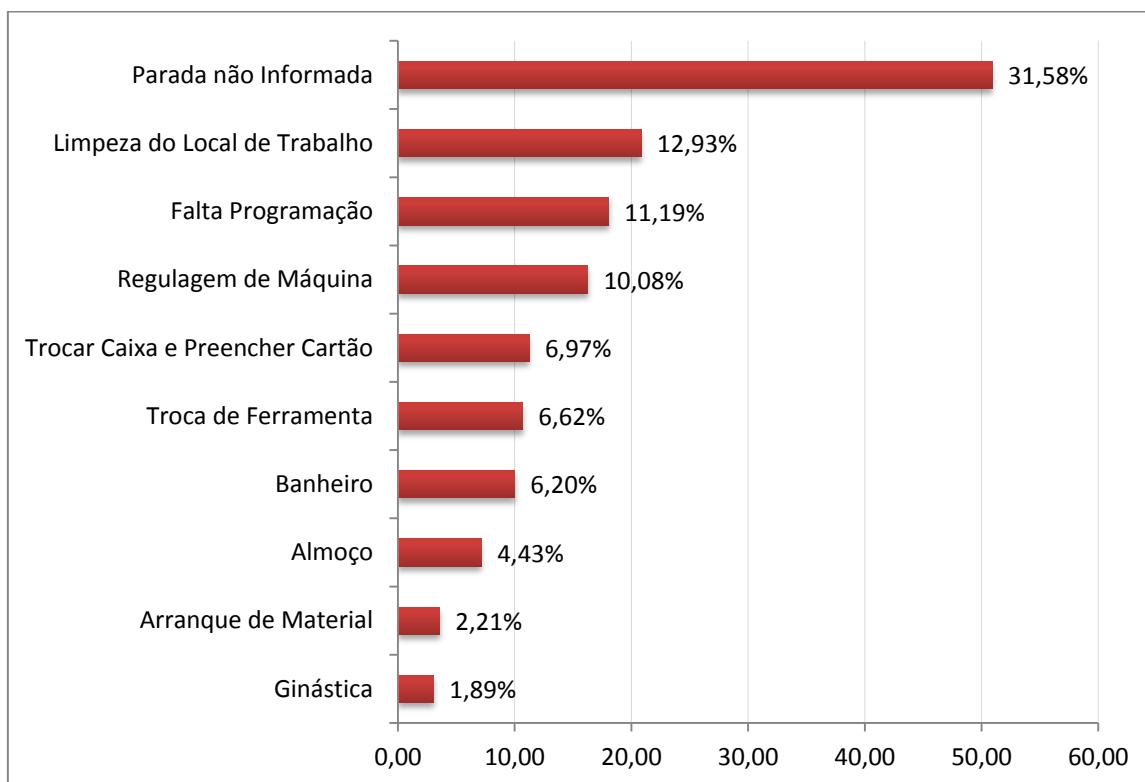
A partir do *software*, foram gerados relatórios de paradas por turno (adaptados nos Gráficos 1, 2, 3 e 4), a fim de identificar os tipos de paradas com maior impacto na produção. Os eixos do gráfico são os tipos de paradas pelas horas de incidência de cada parada, onde foram postos as dez paradas de maior incidência do turno respectivo ao seu gráfico.

Gráfico 1 – Paradas do 1º Turno



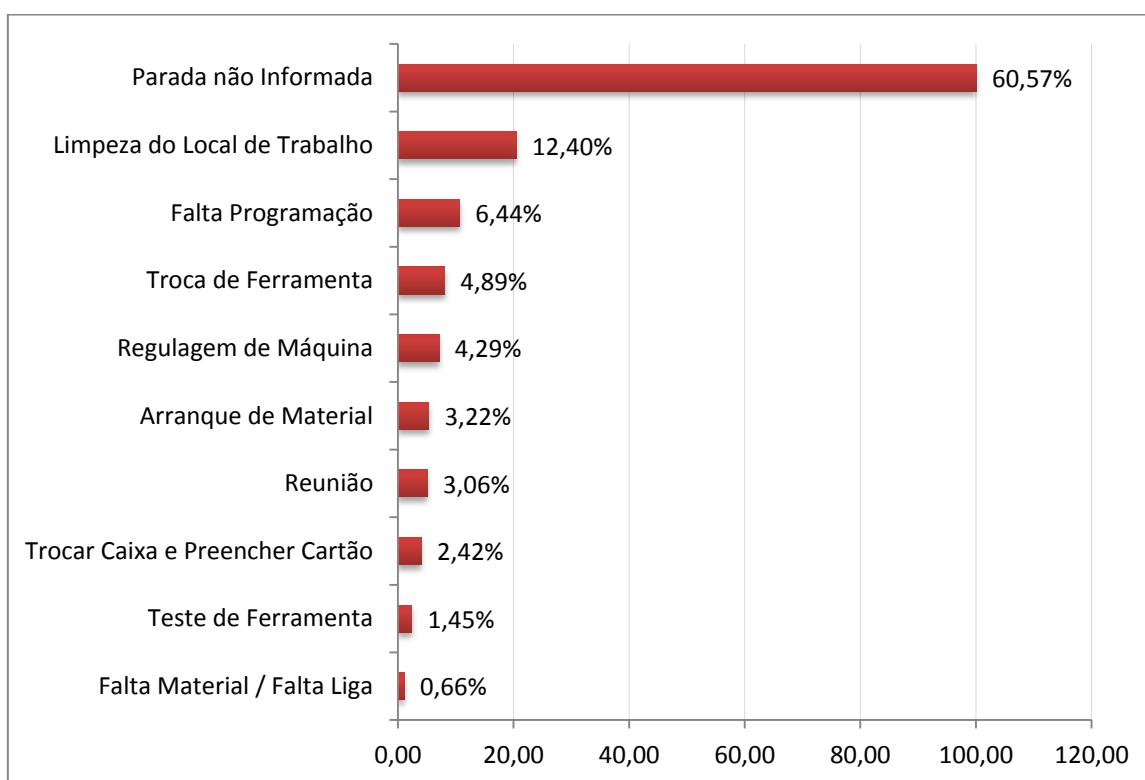
Fonte: Versão de teste do MES, adaptado (2013)

Gráfico 2 – Paradas do 2º Turno



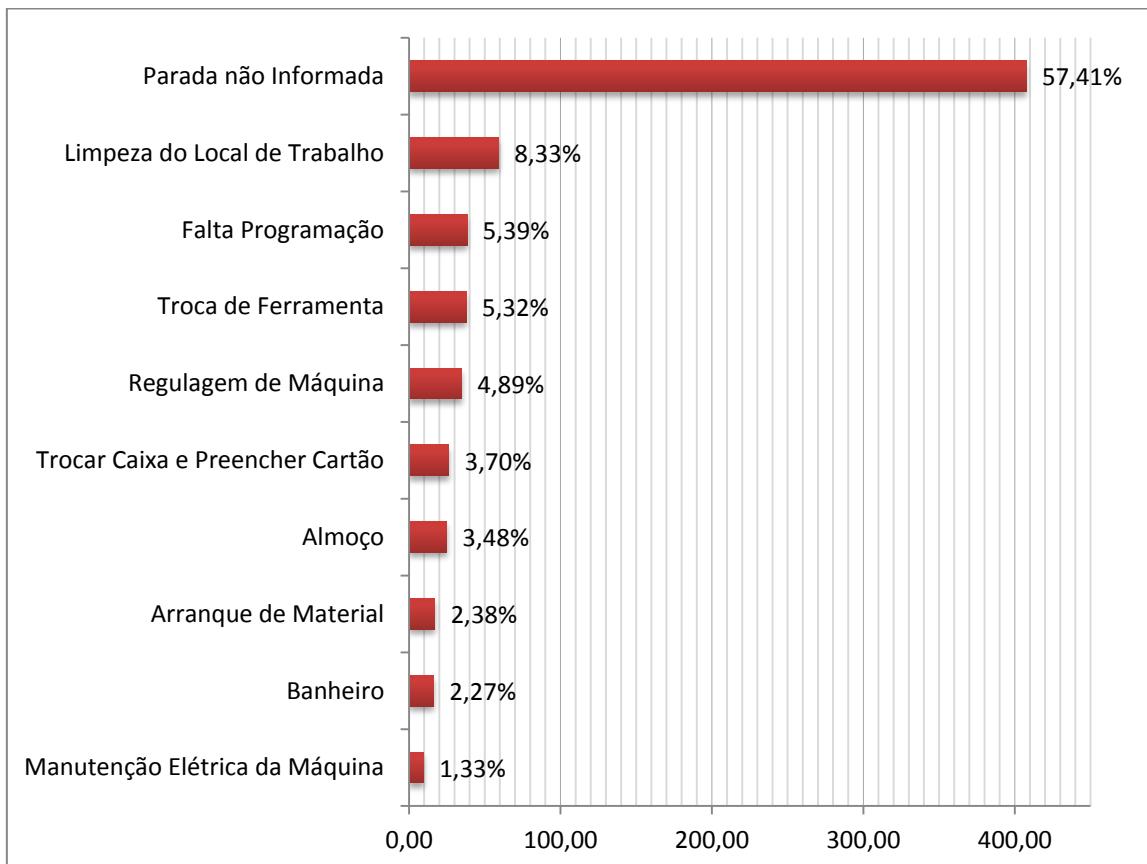
Fonte: Versão de teste do MES, adaptado (2013)

Gráfico 3 – Paradas do 3º Turno



Fonte: Versão de teste do MES, adaptado (2013)

Gráfico 4 – Paradas de Todos os Turnos



Fonte: Versão de teste do MES, adaptado (2013)

Houve uma grande incidência de paradas não informadas que acaba dificultando a análise. Essas paradas são falhas no treinamento, não sendo passada eficientemente a importância do apontamento correto, logo o operador não vê necessidade em informar determinadas paradas ou se sente mais seguro omitindo outras paradas, como idas ao banheiro ou pequenas paradas para beber água.

Outro problema é a falta de supervisão constante, perceptível através dos dados retirados do *software*. O terceiro turno não possui supervisores, logo essa pode ser a causa de mais de 60% de paradas não informadas, em média o dobro dos outros turnos supervisionados, além de também possuir o OEE/TEEP 25% menor.

Em um primeiro momento, treinamento e monitoramento são essenciais para a obtenção de uma nova cultura no ambiente fabril, uma cultura em que o fluxo de informações é claro e instantâneo. Sem distorção da informação, os processos e os novos projetos adquirem maior confiabilidade, principalmente para o nível tático da cadeia produtiva.

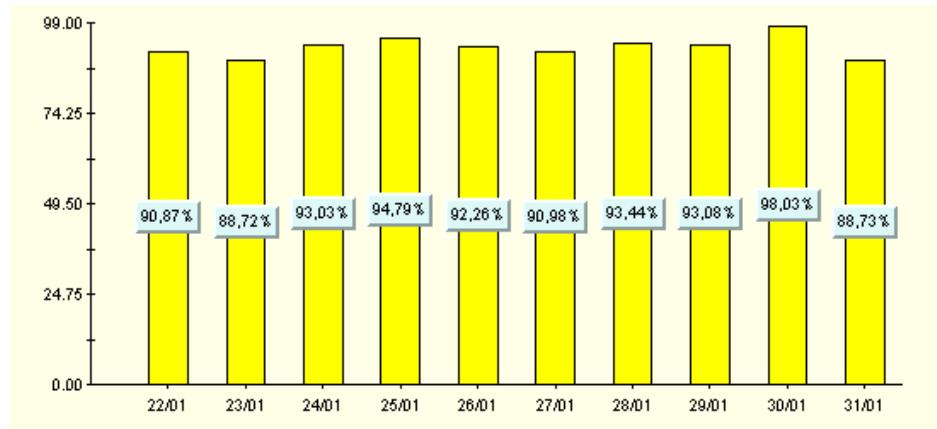
4.3.3 Índice de *Performance*

Para a análise do índice de *performance*, definido anteriormente pela equação 5, foram retirados dados de produção de cada produto, observando as tendências de cada um.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo de ciclo x Ciclos realizados}}{\text{Tempo de produção}} \quad (5)$$

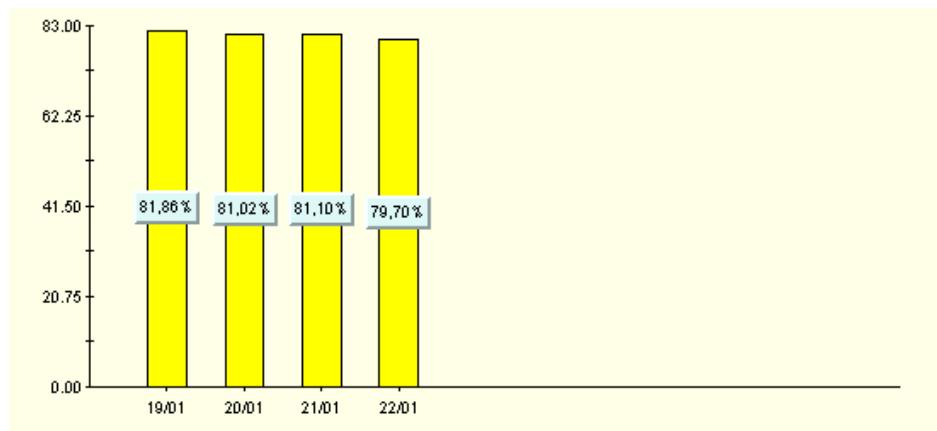
Os gráficos a seguir mostram exemplos de índices de *performance* de alguns produtos fundidos no mês de janeiro. Alguns produtos possuem melhores eficiências de ciclo que outros (ver Gráficos 5 e 6) e também foram identificados itens com alta variabilidade no desempenho (segundo Gráfico 7).

Gráfico 5 – *Performance* da Caixa de Derivação de $\frac{3}{4}$ "



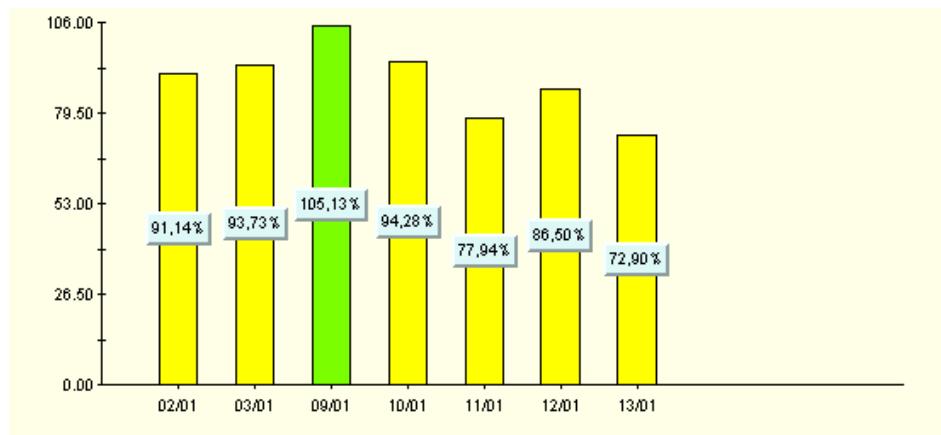
Fonte: Versão de teste do MES (2013)

Gráfico 6 – *Performance* do Condulete de $1\frac{1}{2}$ "



Fonte: Versão de teste do MES (2013)

Gráfico 7 – Performance do Conector de 1.½”



Fonte: Versão de teste do MES (2013)

A primeira ação para esses tipos de variação é o investimento em estudos de tempos e métodos. Explodir operações em vários elementos de trabalho ajudaria a identificar as pequenas perdas do processo e definir o verdadeiro tempo padrão de cada produto.

4.3.4 Índice de Qualidade

O índice de qualidade geralmente é o que projeta menor impacto no OEE, pois é o valor mais próximo de 100%, mas uma pequena variação percentual de qualidade gera custos muito maiores do que, considerando a mesma variação, os índices de disponibilidade e *performance*. É muito mais custoso produzir uma peça defeituosa do que não produzir peça alguma, por isso da importância de se analisar cada um dos três índices separadamente. Ao perder uma peça, os custos da produção dessa peça são repassados e rateados entre todas as outras peças do centro de custo, isso é comentado no **Capítulo 4.5**.

A empresa estabelece uma meta de no máximo 2% de refugo para todos os processos da empresa, todavia essa meta provoca um erro de interpretação quando observado o resultado geral da fábrica. No período observado, o processo de injeção obteve um refugo de 3,25% (62,5% acima da meta), enquanto os outros processos da fábrica – acabamento, usinagem, montagem – mantêm o refugo entre 0,5% e 1,5%, puxando a média final para baixo.

Foi identificado que 17,19% das peças refugadas (0,48% de todas as peças produzidas) são de refugo de aquecimento. Os refugos de aquecimento – ou de *startup* – são comumente associados a processos de troca de ferramentas não padronizados. A falta de planos de troca de ferramenta e planos de fabricação operacional obriga o preparador a definir empiricamente os parâmetros utilizados na máquina para a produção de determinado item. É

uma falha administrativa que tem como sequela um aumento no tempo de *setup*, *startup* e paradas frequentes para regulagem de máquina durante a operação, principais fatores de redução do índice de disponibilidade, além da possibilidade que parte dos outros 83,81% de peças refugadas seja consequência direta de *setups* inadequados.

A implantação da ferramenta TRF (Trocá Rápida de Ferramenta) aumentaria o OEE, tendo participação dos três índices, pois a redução do tempo de *setup* e *startup* aumenta a capacidade/disponibilidade da máquina e a padronização reduz desvios de produção tanto em qualidade quanto em *performance*. O trabalho não entrará a fundo nos conceitos de TRF, mas para uma implantação eficiente é sugerida a leitura do livro “*Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos*” de Shigeo Shingo (2000).

Outra situação identificada na empresa é que a atuação do setor do Controle da Qualidade se limita em identificar qual é a não conformidade ao invés de identificar a origem dos produtos não conformes. Uma ação deve ser a capacitação do setor a fim de delegar novas funções com auxílio de novas ferramentas de qualidade como, por exemplo, diagramas de causa-efeito, identificação de causas comuns e especiais, cartas de controle, diagramas de dispersão, entre outras e divulgar os resultados obtidos para ajudar a disseminar a cultura de qualidade total para todos os funcionários.

Os próximos subcapítulos apresentam dois métodos que demonstram a viabilidade de implantação das ferramentas apresentadas. O primeiro utiliza uma coleta de dados para identificar a economia de utilização de um sistema automático de gerenciamento da produção. O segundo busca descobrir qual será a redução nos custos totais de produção em função de um aumento na eficiência da produção.

4.4 RETORNO DE INVESTIMENTO – MÉTODO I

Antes de começar qualquer análise, é preciso retirar algumas taxas de custos de injeção do sistema ERP. Atualmente, a empresa categoriza a hora trabalhada em seis componentes: mão-de-obra, insumos de produção, energia elétrica, depreciação (amortização), custos diretos de fabricação e custos indiretos de fabricação. Para que os objetivos sejam alcançados, é preciso apenas o custo horário da mão-de-obra (R\$ 33,50) e o valor total da taxa horária de fabricação (R\$ 171,96).

Para o estudo de caso, a metodologia de Kletti (vista no **Capítulo 2.7**) foi adaptada em função da realidade da empresa e dos dados disponíveis para os cálculos. São apresentados

três tópicos, onde os dados foram, em sua grande maioria retirada dos sistemas MES e ERP do setor de fundição sob pressão.

4.4.1 Custo de Transporte de Dados

Esses são os custos baseado no tópico “Custo de aquisição e estimativa de dados” que Kletti (2007) sugere. Eles consistem em todo o tempo gasto em preenchimento, transporte e tradução de dados da produção para o sistema ERP. Em outras palavras, é o tempo que os dados levam para atravessar o fluxo de informação. 100% dos valores desta categoria serão considerados como economia, visto que um sistema MES realiza todas essas operações automaticamente, sem necessidade de interferência manual.

Primeiramente é somado o tempo gasto com o preenchimento das fichas de apontamento da produção. Cada máquina precisa de uma média de duas fichas por turno (pode variar dependendo do *mix* de produção), logo as 15 máquinas em três turnos utilizam uma média de 90 fichas. Cada ficha leva em média dois minutos para ser preenchida, podendo variar em função da quantidade de paradas e refugos apontados, portanto é gasto 180 minutos por dia apenas para preencher as fichas.

Então é adicionado o tempo para transportar as fichas preenchidas da produção para a administração. As fichas depois de preenchidas são acumuladas na sala de supervisão da produção e em seguida, uma vez por turno, todas as fichas são levadas para a administração. A máquina mais próxima da supervisão está a cinco metros de distância, enquanto a mais distante está a 25 metros, então utilizando uma distância média de 15 metros, multiplicando por 90 fichas e dobrando o resultado, devido à ida e volta do operador para a máquina, obtemos uma viagem total de 2700 metros por dia. A uma velocidade de um metro por segundo, são necessários 45 minutos de caminhada por dia para transportar todas as 90 fichas para a sala de supervisão.

É possível ainda somar mais 15 minutos por dia a esse total considerando o tempo para levar todas as fichas da supervisão para a administração, organiza-las e armazena-las uma vez por turno. Já na administração, cada ficha leva em média dois minutos para repassar os valores descritos na ficha de apontamento da produção. Como a quantidade de fichas ainda é a mesma, a conta será semelhante ao tempo para preenchê-las manualmente na produção, adicionando mais 180 minutos diários.

Finalmente, a Tabela 6 a seguir agrupa as informações e dá um resultado final, considerando 80% de eficiência exigida pela empresa no setor e um custo de mão-de-obra na fundição de R\$ 33,50:

Tabela 6 – Custo Atual de Transporte de Dados

Custo de Transporte de Dados	
Tempo de preenchimento manual de fichas por dia	180 minutos
Tempo de transporte de fichas para a administração por dia	60 minutos
Tempo de digitalização dos dados para o sistema ERP por dia	180 minutos
Tempo total de transporte de dados por dia	420 minutos
Eficiência exigida	80%
Dias de trabalho por mês	22 dias
Horais totais por mês	193 horas
Custo da Mão-de-Obra por hora	R\$ 33,50
CUSTO MENSAL DE TRANSPORTE DE DADOS	R\$ 6.448,75

Fonte: Própria (2013)

4.4.2 Custo de Refugo

Para descobrir a economia total na redução de refugo, será preciso primeiro calcular o gasto atual. Apesar de a empresa trabalhar com 2% de meta, o setor de fundição atinge 3,25% de refugo. Multiplicando as 4.000 horas planejadas de produção por mês, segundo a tabela de carga-máquina, pelo o custo de produção por hora de 171,96 reais, obtemos um custo total de R\$ 687.840,00 por mês, sendo 3,25% desse valor gasto na produção de refugo (R\$ 22.354,80).

MESA International (1997) afirma na Tabela 1 que as empresas reduzem em média 22% da produção de refugo após a utilização de um sistema MES, que reduziria o valor atual de 3,25% para 2,5%, sendo possível uma redução muito maior, caso a empresa foque em alcançar a média de 2%. Para esse estudo é usado o valor de 2,85%, pois segundo Kletti (2007), esse 0,4% é a redução de refugo que será obtida apenas com o uso do *software* de monitoramento, devido a uma resposta mais rápida e precisa de registro e análise do processo.

Um índice de refugo de 2,85% gera um custo de R\$ 19.603,44 que, comparado ao valor anterior, cria uma economia de R\$ 2.751,36 ao mês.

4.4.3 Custo de Atraso na Detecção de Problemas

Um setor de fundição é suscetível a vários problemas, que geram paradas, como mostrado no capítulo 3.3. A questão deste tópico é que a falta de um alerta gera um atraso na transmissão de informação, ou sequer é transmitida.

Como detectado pelo *software* nas Figuras 2 a 5, há uma média de 355 horas paradas por mês por máquina, e Kletti (2007) sugere que pelo menos 0,5% destas paradas é detectado com um atraso que poderia ser evitado com a resposta em tempo real de um MES. Essa porcentagem em 355 horas de 15 máquinas representam 26,6 horas de atraso na detecção da parada. Caso essas 26,6 horas sejam multiplicadas pela taxa de produção horária, obtem-se a quantia de R\$ 4.578,44.

4.4.4 Valor Presente Líquido

A partir dos dados recolhidos, pode-se calcular o valor que será economizado por mês após a implantação de um *software* de monitoramento on-line da produção. Vale ressaltar algumas considerações antes de partir para o cálculo do valor presente líquido:

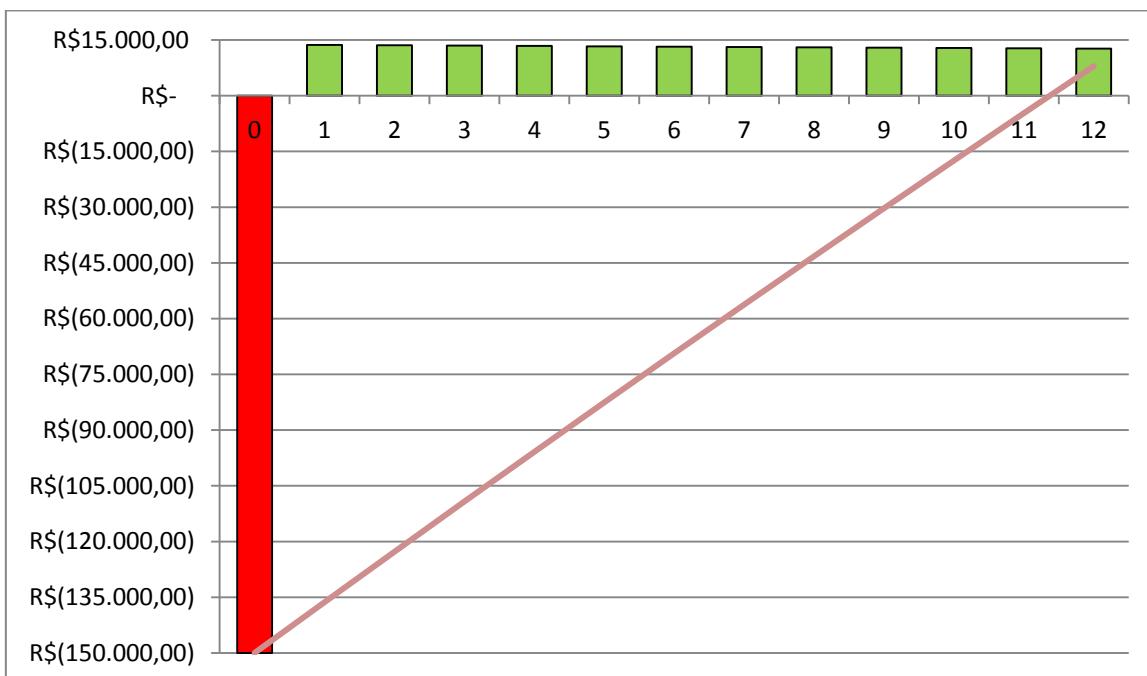
- O valor encontrado a seguir é resultado exclusivamente da implantação do *software*. É apenas uma consequente melhoria na qualidade do fluxo de informação, nenhuma ação de redução de custo é aplicada;
- A maioria dos dados foi retirada de uma versão de demonstração do fornecedor durante um período de dois meses;
- Uma quantidade menor desses dados foi definida em função de estimativas conservadoras baseadas em estudos sobre o assunto;
- O setor de engenharia da empresa não utilizava uma taxa interna de retorno de investimento, logo, para fins de cálculo, será utilizada a taxa básica nacional que no dia 1º de setembro de 2013 estava a 0,71% ao mês;
- O investimento inicial é a compra da licença de R\$ 10.000,00 por máquina, sendo um total de R\$ 150.000,00 para as 15 máquinas;
- Os custos do transporte de dados, do refugo e do atraso na detecção de problemas são suficientes para essa análise, mas é importante ressaltar outros custos não apontados devido à falta de dados ou terem apresentado valor muito pequenos. Alguns exemplos são:
 - Eliminação de materiais de escritório;

- Redução do tempo de monitoramento do processo pelos setores de supervisão e manutenção;
- Encurtamento de *lead times*;
- Redução do tempo gasto com planejamento da produção.

O VPL (Valor Presente Líquido) é uma ferramenta usada para descontar uma taxa apropriada dos lançamentos futuros de caixa com o objetivo de remover o valor do dinheiro que é perdido no tempo da análise. Esse valor é facilmente obtido com o uso de uma planilha eletrônica.

A barra vermelha do Gráfico 8 a seguir representa o investimento inicial, enquanto as barras verdes representam o valor que será economizado, descontando a taxa de 0,71% ao mês. A linha mostra o valor acumulado, portanto observa-se que o ponto de equilíbrio é alcançado entre o 11º e 12º mês.

Gráfico 8 – Valor Presente Líquido



Fonte: Própria (2013)

4.5 RETORNO DE INVESTIMENTO – MÉTODO II

Definir o retorno de investimento de um projeto de melhoria envolvendo toda a empresa durante dois anos é algo muito complexo devido sua imprecisão de informações, baixa assertividade da previsão e incontáveis variáveis que limitam ações durante a implantação. O que pode ser feito é trabalhar com as metas, definir o retorno em função da situação-meta a ser atingida que para esse estudo de caso, deverá estar especificado no plano

de implantação do TPM, sendo que esta meta estará em função do OEE. Portanto uma metodologia para vincular o custo de produção com o OEE é apresentada a seguir.

4.5.1 Conceituação

A partir dos conceitos de custos definidos no **Capítulo 2.7**, é identificado que a melhor utilização do tempo disponível manterá os custos variáveis de cada peça, mas aumentará a quantidade de peças rateadas por hora, reduzindo os custos fixos e o valor do centro de custo, como demonstrado na equação 9.

$$\text{Custo Fixo Rateado} = \frac{\text{Custo Fixo Total no Período}}{\text{Volume Produzido no Período}} \quad (9)$$

Maiores OEE's representam maiores volumes de peças produzidas por período devido a melhor utilização dos recursos, como demonstrado na equação 10.

$$\text{OEE} = \frac{\text{Volume Produzido no Período}}{\text{Volume Ideal de Produção do Período}} \quad (10)$$

A equação 11 representa a relação do custo atual com o custo meta, considerando que o custo fixo total se mantém o mesmo, independente do volume produzido, o que ocorre é uma redução do custo fixo unitário depois de rateado, onde CF é a abreviação para “Custo Fixo”.

$$CF \text{ rateado meta} * Volume \text{ meta} = CF \text{ rateado atual} * Volume \text{ atual} \quad (11)$$

Substituindo o volume produzido da equação 11 pelo da equação 10 e considerando o “volume ideal de produção do período” uma constante, é obtida a equação 12.

$$CF_{meta} = CF_{atual} * \frac{OEE_{meta}}{OEE_{atual}} \quad (12)$$

Com essa equação é possível prever qual será o custo fixo rateado do produto em qualquer nível de rendimento global da produção conhecendo apenas o OEE e o custo fixo atual. Mas qual é o real impacto do aumento do OEE nos lucros da empresa?

Isso é explicado pelo conceito simples de lucro brutos para uma produção de n peças, definido nas equações abaixo, sendo:

- **CPV:** Custo dos Produtos Vendidos
- **CF:** Custo Fixo
- **CV:** Custo Variável

$$\text{Lucro Bruto} = \text{Receita} - \text{CPV} \quad (13)$$

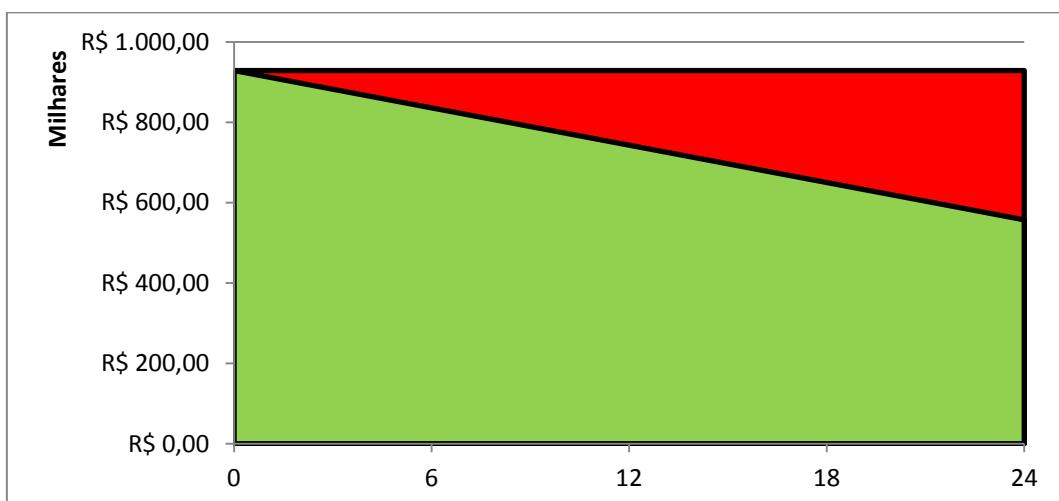
$$\text{CPV} = \text{CF} + (\text{n} \times \text{CV}) \quad (14)$$

Logo, uma redução de um real no custo fixo unitário do produto representa um real a mais no lucro bruto de uma linha para cada produto daquela linha. Um milhão de produtos produzidos dentro de centro de custo que teve um real de redução por produto reduziriam os custos de produção daquele centro de custo em um milhão de reais que poderiam ser convertidos em demanda, visto que é possível cobrar preços de mercados menores.

4.5.2 Aplicação

Esses conceitos dão base para a obtenção do valor reduzido nos custos de produção. Utilizando a equação 14 para o custo fixo atual e o custo fixo meta e subtraindo os dois resultado, seria encontrada a economia da melhoria se não houvesse o período de transição, o tempo de implantação em que o OEE aumenta gradativamente até atingir o valor meta através de diversas ações de manutenção produtiva. Durante esse trajeto, o custo fixo rateado adquire um valor diferente para cada mês, logo é preciso encontrar uma equação que defina esse custo em qualquer período para que se possa encontrar a redução de custo durante o período de transição.

Gráfico 9 – Redução do Custo de Produção



Fonte: Própria (2013)

Através de uma aproximação linear, é gerado o Gráfico 9, onde a área verde representa a meta para o custo de produção durante a implantação das melhorias e a área vermelha a quantidade economizada. Essa área de economia é apresentada na equação 15, sendo t o período de implantação e o *custo ideal* é o custo fixo total para uma produção com 100% de eficiência.

$$\text{Economia} = \frac{t}{2} \times \text{Custo Ideal} \times \left(\frac{1}{\text{OEE Atual}} - \frac{1}{\text{OEE Meta}} \right) \quad (15)$$

A partir dessa equação e do auxílio de planilhas eletrônicas, pode-se definir qualquer meta para o OEE que se obterá a quantia economizada, conforme a Tabela 7, considerando:

- R\$ 420.000,00 o custo fixo mensal retirado do sistema ERP das 15 máquinas;
- OEE Atual de 60%;
- Investimento inicial de R\$ 150.000,00;
- Período de implantação de dois anos ($t = 24$ meses);
- Taxa de atratividade de 0,71% (taxa SELIC) para o VPL.

Tabela 7 – Economia resultante do Aumento do OEE

Aumento do OEE	Economia após 24 meses	Tempo de Retorno do Investimento
+ 1%	R\$ 137.704,92	+2,0 anos
+ 2%	R\$ 270.967,74	1,6 anos
+ 5%	R\$ 646.153,85	1,0 anos

Fonte: Própria (2013)

Obviamente, quanto maior for melhoria do OEE, mais rápido será o retorno do investimento. Nessa situação não foi somada a quantidade investida na implantação das ferramentas do TPM, apenas do *software*. A justificativa é que pequenos aumentos do OEE, como 1% ou 2% podem ser facilmente obtidos com as ferramentas simples e de custo insignificante do TPM. As ferramentas mais caras e elaboradas são necessárias para alcançar a meta *World Class* de 85%, logo esses investimentos geram um retorno ainda maior, porém é preciso um estudo mais complexo para viabilizá-lo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 MENSURAÇÃO DA EFICIÊNCIA

Um dos vários pequenos objetivos desse trabalho é fazer com que as pessoas estejam menos dependentes da subjetividade da gestão da produção. Qualquer fator dentro de uma organização pode ser mensurado, qualquer centavo que sai do caixa pode ser rastreado e identificado.

O OEE é o indicador que traz a objetividade para a empresa, pois ele aponta em números seu desempenho, potencial, pontos fortes e fracos, além de ser o principal índice para medir a eficiência das ações de manutenção produtiva. Outros indicadores não conseguem detectar todos os efeitos de uma melhoria, visto que a ação que aumente o valor de um índice pode reduzir o valor de outro, como por exemplo, uma nova ferramenta pode cumprir o objetivo de reduzir o tempo de ciclo de uma operação, mas acaba piorando os índices de refugo. Já o OEE leva em consideração todos os fatores de um sistema produtivo em seus cálculos.

Porém os cálculos de eficiência precisam de dados e a coleta manual pode ser um trabalho caro e impreciso, logo as empresas adquirem sistemas que coletam dados automaticamente oferecendo uma resposta rápida e precisa da situação dos indicadores. Os sistemas de execução da manufatura (MES) são o suporte para qualquer tipo de melhoria, assim como o TPM, pois fornecem uma informação rica das atividades fabris e eliminam as barreiras entre os sistemas gerenciais com as ações no chão de fábrica.

O objetivo do trabalho é evidenciar o retorno da utilização de um sistema de monitoramento em tempo real da produção nas atividades de manutenção produtiva que visam a melhoria dos indicadores de eficiência. Então foram apresentados dois métodos distintos de retorno de investimento que apresentam resultados semelhantes, a fim de reduzir qualquer desconfiança sobre a credibilidade dos métodos. Eles mostram que apenas a utilização de um sistema automático ao invés do manual já é o suficiente para pagar as licenças do *software* em um período de um a dois anos, mas para alcançar o título de *World Class Manufacturing* são necessários investimentos maiores em máquinas, ferramentas e mão-de-obra, entretanto o MES continuaria sendo necessário para manter o controle durante e após o período de implantações.

5.2 OBJETIVOS ALCANÇADOS

O objetivo geral do trabalho foi estudar a viabilidade econômica da aquisição da licença de um *software* de monitoramento em tempo real da produção. Para isso foi preciso alcançar os objetivos específicos do trabalho:

- **Realizar a conceituação de ferramentas da filosofia TPM – Manutenção Produtiva Total e de análises financeiras:** Os conceitos foram extraídos de diversos autores, sendo os principais Takahashi do TPM, Leone de custos, Kletti dos MES e Slack sobre administração em geral;
- **Levantar as possíveis melhorias no sistema produtivo vindas da utilização de um software de monitoramento:** Através dos dados recolhidos pela versão de testes do *software*, foram identificados vários pontos de melhoria na disponibilidade, *performance* e qualidade. Isso foi possível graças aos vários relatórios visuais, onde rapidamente podem ser observados pontos fortes e fracos de determinado processo e determinado instante.
- **Levantar e categorizar as receitas e custos envolvidos no processo de injeção de componentes de alumínio:** Os dados coletados foram extraídos do sistema de gerenciamento ERP e do setor de PCP da empresa. Algumas estimativas foram baseadas em uma série de entrevistas realizadas pelo instituto MESA International, para identificar a eficiência dos sistemas de execução da manufatura. Todas essas informações foram necessárias para o objetivo final;
- **Realizar cálculos para prever o tempo de retorno do capital investido nas licenças do software:** Foram realizados dois métodos de cálculos, um sobre estimativas baseadas em experiências de outros usuários e outro através dos dados recolhidos na empresa. A conclusão retirada desses cálculos mostra que é possível um retorno do investimento em um ano dependendo do esforço da empresa em trabalhar as informações obtidas para transformá-las em conhecimento para a implantação da manutenção produtiva.

5.3 PRÓXIMAS AÇÕES

O que foi apresentado é a razão para a aquisição do MES, o próximo passo é definir as primeiras ações do TPM:

- Criar uma equipe multidisciplinar de implantação do TPM;
- Divulgar e explicar sobre o que se trata o TPM na empresa;
- Realizar treinamentos com todos os funcionários com o objetivo de alinhar as propostas entre o chão de fábrica e a alta administração;
- Definir metas a curto e longo prazo;
- Elaborar um plano oficial de implantação que deve ser seguido a fim de garantir o comprometimento de todos os envolvidos.

Conforme as ações forem acontecendo, o sistema MES irá gerar relatórios diários expondo o progresso do sistema produtivo, em função do OEE e da margem líquida de contribuição.

Claro que as injetoras são apenas a primeira etapa, pois é o processo mais crítico, porém com a disseminação da filosofia na empresa, esse projeto poderá ser expandido para todos os outros setores, como usinagem e acabamento. O sucesso da implantação na fundição incentivará a criação dos próximos projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATO NETO, J. et al. **Manufatura Classe Mundial: Conceitos, Estratégias e Aplicações.** 1^a ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001.
- BUKER, Inc. **Top Management's Guide to World Class Manufacturing.** 1^a ed. Editado por Barbara Paddock. Kansas City: The Lowell Press, Inc., 1993.
- KLETTI, J. **Manufacturing Execution System – MES.** New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- LEONE, G. S. G. **Custos:** Planejamento, implantação e controle. 2^a ed. São Paulo: Editora Atlas, 1989.
- MESA International. **The Benefits of MES:** A Report from the Field, White Paper Number 1, 1997.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção:** Além da Produção em Larga Escala. Tradução: Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- SLACK, N. et al. **Administração da Produção:** Edição Compacta. 1^a ed. Tradução: Sônia Corrêa et al. Revisão Técnica: Henrique Corrêa; Irineu Ganesi. São Paulo: Editora Atlas, 2009.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2^a ed. Tradução: Maria Teresa Corrêa de Oliveira; Fábio Alher. Revisão Técnica: Henrique Luiz Corrêa. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **TPM/MPT:** Manutenção Produtiva Total. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.
- TAYLOR, F. W. **Princípios de Administração Científica.** 7^a ed. Tradução: Arlindo Vieira Ramos. São Paulo: Editora Atlas, 1976.
- TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2^a ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000.