

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM UMA
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

Fabício Menegoni Meirelles

Porto Alegre , 2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM UMA
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**

Fabício Menegoni Meirelles

Orientador:

Prof. PhD. Flávio Sanson Fogliatto

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cláudio José Müller

Prof. PhD. Denis Borenstein

Prof. Dr. Tarcísio Abreu Saurin

**Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia
apresentado ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção como
requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade
Profissionalizante**

Porto Alegre, 2004

Este trabalho de conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovado em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. PhD. Flávio Sanson Fogliatto

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof^a. PhD. Helena Beatriz Bettella Cybis

Coordenadora do Mestrado
Profissionalizante em Engenharia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cláudio José Müller
PPGEP/UFRGS

Prof. PhD. Denis Borenstein
PPGA/UFRGS

Prof. Dr. Tarcísio Abreu Saurin
PPGEP/UFRGS

*Dedico este trabalho à minha esposa Daniela,
por seu carinho, paciência e compreensão.
Agradeço o apoio de todos funcionários da
Gerdau que se envolveram direta ou
indiretamente na implantação deste projeto,
sem os quais não seria possível a sua
realização.*

ÍNDICE

Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	8
Resumo	9
Abstract	10
1. Introdução	11
1.1 Comentários iniciais	11
1.2 Tema e Objetivos	13
1.3 Justificativa do tema	13
1.4 Metodo de pesquisa	15
1.5 Estrutura	16
2. Revisão Bibliográfica	18
2.1 Gerenciamento da produção – uma breve abordagem histórica	18
2.2 O pensamento enxuto e o Sistema Toyota de Produção	19
2.3 TRF – Troca rápida de ferramentas	24
2.3.1 TRF e sua relação com Estoques e Lote Econômico de Produção (LEP).....	25
2.3.2 Técnicas de implantação da TRF	27
2.3.3 TRF – Casos de aplicação na indústria	35
3. Consolidação do Método Proposto	38
3.1 Análise crítica das metodologias propostas	38
3.2 Método de implantação proposto	38
3.2.1 Estágio 1 – Planejamento	40
3.2.2 Estágio 2 – Execução	43
3.2.3 Estágio 3 – Verificação	44
3.2.4 Estágio 4 – Padronização de consolidação das práticas	45
4. Estudo de Caso	46
4.1 Implantação da metodologia TRF	46
4.2 Descrição do processo de fabricação estudado	48
4.2.1 Tópicos sobre Laminação à Quente	48
4.2.2 Processo de fabricação no Laminador de Rolos.....	50

4.3 Aplicação do Método de Implantação	51
4.3.1 Estágio 1 – Planejamento	52
4.3.1.1 Convencimento da Alta Direção	52
4.3.1.2 Formação do time de trabalho	53
4.3.1.3 Treinamento das Equipes	53
4.3.1.4 Diagnóstico da Situação	54
4.3.1.5 Definição do plano de implantação	59
4.3.1.6 Definição de metas	61
4.3.2 Estágio 2 – Execução	63
4.3.2.1 Alterações na forma de programar a produção	64
4.3.2.2 Análise das atividades de Setup	64
4.3.2.3 Separação e conversão de Setup interno em externo	68
4.3.2.4 Racionalização das atividades de preparação.....	70
4.3.2.5 Eliminação de ajustes após trocas de canal e gaiola	73
4.3.2.6 Eliminação de Setup.....	73
4.3.2.7 Plano de ação operacional do ciclo de execução.....	74
4.3.3 Estágio 3 – Verificação	76
4.3.4 Estágio 4 – Padronização	80
4.3.5 Dados consolidados	81
5. Comentários Finais	82
5.1 Conclusões.....	82
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	84
 Referências.....	 85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cronologia para as abordagens do projeto do trabalho.....	18
Figura 2 – Sistema Toyota de Produção: Mecanismo da Função Produção, o Princípio do Não-Custo e as 7 Perdas	23
Figura 3 – Tamanho do Lote Econômico	26
Figura 4 – TRF – Estágios conceituais e técnicas práticas.....	30
Figura 5 – Hierarquia dos conceitos, técnicas e aplicações práticas	36
Figura 6 – Iceberg do conhecimento dos problemas	41
Figura 7 – Fluxograma do processo global da Gerdau Riograndense.....	47
Figura 8 – Desenho esquemático de uma peça durante a laminação	49
Figura 9 – Desenho esquemático de um par de cilindros de laminação.....	49
Figura 10 – Desenho esquemático de uma gaiola de laminação	50
Figura 11 – Organograma Gerdau Riograndense – Composição da Alta Direção.....	52
Figura 12 – Gráfico Produção x Capacidade mensal no ano de 2004.....	55
Figura 13 – Gráfico de interrupções no Laminador devido a setup	57
Figura 14 – Cintas de refrigeração com fixação por parafusos	71
Figura 15 – Projeto do grupo de CCQ para novas cintas de refrigeração	71
Figura 16 – Novo projeto de cintas de refrigeração instalados	71
Figura 17 – Gaiola D6 e o sistema de lubrificação	72
Figura 18 – Gaiola M3 com lubrificação a óleo e após modificação para mancais com rolamento.....	72
Figura 19 – Gráfico Produção mensal de laminados em rolos no ano de 2004	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferenças entre os sistemas Ford e Toyota	20
Tabela 2 – Correlações entre autores e técnicas de implantação.....	34
Tabela 3 – Método proposto relacionando estágios e atividades	39
Tabela 4 – Correlação entre metodologia de pesquisa e modelo de implantação	46
Tabela 5 – Time de implantação do projeto	53
Tabela 6 – Produtos produzidos e mix de produção.....	56
Tabela 7 – Setup no trem desbastador	58
Tabela 8 – Setup no trem intermediário	59
Tabela 9 – Atividades e tempos de preparação dos equipamentos.....	60
Tabela 10 – Tempos totais de preparação - 2004	61
Tabela 11 – Consolidação do plano de implantação	62
Tabela 12 – Formulário de tempos e atividades na troca de canais.....	65
Tabela 13 – Formulário de tempos e atividades em ajustes após setup	66
Tabela 14 – Formulário de tempos e atividades na troca de gaiolas	67
Tabela 15 – Atividades externas na troca de canais	68
Tabela 16 – Atividades externas na troca de gaiola	69
Tabela 17 – Plano de ação resultante da aplicação estagio 2 no trem intermediário.....	74
Tabela 18 – Atividades e tempos na troca de canais após melhorias	76
Tabela 19 – Atividades e tempos na troca de gaiola após melhorias	77
Tabela 20 – Tempos totais de preparação - 2004	80

RESUMO

Este trabalho de conclusão apresenta a implantação de um sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), através de uma metodologia elaborada a partir de uma revisão na literatura disponível. A comprovação do método se dá através de um estudo de caso aplicado à indústria siderúrgica, mais especificamente um laminador de aços longos. A implantação plena de uma sistemática TRF permite uma redução significativa nos tempos de preparação e ajuste. A partir disso, a disponibilização de tempo para a produção pode gerar um melhor aproveitamento da capacidade produtiva, ou mesmo viabilizar a produção econômica em pequenos lotes, flexibilizando a fábrica, de acordo com a estratégia de produção desejada. O trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre metodologias de implantação de sistemas TRF sob a ótica de diferentes autores e, a partir disso, consolida um método a ser implantado. O método faz uso de uma série de técnicas e ferramentas de melhoria, enfatizando o envolvimento e comprometimento das equipes operativas e de liderança. A descrição do estudo de caso apresenta de forma detalhada as etapas de implantação e os resultados obtidos a partir da efetivação de ações com foco na redução dos tempos de preparação. A seção final traz conclusões obtidas durante a realização da implantação e apresenta sugestões para trabalhos futuros.

Paravras-chave: Troca Rápida de Ferramentas, Sistema Toyota de Produção, Flexibilidade, Produção Enxuta.

ABSTRACT

This thesis presents the implementation of a Single-Minute Exchange of Die (SMED) system. The methodology used to develop the system was based on a revised version of the available literature on the subject. The dissertation presents a bibliographical revision of other methodologies of implementing fast changeover techniques as well as their author's views, and come up with the model to be implemented. The efficiency of the model is proved through a case study applied to the steel industry, more specifically a wire rod mill. The case study presents detailed information of each step: from the implementation process to the results obtained from the implemented system. It also emphasizes that production staff and staff managers must be committed to the implementation process in order for it to be a success. In summary, the full implementation of a SMED system will generate a significant time reduction in the preparation and adjustment process. As a result, more time will be available to the production process directly increasing factory productivity. In addition, different production strategies may take effect by using this generated extra time such as the economic production of items in small lots. The final section of this work describes the conclusions obtained during the implementation process and presents suggestions to future use of the model.

Key-words: *SMED System, Toyota Production System, Fast Changeover, Flexibility, Lean Production.*

1. Introdução

1.1. Comentários Iniciais

A intensificação e velocidade com que ocorrem as transações comerciais, atualmente, são oriundas do aumento significativo da interação entre os mercados, entre as culturas e entre os países; credita-se isso ao fenômeno da Globalização. Tal intensidade de investimentos e volume de negócios vivenciados hoje é fruto desta interação e da interdependência entre mercados, o que traz às organizações um grande aumento da concorrência e da complexidade de atuação. A adaptabilidade exigida por esse contexto é grande, forçando severas reestruturações nas empresas, de forma a adequar os seus processos ao paradigma baseado na especialização flexível (SILVA NETO; PIZZOLATO, 2001).

A capacidade de uma empresa em se adequar às exigências mutáveis do mercado permite que ela continue a competir. O entendimento da empresa a respeito dessa competitividade, sua manutenção e incremento, se faz necessário a fim de perpetuar suas atividades em meio ao mercado internacionalizado. Competitividade significa a capacidade de competir em mercados mundiais, com estratégias globais desenvolvidas a partir de uma análise pré-estabelecida da cadeia de valor. Através da análise da concorrência e dessa cadeia de valor, compreendem-se as fontes da vantagem competitiva da empresa (PORTER, 1992).

O segmento metal-mecânico representa uma importante cadeia de valor na estrutura nacional e internacional. A siderurgia, por sua vez, está na base dessa cadeia, e o entendimento das fontes de suas vantagens competitivas definirão o sucesso das estratégias adotadas por essa indústria. A siderurgia vem sendo um dos pilares do superávit da balança comercial brasileira. Tal resultado descreve a competitividade da siderurgia nacional frente ao mercado internacional. O volume de exportação do ano 2002 foi responsável por 19% do saldo líquido da balança comercial brasileira, alcançando superávit de 2,5 bilhões de dólares (IBS, 2004).

A estagnação experimentada pelo mercado internacional nos anos de 2002 e 2003 fez com que a oferta de aço superasse a demanda, acirrando a competição. A isso,

soma-se o protecionismo de mercado praticado pelos EUA com relação ao seu parque siderúrgico e ao seu mercado doméstico no ano de 2002. Foram impostas restrições por um período de 3 anos, com tarifas de 8 até 30% para produtos acabados de aço em geral, compreendidos em 14 categorias. Essas medidas reduziram consideravelmente o mercado a nível internacional, e a ameaça de entrantes no mercado nacional aumentou (IBS, 2004).

A forte demanda chinesa, em contrapartida, resultante do seu crescimento acelerado de até 10% ao ano, aliada às especulações internacionais sobre a reconstrução do Iraque, evitaram a entrada massiva de produtos europeus para o Brasil. O mercado chinês sozinho tem absorvido, e mesmo ultrapassado, todo o excedente da produção mundial. Hoje, a oferta de produção não abastece a demanda global e há estudos realizados projetando o crescimento da demanda. Até 2008, a siderurgia brasileira deverá ampliar em 30% a capacidade instalada, não só para assegurar o abastecimento do mercado doméstico, mas para consolidar sua posição exportadora. O curto e médio prazo estão cobertos, mas não há garantia no longo prazo (FREITAS, 2004; IBS, 2004).

O acirramento da concorrência e as oscilações de demanda, conforme o cenário exposto, leva à busca por alternativas que garantam a competitividade em competências básicas, tais como Qualidade, Custo, Flexibilidade, Inovação e Entrega. Tais competências possuem grande influência estratégica na atuação da empresa no mercado, estando fortemente vinculadas à Estratégia de Produção. A Estratégia de Produção da empresa consiste no projeto de seu Sistema de Produção, no qual serão definidos a capacidade e os recursos, de acordo com os tipos de produtos, tendo em vista o atendimento dos requisitos competitivos em termos de qualidade, desempenho, produtividade e prazo definidos pelas estratégias de mercado (SILVA, 2001).

A construção de um Sistema de Produção com Estoque-Zero (SPEZ), ou Produção Enxuta, surge como alternativa robusta para viabilizar o atendimento às exigências de mercado. Sob a ótica das dimensões da Estratégia de Produção, o Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu originalmente para (i) reduzir custos de fabricação, (ii) aumentar a flexibilidade no tocante a alterações no *mix*, introdução de novos produtos e tempo de resposta, (iii) melhorar a qualidade dos produtos e (iv) promover a inovação (ANTUNES, 1998). O STP atende, desta forma, a necessidade constante de melhoria nas competências que sustentam a competitividade da empresa.

O STP representa, de forma geral, a articulação das Técnicas e Princípios que foram utilizados para debelar as chamadas 7 Perdas, sendo elas perda por superprodução, perda por transporte, perda no processamento em si, perdas pela fabricação de produtos defeituosos, perda por espera, perda por estoque e perdas no movimento. De forma resumida essas técnicas são: (i) Estudo do *Layout* e fluxo unitário de produção, (ii) Operação-Padrão, (iii) Troca Rápida de Ferramentas (TRF), (iii) Sincronização da produção (através do uso de *Kanbans*), (iv) Inspeção na fonte e *Poka-Yoke* e (v) Engenharia de Valor. Dentre essas técnicas, salienta-se a TRF, considerada um dos elementos centrais do Pensamento Enxuto, uma vez que permite a produção econômica de pequenos lotes (ANTUNES, 1998).

1.2. Tema e objetivos

Este trabalho de conclusão aborda como tema principal o Sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) e suas conseqüências, através de suas interações em um estudo aplicado à Indústria Siderúrgica.

O objetivo principal deste trabalho é a implantação de uma sistemática TRF em um laminador de produtos longos de aço, com uma visão do impacto da flexibilização e disponibilização adicionais de capacidade de produção, sendo essa inter-relação a grande busca das empresas por maior competitividade no setor.

Como objetivos secundários têm-se (i) consolidar um procedimento para implantação da TRF através da análise de sistemáticas propostas na literatura e (ii) testar o procedimento proposto, em um estudo de caso.

1.3. Justificativa do tema

A principal justificativa para o estudo dos temas propostos está na necessidade de aumentar a competitividade do segmento metal-mecânico, especialmente quanto à disponibilidade de produtos do ramo siderúrgico. O segmento faturou R\$ 26,4 bilhões em 2002, trazendo importantes divisas para a economia e a balança comercial do país.

A siderurgia está na base de uma importante cadeia de valor e suas ineficiências repercutem diretamente nos demais níveis dessa cadeia. O alto custo agregado devido à baixa flexibilidade nos parques fabris existentes exige a produção em grandes lotes. Os grandes lotes acabam por influenciar negativamente nos prazos de entrega. O nível de estoque de produto acabado, conseqüentemente, aumenta e repercute

nas demais etapas da cadeia, implicando em custos de guarda, diminuindo as margens e encarecendo o produto.

Reduzir os tempos de *setup* permite a produção econômica em pequenos lotes. Isso confere à fábrica menores tempos de atravessamento, possibilidade de redução do inventário geral e maior agilidade na resposta às necessidades e oscilações do mercado. Permite, assim, uma flexibilização da fábrica (YAMASHINA *apud* ANTUNES, 1998).

O estudo também se justifica sob o ponto de vista de seu objeto de aplicação. A empresa analisada é líder no mercado em que atua a nível nacional e apresenta-se em plena expansão internacional possuindo diversas usinas no país e exterior. A unidade alvo para o trabalho é uma usina madura, atuante desde a década de 50, porém mantendo-se competitiva e reconhecida pela grande produtividade física e econômica.

O aquecimento da economia experimentado no segundo e terceiro trimestre de 2004 suscitou o interesse em aumentar significativamente o aproveitamento da capacidade produtiva disponível. A demanda por volumes crescentes, bem como a flexibilização do tamanho dos lotes para atender a um mercado segmentado, trouxeram a necessidade de reavaliação dos processos fabris. Investimentos em capacidade produtiva na área de siderurgia são normalmente caracterizados por altos valores, e tempos para implementação de projetos desse porte de longa duração.

O desafio de aumentar a competitividade, flexibilizar a produção (volume e tamanho de lote), mantendo-se à frente no mercado doméstico e ainda disponibilizar capacidade adicional para exportação realizada com baixo nível de investimento e em um espaço de tempo reduzido, exige uma ruptura no processo produtivo tradicional. Reduzir tempos de atravessamento, conferir maior agilidade e flexibilidade aos processos fabris a custos competitivos tornou-se prioridade para a empresa.

O laminador de rolos configura-se como gargalo ao processo global de transformação e ao atacar as interrupções disponibilizando capacidade adicional em um gargalo produtivo, a capacidade de todo o sistema é aumentada (GOLDRAT; COX, 1995). Reduzir os tempos totais de preparação nesse equipamento aumentará a disponibilidade para produção e flexibilizará o processo.

1.4. Método de pesquisa

O método de trabalho seguido por este trabalho de conclusão é, quanto a sua natureza, de uma pesquisa aplicada, pois propõe solução específica, de aplicação imediata junto à empresa estudada. Tem uma abordagem basicamente quantitativa, porém há elementos de comparação e análise não quantificáveis numericamente, indicando também uma abordagem qualitativa. Devido ao envolvimento do autor deste trabalho de conclusão, como agente participativo, deve ser classificada como uma Pesquisa Ação.

Pesquisa Ação é um método de pesquisa que, ao envolver a pesquisa e a aplicação prática, prima pela solução de problemas e implementação de mudanças no meio em que atua. Esse método de pesquisa é composto pelas seguintes etapas (AVISON *et al.* 1998):

i) estabelecimento da situação da questão em si e os objetivos do estudo – nesta etapa é explicitado o contexto da empresa estudada, o processo produtivo abordado e os objetivos a serem atingidos com o desenvolvimento do trabalho;

ii) observação e coleta de dados a respeito da questão – são levantados dados a respeito da situação vigente. Para o presente estudo, serão levantados dados no que tange à capacidade produtiva da fábrica, tempos despendidos em *setup*, forma de programação da produção e demais dados relacionados ao assunto;

iii) análise dos dados coletados sobre a questão – corresponde a etapa na qual os dados obtidos são transformados em informação propriamente dita, permitindo assim, a tomada de decisões de intervenção no sistema estudado;

iv) execução de ações de intervenção a partir da análise efetuada – a partir dessa etapa a interferência no processo é imposta pela aplicação prática de ações com o objetivo de implementar mudanças na situação vigente;

v) ampliação do conhecimento sobre o sistema estudado de forma a aumentar o controle sobre o mesmo – corresponde à avaliação do impacto causado ao sistema através da introdução de mudanças oriundas das ações de melhoria desenvolvidas no período de análise;

vi) acompanhamento das melhorias obtidas – nesta etapa serão padronizados procedimentos que comprovadamente obtiveram sucesso no atingimento dos objetivos propostos inicialmente.

O método de trabalho a ser utilizado para atingir os objetivos desse trabalho de conclusão contempla quatro etapas, a saber:

- a) Revisão bibliográfica a respeito do Sistema Toyota de Produção e Troca Rápida de Ferramentas e metodologias de implementação;
- b) Realização de um diagnóstico da situação atual da empresa/processo estudado com relação a capacidades de produção e tempos de *setup*;
- c) Implantar e consolidar um Sistema TRF, através de um método desenvolvido a partir da revisão bibliográfica;
- d) Analisar resultados globais através de um comparativo entre a situação anterior e posterior à implantação do trabalho;
- e) Elaborar conclusões quanto à aplicação prática e quanto ao trabalho, como um todo, bem como antever futuras direções de pesquisa.

1.5. Estrutura

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, com conteúdos brevemente delineados na sequência.

No primeiro capítulo é feita uma introdução geral à problemática abordada. São definidos Tema e Objetivos, justificando sua importância dentro do ambiente ao qual está inserido.

O segundo capítulo busca um aporte teórico a respeito da Troca Rápida de Ferramentas e sua relação com os demais subsistemas que compõem o Sistema Toyota de Produção. A Revisão bibliográfica inicia pela contextualização de sistemas de produção, do Pensamento Enxuto, o Sistema Toyota de Produção e a TRF sob a ótica do seu ataque às Perdas dos processos produtivos. São apresentadas metodologias para implementação de projetos TRF conforme diversos autores e casos de aplicações práticas na indústria.

O terceiro capítulo resgata os assuntos do capítulo anterior, consolidando as interações e correlações entre as metodologias. A partir desta análise e uma abordagem focada, consolida-se um modelo a ser adotado e implementado no caso prático.

O quarto capítulo está dividido de forma a contemplar as etapas metodológicas de uma pesquisa-ação enquanto descreve a aplicação efetiva do modelo proposto no capítulo 3.

O quinto e último capítulo traz as conclusões obtidas a partir da implantação do modelo e análise de suas limitações. Nesta seção também são apresentadas propostas para trabalhos futuros, que possam complementar o presente trabalho.

2. Sistemas Produtivos e Troca rápida de Ferramentas

2.1. Gerenciamento da produção – uma breve abordagem histórica

Os processos produtivos, ao longo do tempo, vêm sendo gerenciados de formas diversas, acompanhando a evolução da história da humanidade conforme ilustrado na Figura 1. A divisão do trabalho, conceito evidente no projeto do trabalho desde o quarto século antes de Cristo pela civilização grega, foi formalizado conceitualmente apenas em 1746 por Adam Smith. Essa quebra do paradigma artesão *versus* manufatura especializada trouxe grandes benefícios por proporcionar o aprendizado mais rápido, facilitando a mecanização/automação futura e reduzindo o trabalho não produtivo (SLACK, 1997).

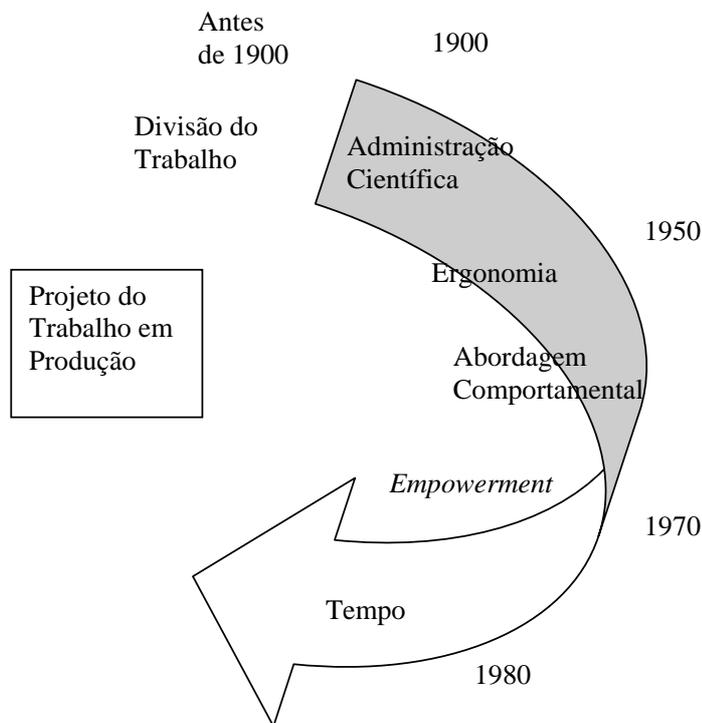


Figura 1 – Cronologia das diferentes abordagens para o projeto do trabalho

Fonte: Slack (1997)

O conseqüente advento da Revolução Industrial e seu impacto na sociedade moderna construíram ao longo dos anos as condições básicas e fundamentais para pensadores como Taylor (que propôs a Administração Científica), Gilbreth (que propôs o Estudo dos Movimentos), Emerson, Gantt e muitos outros, revolucionarem a indústria do século XX (SHINGO, 1996; SLACK, 1997).

Apesar dos benefícios provenientes destas filosofias de gestão, tais como o planejamento dos métodos de trabalho, a padronização e treinamento e a divisão de responsabilidades, estas não foram, por si só, suficientes para suplantar as críticas e conflitos que se estabeleceram indefinidamente (SLACK, 1997). Os conflitos advindos da alienação e desumanização do trabalho na indústria levaram à estudos com objetivos de atender às necessidades humanas, tais como as teorias de Douglas McGregor buscando a cooperação e participação dos trabalhadores nas decisões, reforçando o caráter de relacionamento entre a empresa e os trabalhadores (SHINGO, 1996).

Neste entremeio, surgem novas propostas de produção no Japão, separando o conceito de processo e operação (entre outros pontos). O Sistema Toyota de Produção (STP) e seu sucesso significou o início da crise do paradigma Taylorista/Fordista (ANTUNES,1998). Essa nova perspectiva, voltada para os processos e calcada em técnicas básicas da operação, técnicas de *Layout*, técnicas de controle de qualidade, sincronização da produção e fluxo unitário de peças, além de questões como multifuncionalidade e *empowerment*, trouxeram um novo paradigma à moderna gestão da produção (SHINGO, 1996).

2.2. O Pensamento Enxuto e o Sistema Toyota de Produção

O pensamento enxuto tem origem em dois pilares fundamentais: o foco em eliminar perdas no processo, herança dos conceitos de Taylor, Ford e Gilbreth, e o contexto onde se fortaleceu: a escassez de recursos naturais do Japão, especialmente agravada no período pós-guerra. Neste mesmo período, os custos com mão-de-obra por hora eram cerca de 5 vezes maiores do que a hora-máquina na indústria automobilística japonesa (SHINGO, 1996).

Esse ambiente, em toda a sua problemática econômica, foi deveras propício para alavancagem dos trabalhos de Taiichi Ohno com relação ao estudo dos

movimentos dos trabalhadores dentro das unidades produtivas. Ohno e Shingo, em seu combate aos custos de produção, trouxeram ao processo produtivo da Toyota Motors a lógica do Princípio do Não-Custo, rompendo os paradigmas existentes em relação a custos, trabalho e perdas (ANTUNES, 1998).

O conceito de Perda, originalmente desenvolvido nos EUA, foi completamente reformulado, sendo adaptado ao paradigma da Melhoria dos Processos que estava surgindo no Japão. As Perdas, denominadas de *muda* pelos japoneses, passaram a ser conceituadas como toda e qualquer atividade que gera custo e não adiciona valor ao produto (ANTUNES, 1998).

As origens históricas dos Princípios básicos de construção do Sistema Toyota de Produção (STP) encontram-se calcadas nas obras teóricas de Shigeo Shingo e Taiichi Ohno. Por sua vez, as obras teóricas desses autores estão diretamente relacionadas com ações práticas implantadas quando da construção do sistema que terminou por se constituir em *benchmark* internacional na indústria automobilística (ANTUNES, 1998).

A comparação entre o Sistema Toyota de Produção e o Sistema Ford, por conseguinte, tornam evidentes as diferenças ao efetuar a análise sob a ótica de algumas características intrínsecas a cada um dos sistemas. Segundo Shingo (1996), são três características básicas que diferenciam os dois sistemas: tamanho de lote, produção de modelos variados e operação de fluxo de peças unitárias contínuo do processamento à montagem final. Um breve comparativo entre os sistemas Ford e Toyota pode ser visualizado na Tabela 1.

TABELA 1 – Diferenças entre os Sistemas Ford e Toyota

Característica	Ford	Toyota	Benefício
1. Fluxo de peças unitárias	Somente na montagem	Interligação do processo e montagem	Ciclos curtos, inventário de produtos acabados reduzidos, estoque intermediário pequeno
2. Tamanho do lote	Grande	Pequeno	Redução do estoque intermediário, produção contra pedido
3. Fluxo do produto	Produto único (poucos modelos)	Fluxo misto (muitos modelos)	Redução do estoque intermediário, ajustes para mudança, promove o equilíbrio da carga

Fonte: Shingo (1996)

Os 3 Princípios básicos de construção do Sistema Toyota de Produção são o Mecanismo da Função Produção, o Princípio do não-custo e o estudo das Perdas nos Sistemas Produtivos (ANTUNES, 1998). Esses princípios são apresentados na seqüência, baseados no trabalho seminal de Shingo (1996).

No Mecanismo da Função Produção (MFP) é apresentada a diferenciação e a conceituação da Função-processo e da Função-operação. A Função-processo analisa o fluxo do objeto ao longo do tempo e espaço enquanto a Função-operação analisa o fluxo do sujeito no tempo e espaço. Segundo Shingo (1996), todos os Sistemas Produtivos podem ser compreendidos como uma rede funcional de processos e operações.

No princípio do não-custo é estabelecido o princípio do gerenciamento da produção através da minimização dos custos. Sob essa ótica, o mercado determina o preço e o lucro é determinado pela competência em reduzir custos de fabricação.

Por fim, tem-se o estudo das perdas nos sistemas produtivos e sua eliminação como método único de redução dos custos. Esses desperdícios foram detalhados conjuntamente por Ohno e Shingo (SHINGO, 1996) e agrupados em 7 tipos de perdas:

- a) Superprodução (quantitativa e por antecipação): quando é produzido mais do que o necessário visando reduzir os custos de preparação, ou mesmo antes do prazo, gerando um inventário a ser mantido e administrado o que acarreta em custos financeiros;
- b) Espera: quando geram-se estoques em processo (*Work-in-process – WIP*), tem-se a perda por espera. Essa categoria de perda é considerada *espera de processo* sempre que sua origem seja devido ao desbalanceamento no processo, seja por ocasião de um *buffer* entre processos ou mesmo um estoque de segurança. Ao analisar-se a produção em batelada, ou lotes inteiros entre as etapas de produção, gera-se o que é designado *espera de lote*;
- c) Transporte: a movimentação de materiais é um custo que não agrega valor ao produto; portanto, é uma perda que deve ser combatida;
- d) Processamento em si: freqüentemente são estudados e questionados os métodos tradicionais; logo, novos e mais efetivos métodos podem ser criados, reduzindo desta forma as perdas advindas do processamento;

e) Estoque: a estocagem de produtos deve ser encarada como um fenômeno não-lucrativo e gerador de custos, oriundo de ineficiências tanto do processo quanto das operações. Representa um capital de giro parado, que não está no caixa da empresa, acarretando ainda custos de guarda para sua manutenção;

f) Desperdício nos movimentos: diz respeito às perdas que tem origem nas ineficiências das operações, reduzindo a produtividade. O posto de trabalho deve ser projetado de forma que a movimentação durante a operação seja minimizada e continuamente melhorada;

g) Desperdício na elaboração de produtos defeituosos: trata da produção não conforme, representando a mais aparente das perdas aqui apresentadas. O desperdício de matéria prima, os custos de fabricação perdidos e a perda do prazo de entrega são os problemas ocasionados pela não-qualidade na elaboração dos produtos.

O Sistema Toyota de Produção é expresso pela articulação conceitual das Técnicas e Princípios que foram utilizados para debelar as 7 perdas acima listadas (ANTUNES, 1998). Essas técnicas visam a administração e eliminação da perda, abordando de forma diferente as perdas na função-processo e na função-operação. São elas:

- *Layout* e fabricação de peças em fluxo unitário;
- Operação-Padrão;
- Troca Rápida de Ferramentas - *Single Minute Exchange of Die and Tool*;
- Sincronização (*Kanban*);
- Inspeção na fonte e *Poka-Yoke*; e
- Engenharia e Análise de Valor.

Essas Técnicas foram articuladas em uma relação de causa-efeito, gerando o chamado Sistema Toyota de Produção, como pode ser visualizado na Figura 2.

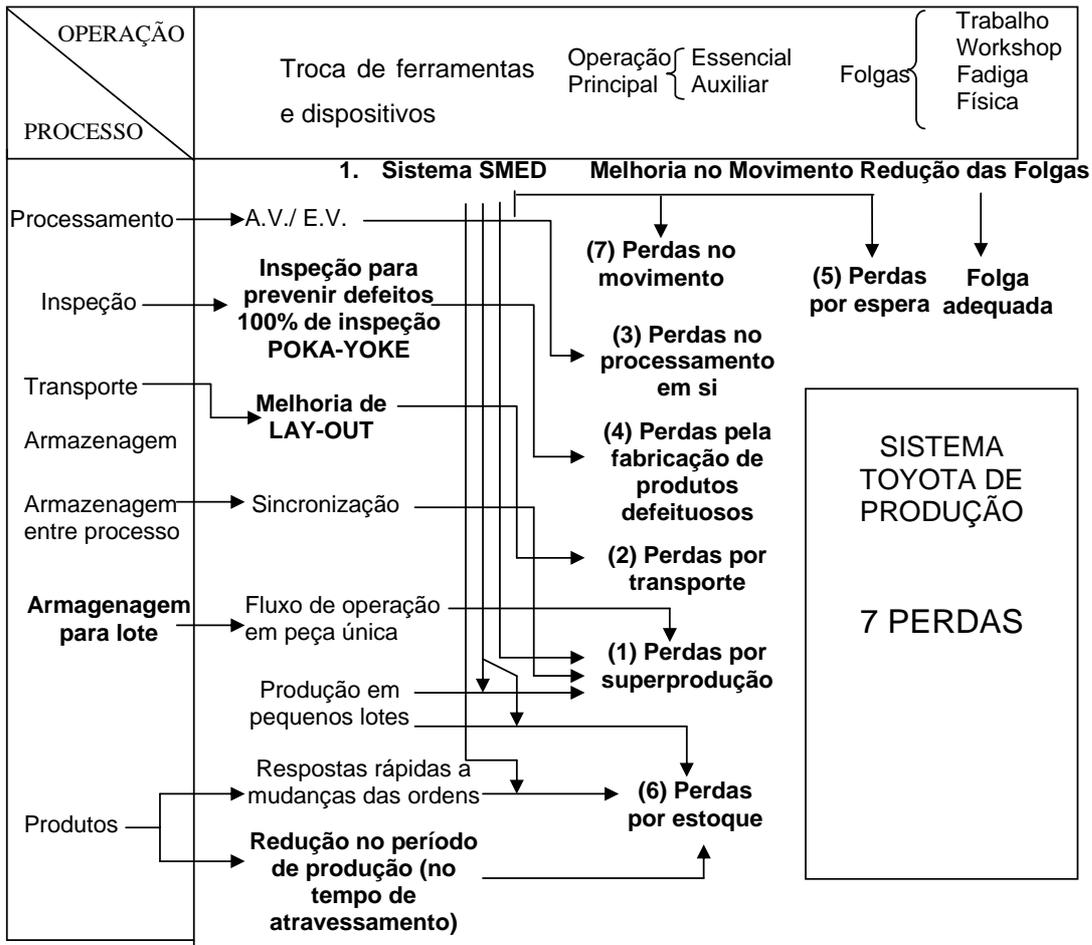


Figura 2 - Sistema Toyota de Produção e seus elementos

Fonte: adaptado de Shingo (1996)

O STP, dessa forma, cria uma estrutura modular com diversos subsistemas independentes e ao mesmo tempo intrinsecamente comprometidos, com objetivos por vezes sobrepostos. Diferentes subsistemas acabam por atacar as mesmas perdas em intensidade e maneiras diferentes.

Segundo Spear e Bowen (1999), pode-se entender o conhecimento tácito implícito ao Sistema Toyota de Produção através de 4 regras que regem o projeto, a operação e melhoria de qualquer atividade. As 4 regras, basicamente, são: (i) todo trabalho deve ser completamente especificado (o que fazer, seqüência, tempo, etc.); (ii) as relações entre cliente-fornecedor devem ser diretas; (iii) o fluxo de todo produto e

serviço deve ser simples e direto; e (iv) as melhorias devem ser feitas de acordo com o método científico, no chão-de-fábrica.

Essas regras, segundo os autores, tornam as pessoas responsáveis e capazes de aperfeiçoar o seu próprio trabalho, simplificando também as relações entre clientes e fornecedores e aumentando a eficiência global através da redução do nível geral de problemas. De certa forma, fica evidenciado que pessoas, mais especificamente através de educação e treinamento, passam a ser a chave para o desenvolvimento de sistemas com estoque zero. Isso vai ao encontro das idéias sobre a necessidade de desalienação do trabalho.

A simplificação das atividades produtivas viabiliza a introdução de ferramentas que flexibilizem o sistema, gerando maior competitividade. Isso é largamente suportado por trabalhos envolvendo o quadro operativo, como os grupos de CCQ (Círculos de controle da qualidade), times de *Kaizen* e mesmo de redução de *setup*. Em muitos casos, o envolvimento dos operadores traz contribuições que extrapolam a aplicação da técnica, envolvendo um forte fator motivacional (FALCONI, 2002; LEWIS, 2002; SEVERSON, 1988).

Das técnicas listadas na Figura 2, a Troca Rápida de Ferramentas (TRF) merece aprofundamento, dada a sua relevância no contexto deste trabalho. A TRF é o assunto principal das demais seções desta revisão.

2.3. TRF – Troca rápida de ferramentas

O Sistema TRF foi desenvolvido por Shigeo Shingo em experiências e análises teóricas e práticas ao longo de 19 anos de trabalho. Este método surgiu primeiramente através de sua experiência na planta Mazda da Toyo Kogyo em 1950, onde surgiram os primeiros esforços em separar os tempos de preparação em internos e externos. A partir daí, a aplicação estendeu-se por outras empresas do Japão, como a Mitsubishi, e finalmente a Toyota Motor Company, em 1969. A partir daí, Shingo percebeu que o Sistema TRF extrapolava uma simples técnica e passou a ser vista como uma nova forma de pensar a produção, expandindo-se por vários setores da indústria japonesa e daí para o mundo (SHINGO, 2000).

A TRF ou SMED (*Single Minute Exchange of Die* – Troca de ferramentas em tempo inferior a dez minutos) é considerada um dos elementos centrais dentro do

Pensamento Enxuto (ANTUNES, 1998). A afirmação é reforçada pelo próprio Shingo ao afirmar que a TRF é a mais efetiva ferramenta para a implementação da produção *Just-in-Time* (SHINGO, 1996). A TRF pode proporcionar pelo menos 4 vantagens (ANTUNES e RODRIGUES, 1993).

Primeiro, a redução dos tempos de preparação possibilita a produção econômica em pequenos lotes. O benefício advindo disto é a flexibilização da produção e uma resposta mais rápida às mudanças de mercado.

Também, a produção econômica em pequenos lotes possibilita a redução de estoques de produtos prontos e intermediários. As vantagens são claras, com redução do custo do capital de giro, juros e encargos sobre estoque. Lotes menores permitem, ainda, inspeções mais próximas das fontes geradoras reduzindo a perda de produtos defeituosos ao interromper a fabricação logo após a sua identificação.

A simplificação da atividade de preparação também reduz a possibilidade de erros, reduzindo a variabilidade do sistema. Atividades mais simples e padronizadas reduzem os riscos quanto à segurança dos operadores e facilita o treinamento.

Por fim, com a aplicação de TRF sobre gargalos produtivos, podemos disponibilizar até mesmo uma capacidade adicional ao sistema conforme citado por Harmon e Petersen *apud* Antunes e Rodrigues (1993).

Segundo Shingo (2000), o sistema TRF transcende a simples redução do tempo de *setup* em busca de melhores taxas operacionais. O sistema oferece vantagens estratégicas fundamentais eliminando estoques e revolucionando os conceitos de produção. Segundo Mondem (1984), reduzir o tempo de troca de ferramentas pode ser considerado o caminho mais fácil para introduzir o STP em um ambiente de produção.

2.3.1. TRF e sua relação com Estoques e Lote Econômico de Produção (LEP)

A abordagem tradicional do gerenciamento da produção usualmente trata os estoques de forma ambígua, já que estes apresentam fatores negativos e positivos, sendo considerados um mal necessário em virtude das vantagens a ele associadas (SHINGO, 2000). Como fatores negativos dos estoques pode-se citar principalmente a redução do capital de giro e a incidência de custos de guarda e de obsolescência de materiais. Em contrapartida, estoques fornecem uma compensação às incertezas de fornecimento e

demanda (através da composição de estoque de segurança) e atendem a demanda de produtos produzidos em bateladas (através do dimensionamento correto dos estoques de ciclo), entre outros aspectos que justificam sua existência (SLACK, 1997).

Slack (1997) define estoque como sendo a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação. Estoques existem basicamente para compensar as diferenças entre as taxas de fornecimento e demanda no fluxo dos processos. A abordagem tradicional ocupa-se da administração racional dos estoques através da proposição de métodos que busquem o equilíbrio entre as vantagens e as desvantagens de manter estoque, formando o conceito de Lote Econômico.

O gráfico representado na Figura 3 ilustra o lote econômico como a intersecção entre o mínimo custo de estocagem e o menor efeito do *setup* nos custos de fabricação.

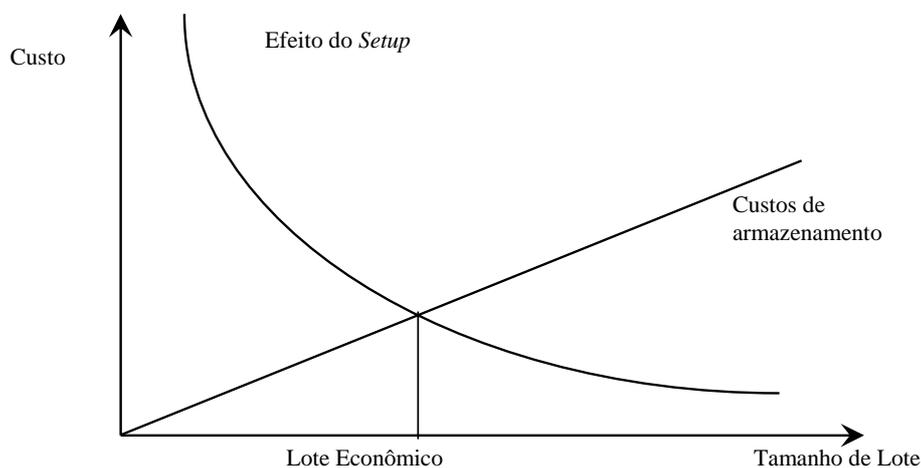


Figura 3 – Tamanho do Lote Econômico (Adaptado de Shingo, 2000)

O cálculo do LEP é função da demanda do item (D), do custo unitário de fabricação (A), do custo unitário de compra (C) e da taxa de encargos financeiros sobre o estoque (i), sendo definido através da equação (SLACK, 1997; FREELAND, 1990; ROBBINS, 1989):

$$LEP = ((2.A.D)/(C.i))^{1/2} \quad (1)$$

A abordagem do STP diverge da abordagem tradicional de gerenciamento da produção, conforme descrito na seção anterior. No STP, o estoque é visto como uma

perda; logo, conceitos e técnicas são aplicados para debelá-la. O descompasso do ritmo no fluxo dos processos é combatido pela sincronização e balanceamento da produção. Para Shingo (2000), o conceito de Lote Econômico foi introduzido para equilibrar os efeitos de aumento de inventário e foi considerado uma abordagem otimizadora. Porém, na realidade não é considerado uma medida positiva na melhoria da produção, perdendo a razão de existir a partir do pleno desenvolvimento de um sistema TRF.

2.3.2. Procedimentos para a implantação da TRF

Ao analisar as metodologias utilizadas para a implantação de sistemas de redução dos tempos de preparação, constata-se que essas pouco variam da proposta inicialmente apresentada por Shingo (SHINGO, 1996). O método geral proposto, no entanto, recebeu um grande aporte de técnicas com vistas à melhoria dos resultados obtidos em suas etapas. Yasuhiro Mondem (1984), Hay (1992), Kannenberg (1994) e Black (1998) serão analisados, além da metodologia inicialmente proposta por Shingo (1996 e 2000), nesta seção. Casos de aplicações na indústria e avaliações dessas metodologias publicados e selecionados na literatura disponível, surgem como complementação ao trabalho desenvolvido por esses autores, sendo apresentados na sequência.

- ***Implantação da TRF segundo Shingo (1996; 2000)***

O método inicialmente proposto por Shingo (1996; 2000) consiste em uma análise cuidadosa da situação real no chão de fábrica, sendo composto por quatro estágios conceituais de melhoria.

O primeiro estágio, ou Estágio Preliminar, é aquele no qual as condições de *setup* interno e externo não se distinguem. Atividades que poderiam ser executadas anteriormente à parada da máquina (externamente), são realizadas internamente, com a máquina parada. Isto acarreta um aumento significativo do tempo necessário de preparação. Shingo sugere uma série de maneiras para abordar esta questão, como, por exemplo, a cronoanálise da operação, entrevistas e até mesmo a filmagem da operação de *setup*, com análise posterior dos envolvidos para melhoria imediata da operação. Shingo recomenda a efetiva participação dos operadores nessas análises, de forma a garantir soluções práticas e que possam ser implantadas imediatamente.

No segundo estágio, ou Estágio 1, tem-se a possibilidade de redução do tempo de preparação entre 30% e 50%. No Estágio 1, realiza-se a efetiva separação do *setup* interno do externo. Esse estágio é considerado o “passaporte” para o sucesso na TRF.

São sugeridas uma série de ferramentas para auxiliar na execução do Estágio 1. O uso de *checklist* de todos os componentes em um mapa dos passos necessários à execução da operação de *setup* é uma delas. A verificação da condição de funcionamento dos componentes e ferramental deve ser uma extensão natural do *checklist*, de forma a garantir que todos os reparos necessários sejam executados antes do início do *setup* interno. Também sugere-se a melhoria no transporte de componentes e ferramentas. Deve-se ter em mente que todo o material deve estar disponível no local da preparação antes do *setup* interno; assim, o traslado de peças deve ser executado durante o *setup* externo.

O Estágio 2 envolve a conversão das atividades do *setup* interno para externo. A sua realização só é possível através de um exame minucioso das atividades executadas, avaliando suas funções e, a partir daí, transcendendo a abordagem tradicional dos procedimentos empregados. A chave para o desenvolvimento deste estágio são as seguintes ações:

- Preparação Antecipada das Condições Operacionais, tais como o aquecimento de peças anteriormente a sua montagem (em caso de matrizes de máquinas de fundição, por exemplo). Dessa forma, atividades normalmente executadas após a parada da máquina, passam a serem executadas previamente, reduzindo o tempo das atividades internas;
- Padronização de Funções. Nesta padronização de funções as operações são divididas nos seus elementos básicos (fixação, centragem, dimensionamento, extração, aperto e alimentação, por exemplo) e só então é decidido qual das funções deve ser padronizada. A padronização eficiente de funções exige a análise das funções específicas de cada peça do conjunto analisado, de forma a levar a substituição de um menor número de peças possível, reduzindo o custo e impacto da modificação; e
- Utilização de dispositivos intermediários, tais como guias de centragem e calços padronizados, com o objetivo de agilizar e eliminar ajustes posteriores

às trocas. Ao padronizar dispositivos intermediários ocorre também uma simplificação da atividade de preparação, tornando o treinamento facilitado e a atividade mais segura.

O Estágio 3, enfim, consiste na implementação das melhorias concebidas, racionalizando efetivamente cada elemento da operação interna e externa. De forma geral, Shingo apresenta ações com o objetivo de melhorar os tempos de preparação; são elas:

- Implementar operações em paralelo. Estas operações, no entanto, devem ser minuciosamente planejadas de forma a evitar esperas desnecessárias. A comunicação entre as pessoas envolvidas e o uso de dispositivos de bloqueio são elementos importantes na segurança dos envolvidos além dos ganhos de tempos despendidos na operação;
- Uso de fixadores funcionais. Repensar os elementos de fixação é uma forma bastante simples de reduzir tempos de preparação. Alternativas são viáveis de acordo com a aplicação, sejam fixadores de uma volta (furo em pêra, arruela em “U”, rosca fendida, encaixes e grampos), métodos de um movimento (engates rápidos, vácuo, magnetismo) ou métodos de encaixe. A solução depende da aplicação a que se destinam e derivam diretamente do entendimento do por que são executadas;
- Eliminação de ajustes, que usualmente tomam cerca de 50% do tempo de *setup*. Shingo defende que para eliminar os ajustes, deve-se melhorar os primeiros estágios do *setup* interno, como, por exemplo, operações de centragem e dimensionamento dos itens produzidos, que são normalmente variáveis no início da operação;
- Uso do “sistema de mínimo múltiplo comum”. Trata-se de uma técnica de eliminação de ajustes. O nome é uma referencia ao conceito de aritmética, e propõe o fornecimento de um número de mecanismos correspondentes ao mínimo múltiplo comum de várias condições operacionais. Os trabalhadores executam apenas as funções, sem alterar o mecanismo.

- Mecanização. Um cuidado deve ser tomado quanto ao uso da mecanização. Ela deve ser usada apenas após ter-se racionalizado o projeto de um processo de *setup*. Apenas assim serão corrigidas as falhas deste projeto e a mecanização agregará valor ao processo.

Shingo afirma que os estágios 2 e 3 não são necessariamente seqüenciais, podendo ser praticados simultaneamente. O autor reforça ainda a necessidade de entender-se profundamente a razão das mudanças, não apenas replicar técnicas. Para isso, a necessidade da interiorização dos estágios conceituais, dos métodos e técnicas concretas. A Figura 4 apresenta os Estágios e técnicas da TRF.

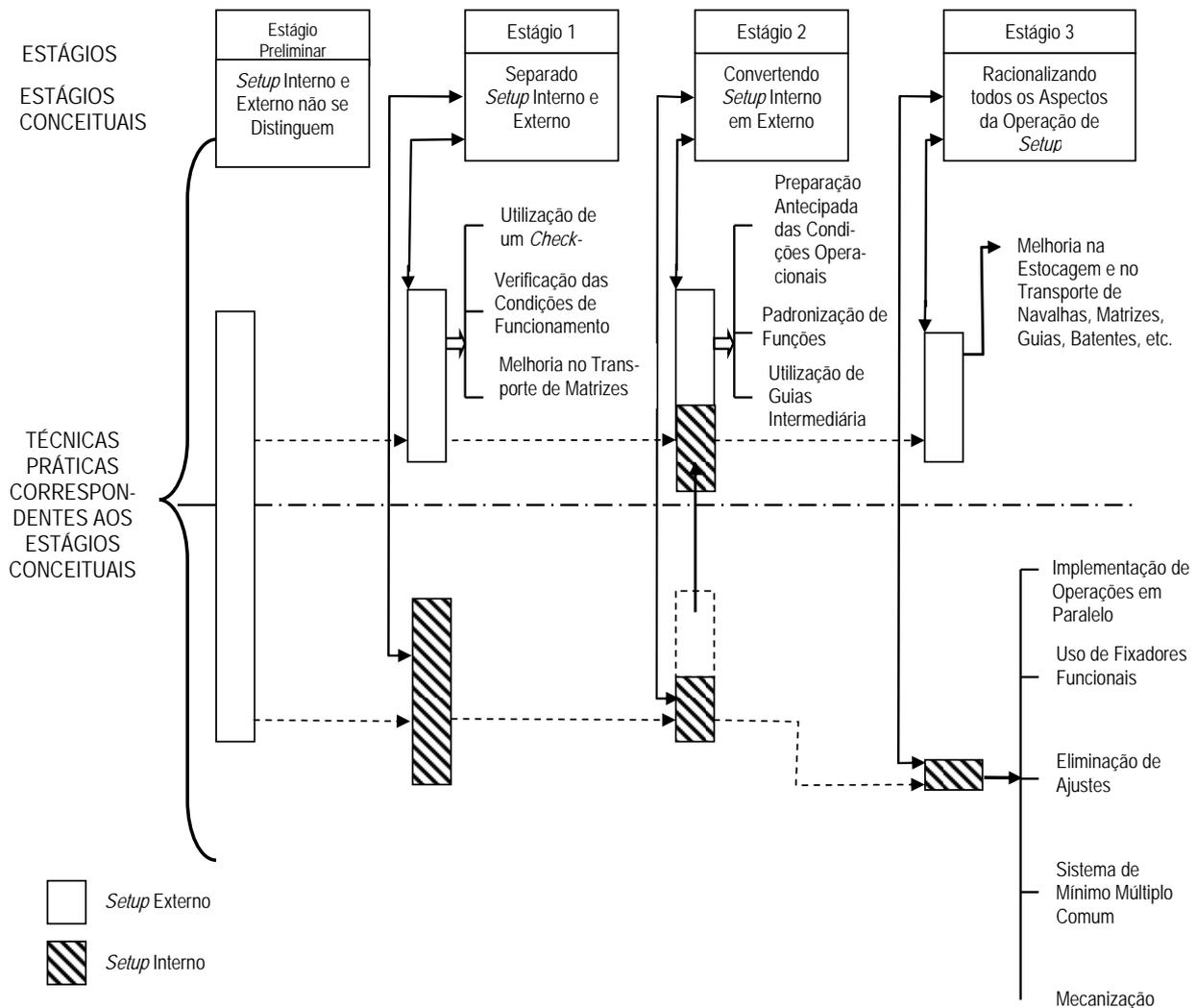


Figura 4 – Estágios conceituais e técnicas associadas a TRF

Fonte: Shingo (2000)

- ***Implantação da TRF segundo Mondem (1984)***

O método proposto por Mondem (1984) segue a abordagem dada por Shingo ao diferenciar estratégias e técnicas de implantação. Mondem (1984) define, assim, a TRF em 4 estratégias e seis técnicas.

O autor considera a separação das ações de preparação interna e externa como o conceito mais importante para a implementação da TRF. Segue-se a isso a eliminação de ajustes, que consomem de 50% a 70% do tempo total do *setup* interno. Segundo o autor, a eliminação dos ajustes deve ser observada já nas etapas de projeto e, posteriormente, na busca pela padronização de ferramentas. Por fim, o autor também propõe a eliminação do processo de troca de ferramentas em si (que é uma posição diferenciada em relação à Shingo), baseando a eliminação em princípios de intercambiabilidade de ferramentas.

Quanto às técnicas de implantação, Mondem apresenta seis técnicas, diferenciando-se do modelo de Shingo nos seguintes tópicos:

- A Padronização de Função e a Conversão do *Setup* interno em externo são analisadas conjuntamente, em uma avaliação dos investimentos necessários em contrapartida aos ganhos efetivos de tempo no *setup*;
- A partir da primeira técnica, considera-se, então, a eliminação do ajuste ao aplicar as outras cinco ações: (i) padronização somente das peças necessárias do equipamento; (ii) utilização de fixadores rápidos; (iii) utilização de ferramenta de fixação suplementar; (iv) operações paralelas; e (v) mecanização;

- ***Implantação da TRF segundo Hay (1992)***

O método proposto por Hay (1992) segue uma abordagem diferenciada das anteriores, mais abrangente, iniciando através da obtenção do compromisso da alta administração junto ao projeto.

A primeira etapa, como descrito, envolve um caráter mais estratégico e diz respeito ao envolvimento e conscientização da alta administração. O autor considera um fator crítico de sucesso para a implantação da TRF. A escolha do processo a ser melhorado corresponde ao segundo passo da metodologia proposta, e a escolha deve considerar o melhor retorno frente ao impacto potencial da melhoria a ser atingida.

Após a obtenção do comprometimento da alta direção e a definição do processo a ser melhorado, deve-se definir a equipe de projeto. A composição dessa equipe deve seguir alguns parâmetros, envolvendo operação, manutenção e engenharia, e deve, ainda, ser dotada de autonomia e uma liderança forte na coordenação do time. Após a determinação da equipe, prover sua capacitação nos conceitos e técnicas e a garantia do perfeito entendimento dos objetivos do projeto compõe o próximo passo.

As demais etapas da metodologia proposta por Hay (1992) diferem pouco dos demais autores. Estão presentes os estágios de separação de *setup* interno e externo, a conversão das preparações internas para externas, a eliminação dos ajustes através do autoposicionamento de ferramentas e dispositivos (com uma ênfase em eliminar corridas de testes e reajustes). Define ainda uma etapa para o estudo dos elementos de fixação e sua simplificação com objetivo de redução de movimentos.

Por fim, estabelece uma etapa com o objetivo de garantir a fluência das operações do *setup* eliminando os problemas encontrados na realização das atividades, tais como ausência de ferramentas, dispositivos ou elementos de fixação.

- ***Implantação da TRF segundo Kannenberg (1994)***

Kannenberg (1994), da mesma forma que Hay (1992), propõe um método composto por nove etapas, iniciando pela criação de um ambiente favorável à implantação da TRF a partir do convencimento da alta administração. O autor divide seu método em três níveis, estratégico, tático e operacional. O nível operacional não difere das técnicas propostas por Shingo (1996 e 2000) e Mondem (1984). Quanto à abordagem proposta para os demais níveis (estratégico e tático) que antecedem a efetiva aplicação das técnicas, são apresentados os passos descritos a seguir.

No nível estratégico, entende-se a necessidade de observar a aderência do método ao sistema produtivo em uma visão de longo prazo. Para tanto, são propostos

três passos. Inicialmente, deve-se procurar a obtenção do comprometimento da alta administração através da conscientização e sensibilização para o projeto TRF a fim de obter a aprovação dos níveis hierárquicos e os recursos necessários. Na sequência, deve-se promover a formação de uma equipe responsável pelo planejamento e controle da implantação. Por fim, procede-se uma avaliação do processo produtivo quanto à visão de futuro e crescimento.

No nível tático, deve-se promover a difusão das políticas da empresa a médio e longo prazo, em especial quanto a investimentos, projetos de produtos, definição de metas, normatização e treinamento.

- ***Implantação da TRF segundo Black (1998)***

A abordagem de Black consiste no estudo de tempos e movimentos aplicados ao problema de redução de tempo de *setup*. O autor divide sua estratégia de implantação em sete etapas, destacando como primeiro passo um diagnóstico da situação vigente, através do estudo dos tempos e movimentos envolvidos, com o objetivo claro de eliminar movimentos desnecessários. As 3 etapas seguintes correspondem aos estágios 2 e 3 da metodologia apresentada por Shingo (1996; 2000), sendo respectivamente a separação do *setup* interno do externo, a migração de atividades para o *setup* externo e a racionalização das atividades internas. O Estágio 4 apresentado por Shingo, é detalhado nas etapas de 5 a 7 no método proposto por Black. Tais etapas são respectivamente compostas pela análise dos métodos empregados, padronizações e eliminação de ajustes, até a completa eliminação do *setup*, quando viável economicamente.

Assim como outros autores, Black (1998) sugere uma série de técnicas específicas a serem aplicadas para a implementação de cada uma das sete etapas de seu método. Para a análise do método existente, ou diagnóstico, é proposta a elaboração de um *check list* objetivando a racionalização da análise. Ainda nesta etapa, propõe-se o uso de filmagem da atividade de *setup* para análise posterior de tempos e movimentos. Essa documentação é aproveitada em diversas etapas posteriores, tais como a conversão de *setup* interno para externo e racionalização das atividades e treinamento. As técnicas propostas para a racionalização dos elementos internos também incluem estudos do projeto da ferramenta e padronização de dispositivos.

A Tabela 2 traz um comparativo do trabalho desenvolvido pelos autores.

TABELA 2 – Relacionamento entre as metodologias dos principais autores

Questões / autores	Shingo (1996 e 2000)	Mondem (1984)	Hay (1992)	Kannenber (1994)	Black (1998)
Sistemática e principais contribuições do autor	Criação da metodologia SMED através de 4 estágios conceituais e 8 técnicas	Segue Shingo nos 4 estágios conceituais e 6 técnicas	Ênfase na equipe de liderança. Método em 9 etapas;	Método em 9 etapas dividido em estratégico, tático e operacional;	Método 7 etapas, ênfase no estudo de tempos e movimentos
Criação de ambiente favorável à implantação de TRF	Parte do pressuposto da existência do STP	-	Procura envolver a alta administração, time de projeto e treinamento;	Procura envolver a alta administração,	-
Determinação do método existente	Estágio preliminar, cronoanálise, entrevistas e filmagem;	Idem a Shingo	Uso das técnicas propostas por Shingo e Mondem	Uso das técnicas propostas por Shingo e Mondem	Estudo dos tempos e movimentos;
Separação setup interno e externo	Corresponde ao estágio 1, uso do <i>check list</i> , organização e eliminação de transportes;	Considerado o conceito de maior importância pelo autor;			Uso das técnicas propostas por Shingo
Conversão setup interno em externo	Estágio 2, consiste na análise das atividades realizadas, aplicando técnicas de melhoria;	A conversão do <i>setup</i> interno para externo é analisada junto à padronização de funções;			
Racionalização de atividades	Estágio 3, aplicando técnicas específicas de melhoria;	Propõe 5 técnicas para melhoria;	Estudo de sistemas de fixação e redução de movimentos;		Análise dos métodos e eliminação de ajustes;
Padronizar práticas de setup	A cada nova melhoria, no chão de fábrica conforme método científico	Sem grande ênfase neste tópico	Preocupa-se com a fluência das atividades e a repetibilidade;		Uso da documentação obtida no processo (<i>check list</i> , filmagens)
Eliminar ajustes	Abordado na racionalização de atividades;	Ênfase ao optar pela eliminação de ajustes desde o início do projeto;	Auto-posicionamento de ferramentas, eliminar corridas de teste;		Idem a Shingo
Eliminar setup	-	Através da mecanização e intercambialidade de ferramentas;	-		Propõe análise de viabilidade econômica para eliminação de setup;

2.3.3. TRF – Casos de aplicações na indústria

Moxham e Greatbanks (2000) apresentam uma alteração na metodologia proposta por Shingo (1996; 2000). Em um caso aplicado à indústria têxtil, reforçam a necessidade de cumprir certos pré-requisitos para implantar um sistema TRF. O atendimento desses requisitos foi entendido como um estágio preliminar, antecedendo o primeiro passo proposto por Shingo (1996, 2000) que consiste na separação do *setup* interno e externo.

Tal estágio preliminar aborda aspectos referentes à cultura da empresa, ao processo produtivo e ao sistema de gestão da empresa, tendo sido denominado de SMED-ZERO e consistindo no atendimento de quatro etapas: (i) interação da equipe de trabalho através de uma estratégia de comunicação formal, com reuniões de acompanhamento e público definido; (ii) medição do desempenho através do estabelecimento de metas e indicadores pertinentes ao projeto de TRF; (iii) controle visual das variáveis mensuradas no processo pertinentes ao projeto de TRF agilizando e reduzindo a comunicação verbal; e (iv) aplicação do *kaizen* (melhoria contínua) aos processos e equipamentos pelos participantes do projeto de TRF. A contribuição dos autores transcende as proposições apresentadas por Hay (1992) e Kannenberg (1994) uma vez que extrapolam o convencimento da alta administração. O correto estabelecimento de metas e indicadores e a estratégia de controle e comunicação são diferenciais do SMED-ZERO. Os autores concluem que a aplicação do estágio SMED-ZERO em qualquer indústria é vital para o sucesso de um projeto de TRF.

A TRF aplicada à indústria farmacêutica é apresentada por Gilmore e Smith (1996). O projeto iniciou devido a necessidade de flexibilizar o processo produtivo, permitindo a produção em pequenos lotes. A aplicação desse projeto foi através de equipes de trabalho, denominados “*setup improvement teams*”, com participação intensa dos operadores diretamente envolvidos nos processos analisados. O estudo dos processos foi dividido em cinco etapas: (i) análise do processo com a participação dos operadores dos processos adjacentes; (ii) registro das ações de melhorias propostas pelo grupo; (iii) implantação das ações de melhorias; (iv) análise dos resultados alcançados e comparação com as metas; e (v) repetição do processo, buscando melhoria contínua.

McIntosh *et al.* (2000) apresentam uma avaliação crítica da metodologia proposta por Shingo, considerando na prática que a sua seqüência sistemática pode não ser a mais apropriada por não garantir que todos os caminhos possíveis para a melhoria tenham sido buscados. Consideram, sim, o estudo do projeto do equipamento, da ferramenta ou mesmo do produto como um meio potencial para a redução de *setup*, desvinculando este estudo à sistemática de Shingo.

Uma importante consideração deste grupo de autores refere-se ao período de ajustes pós *setup* até a estabilização do processo, designado por *run-up*, o qual representa uma grande parcela de tempo e não está claramente identificado durante o tempo de operação do equipamento. Segundo Shingo (1996; 2000), o *setup* interno ocorre quando o equipamento está parado, mas neste tempo não está incluso o *run-up*, ao qual não é atribuída a devida importância nem definido o tratamento a ser dado.

Segundo McIntosh *et al.* (2000), a sistemática para a implantação da TRF pode ser separada em três partes: conceitos, técnicas e aplicações práticas. Uma estrutura hierárquica rege a relação entre essas partes, conforme ilustrado na Figura 5.

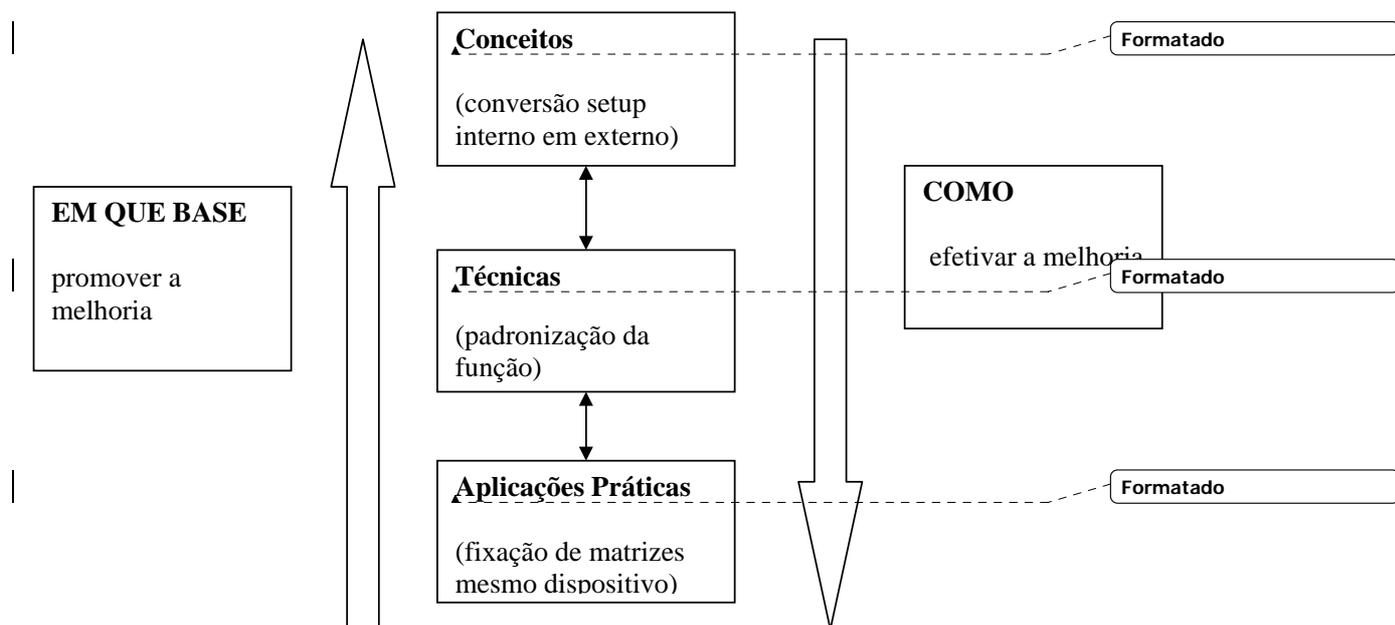


Figura 5 – Hierarquia dos Conceitos, Técnicas e Aplicações Práticas

Fonte: McIntosh *et al.*, 2000

A identificação e aplicação das técnicas de melhoria estão relacionadas a cada uma das partes. Em concordância com Gilmore & Smith (1996), a utilização de técnicas de melhoria contínua, com a participação de grupos de trabalho focados, permite o pleno aproveitamento do potencial criativo da equipe na melhoria dos métodos existentes.

3. Consolidação do método proposto

3.1. Análise crítica das metodologias propostas na literatura

Diferentes autores propuseram métodos e técnicas para implantar sistemas de TRF, objetivando a redução dos tempos de preparação. Essas metodologias apresentam similaridade entre si, variando pouco da proposta inicial de Shingo, conforme observado por Kannenberg (1994). Excetuando-se Hay (1992), Kannenberg (1994) e o trabalho desenvolvido por Moxhan e Greatbanks (2000), os demais autores não demonstraram preocupação com a criação de um ambiente favorável à implantação de um sistema TRF, atendo-se a aspectos operacionais do sistema.

Considerando que a implantação de uma sistemática TRF representa uma mudança e uma quebra de paradigmas existentes na cultura endógena da empresa, uma etapa preparatória para introduzir os conceitos e práticas que levarão à redução dos tempos de preparação é necessária. Um ambiente, como o vivenciado pelo STP, é por si só favorável à melhoria contínua; porém, nem todas as aplicações da TRF encontrarão tal cenário. Segundo Black (1998), a implantação de técnicas para a redução de tempos de *setup* é a primeira etapa para conversão de sistemas de produção tradicionais para sistemas enxutos, e o entendimento a partir disso deve ser o de avaliar a necessidade de criar um ambiente receptivo para tal implantação.

A operacionalização da prática TRF depende do estudo do processo ao qual será aplicada. Os modelos gerais trazem as linhas genéricas de raciocínio a serem seguidos e a aplicação das técnicas em si dependerá da sua aderência ao processo. A convergência das metodologias estudadas, quanto a esse aspecto, indicam a solidez das técnicas e a aplicabilidade das mesmas em diferentes ambientes.

3.2. Método de implantação proposto

O método proposto neste trabalho de conclusão está estruturado em 4 estágios. De forma análoga ao PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) como técnica consolidada de gestão (Campos, 2002), seguirá por um estágio de Planejamento, Execução, Verificação e Padronização das práticas implantadas.

O modelo apresenta para cada estágio uma série de etapas a serem cumpridas, bem como um detalhamento maior do que deve ser realizado em cada uma delas. Pode-se visualizar, de forma resumida, a partir da Tabela 3. Nesse ponto, é possível traçar um paralelo entre as atividades e macro-ações correspondentes.

Tabela 3 – Modelo proposto para implantação da TRF, relacionando estágios e atividades

Estágio	Etapas	Macro-ações
1	Convencimento da Alta Direção;	Destinar recursos humanos e financeiros para implantação.
	Formação de times de trabalho;	Envolver e treinar a equipe.
	Diagnóstico da situação atual;	Análise do processo, produtos; Ciclo de produção, programação; Tempos, número de <i>setup</i> ;
	Definição da estratégia de implantação;	Equipamentos a serem abordados, linhas de produtos, impacto na programação de produção.
	Definição de Metas;	Redução tempo de <i>setup</i> , tempos de ajuste, aumento da capacidade disponível.
2	Análise da seqüência de atividades;	Filmagem; <i>Check list</i> / PERT-CPM; Apontamento dos tempos e responsáveis.
	Separação do Setup interno do externo;	Análise crítica seqüencial das atividades;
	Conversão do Setup interno em externo;	Análise criteriosa das atividades; Organização e alterações no projeto
	Racionalização do Setup interno e externo;	Padronização de funções; Dispositivos intermediários; Melhoria de Fixadores; Operações paralelas; Troca de conjuntos x componentes; Mecanização;
	Eliminação de ajustes;	Padronização de operações e componentes; Alterações de projeto e procedimentos;
	Eliminação de Setup;	Revisão dos projetos de produto, mecanização.
3	Análise dos resultados obtidos;	<i>Check</i> das metas e indicadores
4	Padronização das práticas;	Consolidação das mudanças em padrões operacionais
	Disseminação dos novos padrões	Treinamento de toda equipe

3.2.1. Estágio 1 - Planejamento

O primeiro estágio do modelo proposto, ou Planejamento, é implementado a partir de 5 etapas e deve focar na criação de um ambiente favorável à implantação de uma sistemática TRF. Cada uma das etapas é composta de ações que conferem consistência ao estágio como um todo. As etapas do planejamento são (i) convencimento e comprometimento da alta direção, (ii) formação de times de trabalho, (iii) elaboração de um diagnóstico da situação atual, (iv) definição da estratégia de implantação e (v) definição de metas a serem atingidas.

A etapa de convencimento e comprometimento da alta direção, é uma atividade crucial para o andamento correto do projeto, pois a alocação de recursos humanos e financeiros está intrinsecamente relacionada a este nível hierárquico. Segundo Falconi (2002), quanto mais alto é o nível hierárquico na organização maior deve ser o compromisso com a melhoria das operações e dos processos. No contexto apresentado, as estratégias, técnicas e a visualização dos resultados advindos da implantação de um sistema que permita a redução dos tempos de preparação devem ser submetidas à alta direção de forma a reforçar sua responsabilidade junto ao projeto.

A etapa seguinte diz respeito à formação de times de trabalho. É necessário definir e promover o envolvimento da equipe, definindo o time de implantação, e uma estrutura de atuação operacional direta através de times de melhoria. O engajamento dos operadores e o seu treinamento são fundamentais para que a mudança ocasionada pela implantação de melhorias seja absorvida de forma natural. Para que isso ocorra, os operadores devem participar das decisões e principalmente no processo de identificação e eliminação dos problemas. Conforme o trabalho de Whiteley *apud* Chavez (2000) o conhecimento geral dos aspectos relacionados aos problemas existentes em um processo são 100 % de domínio do quadro operativo, já que essa parcela convive com as dificuldades diariamente durante a execução de suas atividades. Apenas 4% dos problemas são do conhecimento da alta administração. Isso coincide com a premissa apresentada por Shingo (1996, 2000) que as melhorias devem seguir o método científico, porém efetuadas no chão-de-fábrica. Uma escala de conhecimento a respeito dos problemas pode ser traçada em uma pirâmide como demonstrado na Figura 6

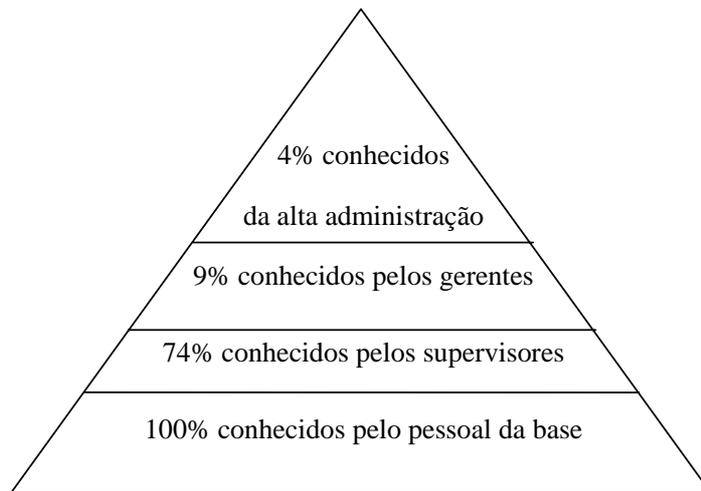


Figura 6 – Iceberg do conhecimento dos problemas

Fonte: Whiteley *apud* Chavez, 2000

O treinamento das equipes deve ocorrer de forma que os conceitos gerais sejam absorvidos e a aplicação prática das técnicas possa ser visualizada. Para isso, a questão do uso de recurso tal como o treinamento por consultoria externa, pode não ser a forma mais adequada. O conhecimento dos processos e produtos pode definir o sucesso da implantação e esse fator deve ser analisado de forma a definir claramente os recursos que serão utilizados para o treinamento das equipes de forma a conciliar o conhecimento tácito e explícito do processo. (GILMORE; SMITH, 1996).

A etapa de diagnóstico da situação na qual a empresa se encontra quanto aos tempos despendidos em preparação e ajustes, demandará uma análise dos parâmetros atuais de tempos e número de *setup* realizados, capacidade de produção e mesmo a forma como é programada a produção. Relaciona-se diretamente com as etapas de observação e análise da metodologia de pesquisa. Deve-se fazer uso de indicadores de forma que o desempenho possa ser devidamente acompanhado e comparado (MOXHAN; GREATBANKS, 2000). Os autores reforçam ainda a importância de uma estratégia de comunicação eficaz do desempenho resultante dos esforços da equipe para o atingimento das metas estabelecidas.

A estratégia de implantação, como próxima etapa, surge naturalmente a partir da definição do cenário inicial, indicadores de desempenho a serem melhorados, equipe de implantação definida e o suporte da alta direção. A definição do produto, processo, equipamento pelo qual terá início à implantação será consequência da priorização obtida através da análise dos fatores de impacto na redução dos tempos e o investimento de recursos necessários para isso.

Segundo Leschke (1997), ao comparar diversas estratégias de priorização de investimentos para início de uma sistemática TRF, fatores como número e similaridade de produtos produzidos devem ser levados em consideração. Em aplicações de TRF a processos com uma grande variedade de produtos, estratégias envolvendo uma avaliação do LEP (Lote Econômico de Produção) por exemplo, tendem a obter melhores resultados com menores investimentos. Estudos envolvendo ferramentas de suporte a decisões em ambientes com uma grande variedade de produtos e diversidade de tamanhos de lote requerem modelos matemáticos complexos para avaliação de níveis mínimos de investimentos (DIABY, 2000). Em contrapartida, em casos de menor número de produtos ou até mesmo maior similaridade entre eles, a abordagem de equalização dos tempos de *setup*, na qual o maior tempo é priorizado e reduzido até o nível do segundo maior tempo e assim sucessivamente, mostra-se uma técnica de maior simplicidade e com os mesmos níveis de investimentos de técnicas mais sofisticadas (LESCHKE, 1997). De qualquer forma, o início da implantação de um sistema TRF deve levar em consideração uma seqüência que permita a percepção de ganhos logo no início do projeto, o que reforçará a motivação da equipe no uso da sistemática (FAGUNDES, 2002).

A etapa de definição de metas pode ser consolidada através da avaliação dos ganhos possíveis com a estratégia de implantação adotada. Durante a execução do diagnóstico, os indicadores de desempenho utilizados passam a ter objetivos quantificados de ganho. Segundo Shingo (1996) as metas devem ser definidas com antecedência e precisão de forma a possibilitar a busca por melhorias, canalizando os esforços para objetivos alcançáveis.

3.2.2. Estágio 2 - Execução

Este estágio traz a aplicação das práticas propostas por Shingo (1996, 2000) associadas aos seus 4 estágios conceituais. Estão presentes a (i) análise da sequência de atividades de preparação, (ii) a separação do *setup* interno e externo, (iii) a aplicação de técnicas e tecnologias que permitam a migração das atividades efetuadas com máquina parada para o *setup* externo, (iv) a racionalização das atividades internas e externas, (v) esforços no sentido de eliminação dos ajustes e (vi) a completa eliminação do *setup*, que deve ser cuidadosamente estudada. A rotina de aplicação destas práticas deve seguir a proposta de melhoria contínua, exigindo até mesmo vários ciclos de aplicação para o atingimento das metas e da redução dos tempos de preparação.

A operação inicialmente priorizada deve ser detalhada com o auxílio de filmagens e suas atividades relacionadas em um *checklist*, com apontamento de tempos e pessoas responsáveis pela execução. Definido o *setup* como um conjunto sequencial de atividades, pode-se visualizar facilmente as vantagens de aplicação de um diagrama PERT – *Program Evaluation and Review Technique* (SAMADDAR, 2000) à medida que cresce a complexidade e se torna necessário identificar melhor os relacionamentos entre as atividades. A definição da seqüência lógica e os relacionamentos das atividades auxiliarão na identificação e aplicação do método do caminho crítico (CPM – *Critical Path Method*) e na priorização de esforços para reduzir o tempo total de preparação. O uso de um diagrama PERT/CPM para gerenciamento da implantação piloto do método não será empregado uma vez que as atividades abordadas são simples e não há real necessidade de seu emprego.

O estabelecimento da seqüência, e o completo mapeamento de atividades, através de um *checklist* ou um diagrama PERT/CPM (em aplicações de maior complexidade), permitem a visualização de toda a operação de *setup*. A partir disso, a aplicação dos conceitos de identificação e separação do *setup* interno e externo, conforme apresentados por Shingo (1996, 2000), ficam evidenciadas. A simples classificação das atividades necessárias em internas e externas pode levar à redução de 30% a 50% do tempo total de *setup* (SHINGO, 1996). Ao analisar as funções das atividades e operações do *setup*, reavaliando os procedimentos convencionais, pode-se converter boa parte das atividades internas para externas.

A racionalização do *setup* interno é a etapa operacional onde o conhecimento das atividades e a aplicação do maior número de técnicas é exigida. Nessa etapa, ferramentas como a padronização de funções, uso de dispositivos intermediários, melhoria e aplicação de fixadores funcionais, adoção de operações paralelas e mecanização devem ser utilizadas. Com a aplicação de técnicas de análise e solução de problemas (BLACK, 1998), é possível encontrar soluções para a série de atividades, podendo ocasionar grandes racionalizações de tempo ou até mesmo o completo desaparecimento de certas atividades.

Obter um processo estável logo após a operação de *setup*, eliminando o período de *run-up* descrito por McIntosh (2000), converge com a proposição de Shingo (1996, 2000) na qual o ajuste após *setup* é visto como uma operação desnecessária. A eliminação de ajustes deve ser alcançada através da padronização de parâmetros do processo e de componentes. Isso pode permitir a redução de 50 a 70% do tempo total de *setup* interno, conforme a avaliação de Mondem (1984).

A eliminação completa do *setup* deve ser almejada sempre que possível. Tal eliminação pode ser alcançada através do estudo do projeto de fabricação do produto, avaliando a relação custo \times benefício para as modificações necessárias. Outra maneira de se obter a eliminação de *setup* é o estudo dos produtos e o agrupamento dos mesmos em famílias de produtos de forma a otimizar as trocas e preparações.

3.2.3. Estágio 3 - Verificação

O terceiro estágio, de verificação, consistirá no *check* da efetividade das práticas implantadas, através dos indicadores de desempenho globais analisados durante o diagnóstico e o atingimento das metas propostas. Uma nova filmagem e revisão dos tempos inicialmente apontados devem ser realizadas para o entendimento e avaliação da aplicação das técnicas durante o estágio de execução.

O trabalho desenvolvido por Moxhan e Greatbanks (2000) reforça a importância da existência de um sistema efetivo de medição do desempenho. Segundo Falconi (2002), só se gerencia aquilo que pode ser medido. Patel *et al.* (2001) reforçam a mesma idéia ao concluírem que não haverá preocupação ou motivação para melhoria se não houver uma medição que demonstre efetivamente o que há para ser melhorado. Os indicadores devem estar diretamente associados às melhorias implantadas,

permitindo avaliar os progressos obtidos. Somente assim, através da comparação dos tempos despendidos antes e após a etapa de execução de melhorias, poderá ser estabelecido um novo patamar de desempenho.

3.2.4. Estágio 4 – Padronização e consolidação das práticas

O quarto e último estágio consiste na padronização das práticas que se mostraram efetivas na redução dos tempos de *setup*. O treinamento da equipe nesses novos procedimentos de forma a perpetuar os ganhos obtidos com o trabalho deve ser observado nessa etapa.

A adoção de procedimentos formais, escritos e implementados, e a padronização de dispositivos desenvolvidos para racionalizar o tempo de preparação são fatores necessários para a consolidação dos ganhos obtidos nas etapas anteriores. Esta padronização e o treinamento permitirão a estabilidade do processo de *setup* e das condições do processo de produção. A partir desse estágio, o ciclo (PDCA) pode reiniciar, com o estabelecimento de novas metas e a continuidade das ações de melhoria dos tempos de preparação.

A transformação da aplicação em uma sistemática ferramenta de melhoria contínua é um fator importante a ser observado. A implementação de ações determinadas na etapa de execução pode levar um grande período de tempo, especialmente quando se tratarem de melhorias que requerem altos investimentos financeiros. Logo, a implantação de um programa TRF não deve ser considerada uma ação de curto prazo, embora os resultados positivos possam ser observados já no início do processo de implantação (BLACK, 1998).

4. Estudo de Caso

4.1. Implantação da metodologia TRF

Este capítulo descreve a aplicação prática do método proposto no Capítulo 3, realizado na Laminação de Rolos da Gerdau Riograndense, unidade da Gerdau Açominas S.A. A Gerdau Riograndense é uma usina siderúrgica, localizada na cidade de Sapucaia do Sul, em funcionamento desde 1957, voltada à produção de aço para construção civil, indústria e agropecuária. A usina reúne uma série de fábricas em seu parque industrial, sendo composto por uma Aciaria, dois Laminadores, duas Trefilarias e uma Fábrica de Pregos, conforme apresentado na Figura 7.

O estudo de caso será apresentado de forma a conciliar a metodologia de pesquisa e o modelo de implantação proposto. A Tabela 4 demonstra essa correlação entre as diferentes etapas.

TABELA 4 – Relacionamento entre as etapas do modelo e metodologia de pesquisa-ação

Etapas da Pesquisa-ação		Estágio e etapas do modelo de implantação	
1	Estabelecer o <i>status quo</i> e os objetivos	1	Diagnóstico da situação atual; Definição da estratégia de implantação; Definição de Metas;
2	Observar e coletar dados		
3	Analisar os dados coletados		
4	Executar ações de intervenção	2	Execução da estratégia de implantação com o uso de técnicas e conceitos TRF
5	Aumentar o controle/conhecimento	3	Avaliação e reflexão sobre os resultados obtidos
6	Acompanhar as melhorias obtidas	4	Padronizar e disseminar as práticas de melhoria

Objetivando o melhor entendimento do trabalho, serão apresentados tópicos sobre o processo siderúrgico estudado, mais especificamente sobre a laminação à quente. Segue-se a isso a descrição da aplicação do modelo de implantação proposto.

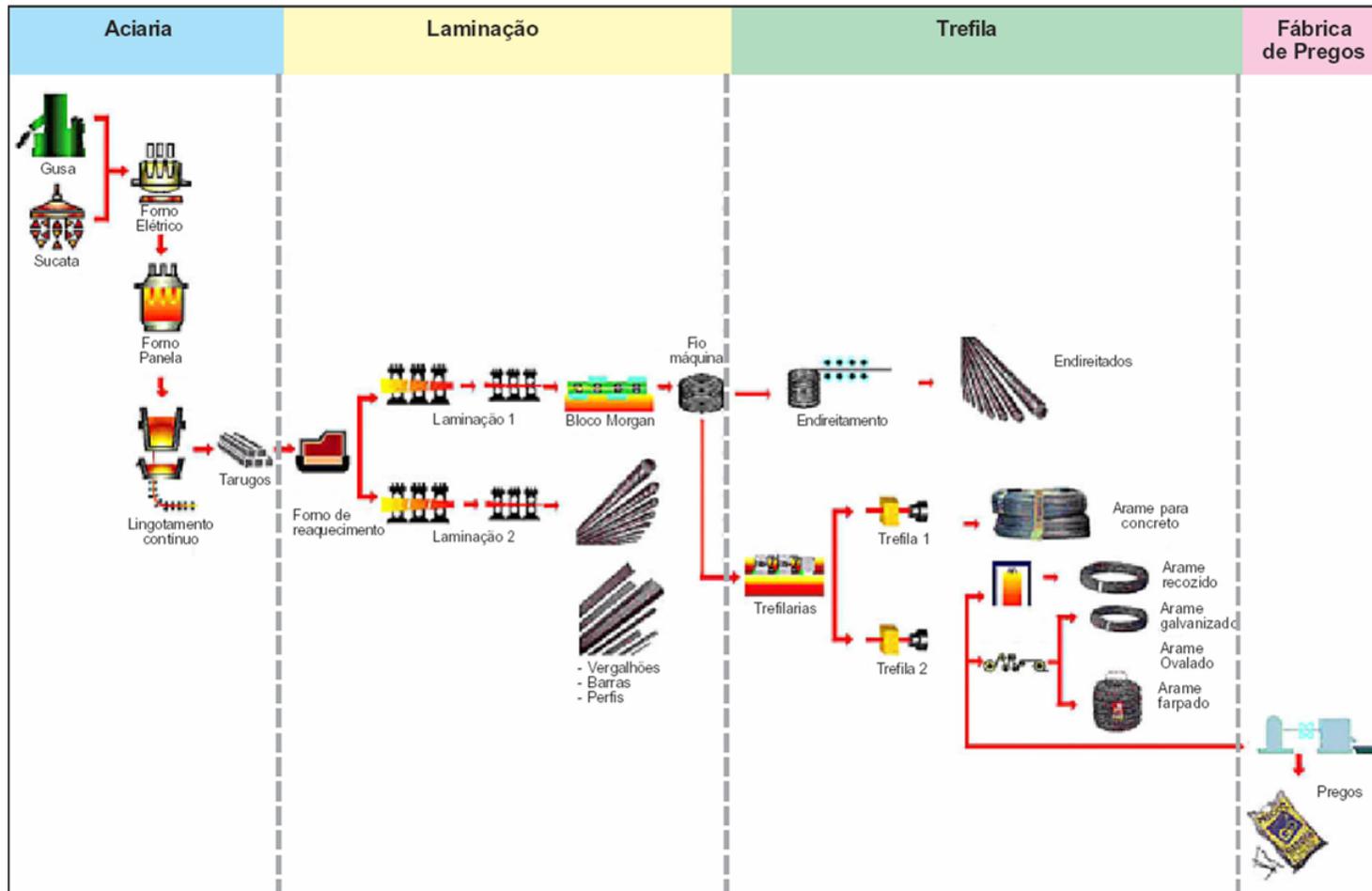


Figura 7 – Fluxograma do processo global da Gerdau Riograndense

Fonte: Gerdau, 2004

4.2. Descrição do processo de fabricação estudado

A implantação do modelo proposto de TRF ocorreu no Laminador de Rolos (Laminação 1), fábrica sob gestão do autor do presente trabalho de conclusão. Em determinado momento, o aumento na demanda levou o Laminador de Rolos a configurar-se como gargalo do processo global, apresentando capacidade de produção inferior à demanda das trefilarias. Esse aquecimento na demanda exigiu uma flexibilidade de volume para a qual o sistema produtivo não estava preparado.

A análise das perdas no processo produtivo demonstrou que as interrupções de manutenção correspondiam a 2,4 % do tempo total, interrupções por problemas operacionais correspondiam a 6,9% enquanto as interrupções geradas por necessidade de *setup* oscilavam em torno de 16,7 %. Assim, decidiu-se pela aplicação de um método TRF sobre os gargalos produtivos, visto que as interrupções representavam a maior parcela e segundo Harmon e Petersen *apud* Antunes (1998) tal iniciativa pode disponibilizar capacidade adicional ao sistema produtivo.

4.2.1. Tópicos sobre Laminação à Quente

O processo de laminação à quente é um processo de conformação mecânica que consiste em reduzir a seção transversal de um tarugo de aço, obtendo um produto de geometria desejada e microestrutura refinada. A redução da seção é obtida através de sucessivas passagens entre cilindros paralelos em uma seqüência geométrica pré-determinada inerente ao projeto de calibração do laminador.

A Figura 8 ilustra uma peça sendo laminada entre dois cilindros em rotação. A área de entrada está representada por H1A1 e a área de saída por H2A2. V1 e V2 são respectivamente as velocidades de entrada e saída na qual devido ao princípio das vazões constantes proporcionado pela deformação plástica do aço, a redução em área é proporcional ao aumento de velocidade da peça. Ocorre assim, uma redução na seção e conseqüente alongamento da peça após o “passe de laminação”.

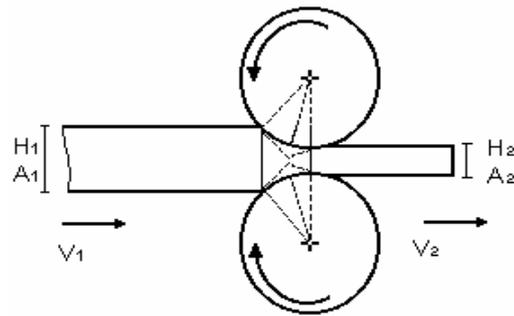


Figura 8 – Desenho esquemático de uma peça sendo conformada onde $H_1 A_1$ é maior que $H_2 A_2$ e V_2 proporcionalmente maior que V_1 .

Fonte: Gerdau, 2004

Cada passagem entre os cilindros recebe o nome de “passe de laminação” e isso ocorre através de um “canal”, conforme apresentado na Figura 9. O canal é formado pela composição dos dois cilindros de laminação. Na figura, da esquerda para a direita, tem-se três tipos de passe: oval, quadrado e redondo.

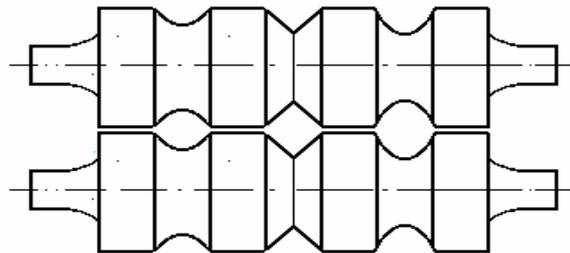


Figura 9 – Desenho de um par de cilindros de laminação com canais usinados

Fonte: Gerdau, 2004

Os cilindros de laminação são suportados por equipamentos denominados “Gaiolas” ou “Cadeiras” de Laminação, conforme Figura 10. Tais equipamentos têm a função de conferir a rigidez necessária ao conjunto, permitindo que ocorra a conformação do material.

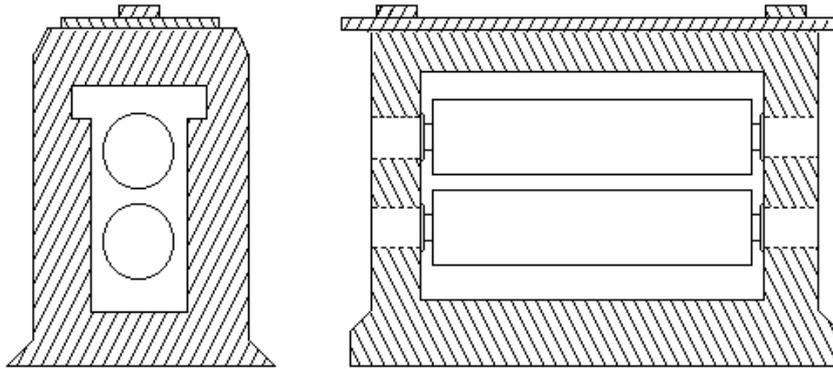


Figura 10 – Desenho esquemático de uma gaiola de laminação

Fonte: Gerdau, 2004

As gaiolas são dispostas em seqüência, de forma a conformar o material sucessiva e simultaneamente. Este *layout* recebe o nome de trem contínuo de laminação.

4.2.2. Processo de fabricação de laminados em rolos

O processo de fabricação de laminados em rolos na planta estudada é composto basicamente pelas etapas (i) aquecimento do tarugo (matéria prima), (ii) conformação através da laminação (24 passes distribuídos em 20 gaiolas), (iii) bobinamento e (iv) embalagem. As etapas estão brevemente descritas na seqüência.

Para a etapa de aquecimento do tarugo, o aço proveniente da Aciaria é fornecido na forma de lingotes denominados de tarugos ou *billets*. Os lingotes são introduzidos em um forno de rea aquecimento, que eleva a temperatura dos tarugos até cerca de 1150°C, temperatura na qual o aço possui maleabilidade suficiente para ser conformado no laminador.

A etapa de conformação, que é a laminação em si, é dividida em três seções (i) laminação desbastadora, (ii) laminação intermediária, (iii) laminação acabadora. A laminação desbastadora é composta por 6 gaiolas, perfazendo 10 passes nos quais são praticados as maiores reduções de seção. A laminação intermediária tem como objetivo preparar o material para o acabamento, possui tolerâncias geométricas mais estreitas e é constituído por 4 passes em 4 gaiolas. A laminação acabadora possui 10 gaiolas de laminação e tem o objetivo de conferir a geometria final ao produto.

Laminadores de rolos têm por característica o fornecimento de seu produto na forma de bobinas. O aço, depois de conformado pela laminação acabadora, tem sua temperatura reduzida para patamares de 800 a 880°C por refrigeração à água. Na seqüência ocorre o bobinamento em um formador de espiras, onde o produto assume a sua forma final (rolos com cerca de 1 metro de diâmetro).

Na última etapa, de embalagem, o rolo é prensado, amarrado e identificado com o peso, descrição do produto, qualidade do aço e número da “corrida” de aço (lote) correspondente.

O processo segue a lógica de um processo em linha, semi-contínuo. É realizado tarugo a tarugo, sendo aquecido, laminado, bobinado e embalado, produzindo um rolo a cada quarenta e dois segundos. A composição da laminação desbastadora, intermediária e acabadora recebe o nome de trem laminador, no qual ocorrem às operações de *setup* tais como troca de gaiola, troca de canal (operação que mantém a mesma gaiola), regulagens e ajustes que são efetivamente os alvos do trabalho.

4.3. Aplicação do método de implantação da TRF

A aplicação prática seguiu os passos do modelo apresentado no Capítulo 3, em concordância com a metodologia de pesquisa adotada para o estudo de caso, a pesquisa-ação. Algumas etapas do modelo proposto foram aplicadas e obtiveram sucesso comprovado a partir da melhoria nos indicadores de desempenho definidos na etapa de planejamento. Certas etapas foram claramente identificadas, porém devido aos recursos necessários para sua execução, foram planejadas para obtenção de resultados a médio e longo prazo, não se efetivando até o momento de conclusão deste trabalho.

O detalhamento das etapas realizadas exemplifica a aplicação das ferramentas e técnicas mencionadas nos Capítulos 2 e 3. Além disso, dificuldades e soluções encontradas são listadas em cada estágio de implantação do método.

4.3.1. Estágio 1 – Planejamento

4.3.1.1. Convencimento da Alta Direção

A Alta Direção da Gerdau Riograndense é composta pelo Diretor Executivo da usina e todos os gestores da unidade. Cada fábrica, ou área industrial como é denominada internamente, possui um gestor. O mesmo ocorre com as áreas de apoio, como Recursos Humanos (RH), Administração (ADM), Manutenção, Engenharia, Desenvolvimento da Qualidade, Planejamento e Controle da Produção (PCP), Suprimentos e Vendas. O organograma da unidade onde o estudo foi aplicado está apresentado na Figura 11.

A proposição de implantação de um sistema de TRF no Laminador de Rolos foi facilmente aceita pelo Diretor Executivo da unidade, uma vez que a fábrica estava com capacidade inferior à demanda exigida. Esse cenário fez com que o foco da equipe de implantação fosse a redução dos tempos de preparação com vistas a aumentar a utilização da capacidade disponível no sistema. Os envolvidos na tomada de decisão foram o Diretor Executivo, o Gestor do PCP e o Gestor da Laminação de Rolos, o qual ficou como responsável pelo projeto (coordenador do time de implantação).

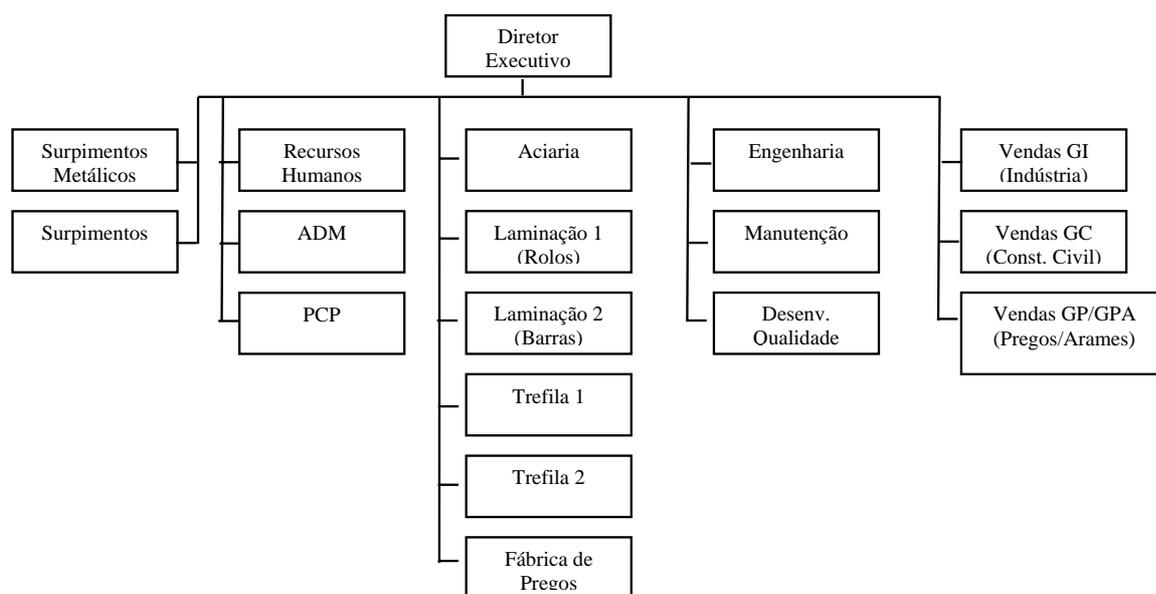


Figura 11 – Organograma Gerdau Riograndense – Composição da Alta Direção

Fonte: Gerdau, 2004

4.3.1.2. Formação do Time de Trabalho

A escolha da equipe de implantação do projeto ficou a cargo do coordenador do projeto que em grande parte é também o responsável por suprir os recursos necessários à implantação. A escolha foi realizada com foco na aplicação do modelo, sendo necessário o envolvimento de pessoas chaves da operação da fábrica e da programação da produção (PCP).

A equipe de implantação deve possuir características que possibilitem o andamento correto do trabalho. Para tanto, foram levados em conta alguns aspectos, listados a seguir: *(i)* conhecimento técnico acerca do processo, *(ii)* capacidade de liderança e *(iii)* autonomia para tomada de decisão. A equipe foi formada por cinco componentes, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Time de implantação do projeto

Função exercida na empresa	Função na Implantação
Gestor da Área	Coordenador
Facilitador de Rotina da Produção	Multiplicador
Facilitador de Rotina da Manutenção Operacional (Oficinas e Setup)	Multiplicador
Facilitador de Melhoria da Operação	Multiplicador
Programador de Produção	Suporte à equipe de implantação

A aplicação das técnicas de TRF e solução dos problemas decorrentes deve envolver os operadores. Apenas assim haverá uma absorção dos novos conceitos, com disseminação das técnicas no chão de fábrica. Neste estudo, a participação dos operadores foi promovida através do aproveitamento da estrutura existente de grupos de melhoria (CCQ), formados por operadores. Os grupos de CCQ na empresa são compostos por 4 a 7 operadores que trabalham em equipe, utilizando técnicas de análise e solução de problemas na sua área de atuação, recebendo uma compensação financeira de acordo com o retorno do seu projeto depois de implantado.

4.3.1.3. Treinamento das equipes

O treinamento dos envolvidos ocorreu em duas etapas distintas: *(i)* treinamento da equipe de implantação, e *(ii)* treinamento dos times de melhoria (operadores).

A equipe de implantação, especificamente os multiplicadores, recebeu inicialmente treinamento externo sobre o Sistema Toyota de Produção com duração de 33 horas. Esta decisão ocorreu pelo entendimento da necessidade deste grupo em obter uma visão ampla e a sensibilização necessária para o potencial de ganho advindo de um sistema enxuto.

A partir de então, um treinamento específico sobre TRF baseado no material dos capítulos 2 e 3 desse trabalho de conclusão com duração de 4 horas foi conduzido pelo coordenador do time de implantação, para a obtenção e nivelamento do conhecimento das técnicas. Como complemento a esse aporte teórico, foram realizadas visitas de *benchmark* interno em outras empresas do grupo realizando assim a visualização de oportunidades de melhoria, exercitando os conceitos e permitindo maior assimilação das técnicas.

O treinamento dos times de melhoria foi focado na aplicação prática das técnicas de TRF. De forma mais sucinta, os multiplicadores treinaram suas equipes nos conceitos básicos e técnicas relacionadas, orientando os grupos de melhoria com foco no treinamento *on-the-job* (aprender fazendo).

4.3.1.4. Diagnóstico da Situação

A demanda do ano de 2004 teve um crescimento abrupto a partir do final do 1º trimestre. O aquecimento da demanda de produtos derivados do fio-máquina e mesmo de produtos destinados à construção civil exigiu uma série de adequações. A necessidade de produtos laminados em rolos ultrapassou 24.000 toneladas e a falta de produto foi um forte alavancador no processo de disponibilização de recursos para incremento do volume de produção.

O laminador apresentava uma certa ociosidade até meados de maio de 2004, e seu regime de trabalho estava estruturado em 2 turmas de produção, às quais operavam cinco dias por semana (uma turma à noite e outra durante o dia, revezando-se a cada semana), de segunda a sexta-feira, totalizando 18,6 horas de trabalho por dia. A capacidade de produção desse regime totaliza 15.400 toneladas ao mês. Neste período, o equipamento ficava ocioso nos finais de semana e de segunda a sexta-feira durante 5,4 horas diárias, disponíveis para a manutenção e equipe de câmbio (*setup*), composta por um time de operadores com um maior nível de especialização.

A programação da produção até então priorizava maiores *setup* no período em que o laminador se encontrava parado, entre as 17h18min e 22h45min (devido a restrições históricas no fornecimento de energia elétrica e acordo de revezamento de turnos com o sindicato).

No período entre março e maio houve uma intensa utilização de horas extras nos finais de semana, o que acabou forçando a decisão de entrada de uma terceira turma de produção. A partir de então, a produção iniciou um novo regime de revezamento de turnos denominado de 4x2 (cada equipe trabalha 4 dias e folga 2 alternando entre noite e dia a cada período de 4 dias). Permitiu, assim, ao laminador operar 20 horas por dia (ficando parado entre 17h30min e 21h30 min), sete dias por semana, possibilitando sempre que haja duas turmas de produção a cada dia (uma em folga), disponibilizando uma capacidade de produção de 21.400 toneladas por mês. A Figura 12 apresenta a evolução da utilização da capacidade produtiva no período analisado.

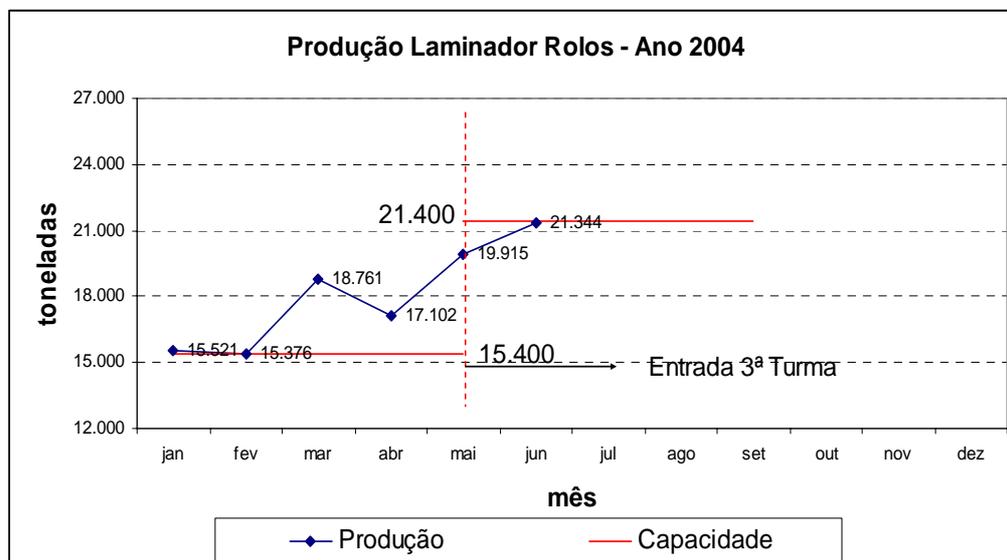


Figura 12 – Gráfico Produção x Capacidade mensal no ano de 2004

Fonte: Gerdau, 2004

A opção de entrada de uma 4ª turma, permitindo a operação contínua (24h por dia) não se mostrou viável mesmo após a liberação de uso de energia elétrica para produção no período de pico de consumo (para a concessionária entre as 18h e 21h, através de um novo contrato de fornecimento). O custo de contratação e treinamento de

uma nova equipe inviabilizou essa opção pelo pequeno incremento de produção obtido devido ao grande tempo despendido em preparações, que estavam concentradas no horário em que o equipamento se encontrava parado.

A linha de produtos do laminador de rolos compreende fios-máquina (matéria prima para fabricação de arames e outras aplicações industriais) de 5,50 mm até 14,2 mm de diâmetro e vergalhões nervurados para concreto armado, de 6,3 mm a 12,5 mm. No total, são 21 produtos diferentes quanto à geometria (os produtos diferenciam-se também quanto à composição química do aço), divididos em duas famílias de produtos denominadas R1 e R2. O *mix* de produção por família e bitola, no período de Janeiro a Junho de 2004, está apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Produtos e *mix* de produção

Família	Produto	Bitola	Mix
R1	Fio-Máquina	5,50	29,63%
		7,00	14,82%
		7,50	0,60%
		9,00	0,60%
		9,52	2,29%
		10,00	0,17%
		12,70	0,60%
	Vergalhão CA50	CA50 10,0	0,60%
		CA50 12,5	0,35%
R2	Fio-Máquina	6,00	11,71%
		6,35	1,90%
		6,50	0,52%
		8,00	4,36%
		10,50	0,52%
		11,11	1,51%
		12,00	0,35%
		13,50	1,64%
		14,00	1,60%
		14,20	0,17%
	Vergalhão CA50	CA50 6,3	10,24%
		CA50 8,0	15,81%

A lógica de programação historicamente utilizada é totalmente baseada no ciclo de produção de cada família. Corresponde à vida útil dos discos de metal duro das gaiolas do bloco acabador (equivalentes aos cilindros de laminação), e equivalem a 4 dias de produção.

Inicia-se a produção da família pela maior bitola e, na medida em que os lotes são concluídos, são efetuadas as preparações para as bitolas menores. A preocupação com o tempo de preparação limita-se à definição da seqüência de bitolas, adequando o tamanho de lote tal que os *setup* de maiores proporções sejam concentrados no período de 4 horas em que a máquina encontra-se parada e somente a equipe da manutenção operacional encontra-se presente.

A análise baseada no ciclo de produção convencional mostra que a rigidez na programação dos lotes de produção e as preparações dentro de uma mesma família conferiram uma estabilidade aos tempos de preparação, oscilando em torno de 2% de interrupção conforme apresentado no gráfico da Figura 13.

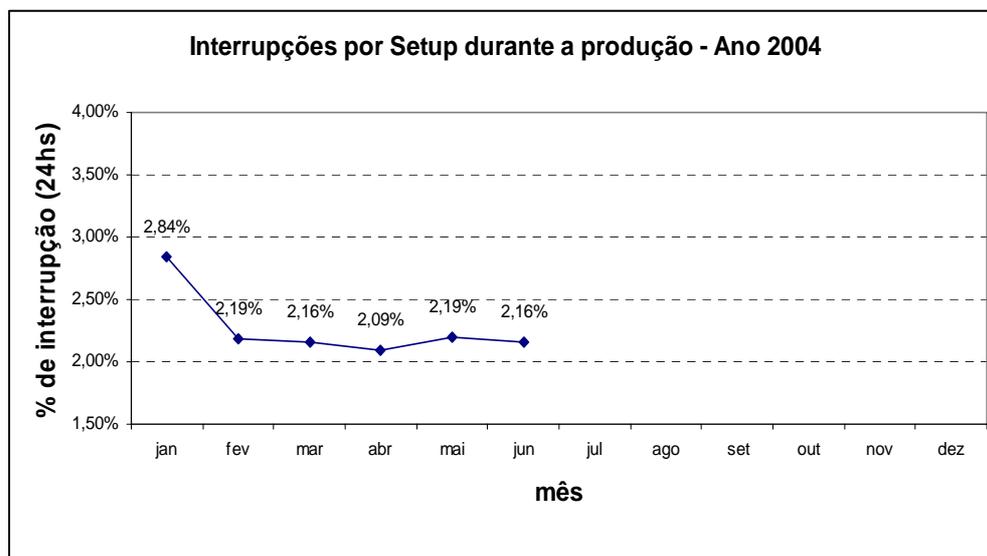


Figura 13 – Interrupções no laminador devido a *setups* durante o período de produção

Fonte: Gerdau, 2004

Considerando a ociosidade produtiva do equipamento (4 horas por dia ou 16,67% do tempo de calendário) e a demanda crescente, foi necessário um estudo mais aprofundado das atividades de *setup* e demais preparações executadas no equipamento (tais como troca de canais por desgaste) neste período. A análise apresentada na seqüência é estratificada por equipamento. Salienta-se que, excetuando o bloco acabador e zona de refrigeração, o laminador (desbastador e intermediário) é universal a todos os produtos.

A laminação desbastadora é composta por 6 gaiolas de laminação. A primeira gaiola recebe a denominação de D1 (desbastadora 1) e é uma gaiola *trio* (três cilindros) praticando os 5 primeiros passes de laminação. É uma gaiola da década de 1950, seu projeto exige que toda a preparação seja efetuada com o equipamento parado. Ocorrem preparações a cada 14 dias e não será abordada nesse estudo de caso.

As demais gaiolas de desbaste estão alinhadas em um trem contínuo, praticando 1 passe de laminação cada. A Tabela 7 traz de forma consolidada os tempos médios de preparação obtidos através de relatórios do banco de dados de informações da laminação.

Tabela 7 – *Setups* no trem desbastador: tempos, tipo de *setup* e frequência

Gaiola	Número de Canais	Vida útil dos canais (dias)	Tempo para troca de canais (min)	Troca de Gaiola (min)	Tempo de ajuste (min)
D6	7	10	40	90	14
D7	7	10	30	90	14
D8	7	10	60	120	18
D9	6	7	30	60	12
D10	7	5	30	90	12

A frequência com que ocorre a necessidade de troca de canais ou mesmo gaiolas nesses equipamentos permitem que estas sejam defasadas, sem ocorrência de sobreposição. Dessa forma é possível otimizar os tempos, com os operadores focados na preparação de um único equipamento de cada vez.

O trem intermediário é composto de 4 gaiolas idênticas, propiciando uma padronização de trocas mais facilitada. Cada uma das gaiolas apresenta necessidade diária de intervenção para preparação. A equipe de preparação é constituída de 2 operadores que trabalham simultaneamente em cada uma das gaiolas. Os tempos apresentados na Tabela 8 consideram a média dos tempos obtidos mensurados com a dupla atuando simultaneamente, nas condições atuais de trabalho. Considerando a troca de canal das 4 gaiolas e os ajustes após o *setup*, tem-se um total de 3h20 min de *setup* por dia.

Tabela 8 – *Setups* no trem intermediário: tempos, tipo e frequência

Gaiola	Número de Canais	Vida dos canais (dias)	Troca de canais (min)	Troca de Gaiola (min)	Tempo de ajuste (min)
M1	8	1	28	47	22
M2	13	1	28	47	22
M3	12	1	28	47	22
M4	16	1	28	47	22

Os *setups* envolvendo as gaiolas do bloco acabador diferenciam-se dos demais, já que as gaiolas utilizam discos de metal duro, de maior durabilidade. Uma mesma família utiliza os mesmos canais, apenas sendo adicionadas ou retiradas gaiolas à medida que a bitola varia. Ao trocar a família de produtos, que ocorre a cada 4 dias, todas as dez gaiolas do bloco acabador são substituídas, fazendo com que o tempo de preparação deste equipamento seja de 2h36min.

Finalmente, um outro equipamento é considerado neste estudo: a zona de refrigeração. Esta possui dois tipos de regulagem, um para bitolas finas, até 7,0 mm, e outra para bitolas maiores, independentemente da família de produtos. O projeto atual do equipamento exige sua preparação componente a componente, consumindo em média 65 minutos por troca, conforme levantamento de tempos no banco de dados da laminação.

4.3.1.5. Definição do Plano de Implantação

Os tempos de *setup* que acarretam interrupção da produção somaram, em média, de janeiro a junho de 2004, 16,48 horas mensais. Já os tempos de preparação com o equipamento parado (especificamente entre as 17h30min e 21h30min para o regime de produção a partir de maio de 2004) são considerados como de 4 horas diárias, o que representou em média 122 horas mensais. Tais tempos estão consolidados, por equipamento e frequência na Tabela 9.

Conforme Leschke (1997), um processo com um número reduzido de produtos ou produtos com grande similaridade entre si permite a utilização de técnicas simples de

priorização de investimentos para redução de tempos de *setup*. O processo analisado possui 21 produtos, todos com uma grande similaridade entre si. Logo, a partir da Tabela 9, é possível concluir que a maior frequência de preparações (e de tempo efetivamente despendido) se encontra na laminação intermediária, ponto de início do trabalho.

Tabela 9 – Tabela de atividades e tempos de preparação dos equipamentos

Setor	Equipe de preparação	Equipamento	Tipo setup	Tempo preparação (min)	Intervalo entre trocas (dias)	Tempo ajuste após setup (min)
Desbaste	3 operadores	D1	Canal	46	7	0
			Gaiola	195	14	
		D6	Canal	40	10	14
			Gaiola	90	70	
		D7	Canal	30	10	
			Gaiola	90	70	
		D8	Canal	60	10	18
			Gaiola	120	70	
		D9	Canal	30	7	12
			Gaiola	60	42	
		D10	Canal	30	5	
			Gaiola	90	35	
Trem Médio	2 operadores	M1	Canal	28	1	22
			Gaiola	47	8	
		M2	Canal	28	1	
			Gaiola	47	13	
		M3	Canal	28	1	
			Gaiola	47	12	
		M4	Canal	28	1	
			Gaiola	47	16	
Acabador	2 operadores	Bloco acabador	mesma família	24	Conforme programação	0
			Entre família	156		
		Zona de refrigeração	Troca diâmetro	65	Conforme programação	

Baseado no diagnóstico realizado, o plano de implantação seguirá uma abordagem em duas direções: uma com foco na programação da produção, objetivando a otimização dos tempos globais de preparação; outra seguindo uma metodologia para reduzir os tempos específicos de preparação dos equipamentos através da aplicação das técnicas e conceitos da TRF.

4.3.1.6. Definição de Metas

A definição de metas para esse trabalho deve considerar os indicadores de desempenho global do processo, em especial a disponibilidade do equipamento. O levantamento geral dos tempos de preparação (durante a produção e fora do horário de produção) dos meses de maio e junho de 2004 pode ser visualizado na Tabela 10, em termos do total de horas utilizadas e sua representatividade de interrupção em forma percentual (razão entre o tempo de preparação e as horas totais disponíveis no mês).

Tabela 10 – Tempos totais de preparação nos meses com regime 4x2

Mês	Tempo total disponível (horas)	Tempo Setup total (horas)	% Interrupção
Maio	744	124,37	16,72%
Junho	720	120,57	16,75%

O objetivo principal do trabalho é o aumento da capacidade de produção, de forma a atender a demanda de 24.000 toneladas/mês, o que representa um aumento de 12% em relação à capacidade atual. Para tanto, seriam necessárias 72 horas adicionais de produção e uma correspondente redução dos tempos de preparação da ordem de 60%. Após análise por parte da equipe de implantação, definiu-se como meta uma redução de 50% nos tempos de preparação em um período de 1 ano. A capacidade adicional decorrente desta redução seria de 2.200 toneladas/mês, considerada como um primeiro ciclo de uma sistemática de melhoria contínua.

A partir da definição de uma meta quantificável e temporal, da escolha da estratégia a ser adotada para a implantação e da metodologia a ser seguida para tal, é possível a consolidação de um plano com ações, com definição de prazos e responsáveis. Este plano, no presente estudo, pode ser visualizado na Tabela 11. Na elaboração do plano utilizou-se a lista de verificação dos 5W1H (que, quem, quando, onde, como e por que), seguindo a sistemática padrão adotada na Gerdau Riograndense.

Tabela 11 – Consolidação do plano de implantação

Nº	AÇÃO	QUEM	QUANDO	ONDE	COMO	PORQUE
1	Definir o time de implantação	Coordenador	mai/04	Laminação	Envolvendo pessoas chaves ao processo de produção e preparação	Garantir que o projeto seja implantado com eficácia
2	Treinar a equipe de implantação	Coordenador	jun/04	Laminação	Treinamento em STP (externo); treinamento em TRF com o material dos capítulos 2 e 3	Propiciar visão global sobre o projeto
3	Realizar visitas a outras unidades	Equipe de implantação	Até set/04	Unidades Gerdau	Visitando Piratini (Jul); Visitando Cosigua (Ago) Visitando Açonorte (Set)	Verificar oportunidades de melhoria nos processos
4	Realizar diagnóstico da situação atual	Equipe de implantação	jun/04	Laminação	Levantamento no Banco de Dados de interrupções; Análise das atividades	Obter informações detalhadas
5	Definir metas	Coordenador	jun/04	Laminação	Definindo meta com base na história e no desafio a ser atingido a médio prazo	Direcionar os esforços para o resultado
6	Revisão processo de programação da produção	Programador da produção	jun/04	PCP	Redefinindo programação através da avaliação conjunta dos setup de canais e gaiolas	otimizar os tempos de cambio
7	Estabelecer reuniões de follow up para o time de implantação	Coordenador	jun/04	Laminação	Inserir na agenda de rotina as reuniões de programação às segundas-feiras 14hs	Avaliar o andamento do projeto e aprendizado
8	Avaliação dos treinamentos necessários em preparação e operação para os operadores	Multiplicadores	jul/04	Laminação	Revisão da matriz de capacitação dos operadores chave para operação e setup dos equipamentos	Garantir multifuncionalidade
9	Garantir a comunicação com toda equipe de produção	Multiplicadores	jun/04	Painéis de gestão à vista	Com programação de produção e setup divulgadas em Gestão à vista e email	Garantir e nivelar o fluxo de informações em todos os níveis

Nº	AÇÃO	QUEM	QUANDO	ONDE	COMO	PORQUE
10	Filmagem e detalhamento das atividades de troca de canal no trem intermediário	Coordenador e multiplicadores	jun/04	Trem intermediário	Filmando e analisando conjuntamente com operadores	Mensurar e analisar as atividades conforme metodologia
11	Elaborar plano para melhoria dos tempos de troca de canal no trem intermediário	Times de implantação e melhoria	jul/04	Trem intermediário	Através da análise das atividades em reuniões do time de implantação e de melhoria	Estabelecer ações de melhoria nas operações de setup
12	Filmagem e detalhamento das atividades de troca de gaiola no trem intermediário	Coordenador e multiplicadores	jul/04	Trem intermediário	Filmando e analisando conjuntamente com operadores	Mensurar e analisar as atividades conforme metodologia
13	Elaborar plano para melhoria dos tempos de troca de gaiola no trem intermediário	Times de implantação e melhoria	jul/04	Trem intermediário	Através da análise das atividades em reuniões do time de implantação e de melhoria	Estabelecer ações de melhoria nas operações de setup
14	Filmagem e detalhamento das atividades de ajuste no trem intermediário	Coordenador e multiplicadores	jun/04	Trem intermediário	Filmando e analisando conjuntamente com operadores	Mensurar e analisar as atividades conforme metodologia
15	Elaborar plano para eliminação dos tempos de ajuste no trem intermediário	Times de implantação e melhoria	jul/04	Trem intermediário	Através da análise das atividades em reuniões do time de implantação e de melhoria	Eliminar ajustes
16	Utilizar ações 10 a 15 no trem desbastador	Times de implantação e melhoria	out/04	Desbaste	Filmando e analisando conjuntamente com operadores	Redução dos tempos totais de setup
17	Utilizar ações 10 a 15 no bloco acabador	Times de implantação e melhoria	jan/05	Bloco Acabador	Filmando e analisando conjuntamente com operadores	Redução dos tempos totais de setup
18	Garantir a padronização das ações e procedimentos implantados	Coordenador e multiplicadores	Sempre	Laminação	Através da confecção de padrões e módulos de treinamento	Garantir a continuidade das melhorias implantadas
19	Incentivar a melhoria contínua dos tempos de setup	Coordenador	jul/04	Laminação	Através das reuniões trimestrais com grupos de CCQ	Promover a melhoria contínua

4.3.2. Estágio 2 – Execução

A atividade de diagnóstico encontrou oportunidades de redução dos tempos totais de preparação ao flexibilizar a programação dos ciclos e até mesmo a sequência de bitolas dentro das famílias de produtos. Essa seção iniciará pela descrição das ações tomadas nesse sentido.

4.3.2.1. Alterações na forma de programar a produção

O paradigma da produção em ciclos de 4 dias para cada família foi quebrado. A introdução desta nova lógica de programação da produção foi conseguida através do trabalho conjunto da equipe de implantação, na figura do programador da produção, e dos facilitadores da produção e manutenção operacional. A programação da produção tradicionalmente possui horizontes acima de 30 dias, e isso foi mantido. Em contrapartida, foram instituídas reuniões semanais de programação do *setup*, com análise das trocas a serem efetuadas, sobrepondo atividades que demandam maiores tempos como, por exemplo, uma troca de gaiola em um dia que ocorra *setup* entre famílias.

Outro paradigma que foi quebrado foi o de “empurrar” os *setup* de maiores proporções para fora do horário de produção. Com o treinamento das equipes, a equipe de manutenção operacional foi capacitada para produzir 24 horas por dia. Assim esses *setups* começaram a ocorrer entre as 13hs30min e 17hs30min, quando havia sobreposição das equipes de produção e preparação, favorecendo a implantação da técnica de “Operações Paralelas”.

4.3.2.2. Análise das atividades de setup

O trabalho iniciou pelo trem intermediário, analisando primeiramente a troca de canal, que ocorre diariamente e, após isso, a troca de gaiolas. Inicialmente foi realizada uma reunião com a equipe de operadores envolvidos com a atividade de preparação e operação do equipamento, na qual foram apresentados a metodologia e o trabalho a ser executado. Após esse breve treinamento e sensibilização da equipe, as atividades foram

filmadas, listadas e mensuradas quanto ao tempo de duração individual. Os resultados podem ser visualizados nas Tabelas 12, 13 e 14, que são a transcrição dos formulários utilizados.

Tabela 12 – Formulário utilizado para apontamento dos tempos de *setup* e análise das atividades após a filmagem

Operação de troca de canal do trem intermediário			
Oper.:		Jair (1) e Rodrigo (2)	Data: 23/6/2004 Gaiola: M2
Nº	Descrição da Atividade	Tempo (seg)	Observações
1	Ligar Central Hidráulica no Painel	5	
2	Soltar prendedores hidráulicos da gaiola	5	
3	Desligar bombas de água no painel	5	
4	Levar carrinho de ferramentas para o local	33	
5	Fechar válvula esfera água de refrigeração das guias	20	Fica distante da gaiola
6	Conectar controle de deslocamento da gaiola	16	
7	Fechar entrada de óleo de lubrificação do mancal	27	Valvula gaveta
8	Deslocar a gaiola	16	Cilindro hidráulico
9	Retirar funil da guia de entrada	37	Espaço congestionado
10	Abrir as proteções da gaiola	132	
11	Lavar os barrões e as guias da gaiola	52	
12	Afrouxar a guia de saída	26	Chave de Impacto 1.7/8" e marreta
13	Afrouxar a guia de entrada	27	Chave de Impacto 1.7/8" e marreta
14	Avaliar as guias quanto a desgaste dos componentes	112	
15	Soltar cinta de refrigeração superior	180	Soltar parafuso da cinta (M19)
16	Posicionar cinta de refrigeração superior no novo canal	192	
17	Soltar cinta de refrigeração inferior	177	Soltar parafuso da cinta (M19)
18	Posicionar cinta de refrigeração inferior no novo canal	186	
19	Deslocar guia de entrada para posição no novo canal	44	
20	Deslocar guia de saída para posição no novo canal	46	
21	Alinhar as guias de entrada e saída no canal	86	
22	Apertar a fixação das guias	38	Chave de Impacto 1.7/8" e marreta
23	Ir ao painel de controle e liga a central hidráulica	33	
24	Deslocar a gaiola para posição	16	Utiliza controle remoto
25	Abrir a válvula do óleo de lubrificação mancal	12	
26	Descer até a central de lubrificação para rearmar sistema	124	Lógica do sistema desarma as bombas
27	Ligar conversores dos motores da gaiola	56	Púlpito de comando
Tempo Total de troca de canal		28' e 22"	

Tabela 13 – Formulário da análise dos ajustes realizados após setup

Operação de queima de canal das gaiolas do trem médio			
Oper.: Jair e Rodrigo		Data: 28/6/2004	
		Gaiola: M1	
Nº	Descrição da Atividade	Tempo (seg)	Observações
1	Verificar região da transmissão visualmente (Segurança)	3	
2	Ir ao painel e ligar as gaiolas em rotação lenta	33	
3	Passar barra de chumbo entre os cilindros	42	
3	Verificar ficha de calibração	22	Vai até o carro de ferramentas
4	Regular a luz da gaiola (espaço entre cilindros)	78	
5	Ir ao forno de reaquecimento e trazer ponta aço	192	Forno distante cerca de 80 m
6	Passar ponta no canal	39	
7	Verificar dimensões da barra	64	Uso de paquímetro
8	Regular novamente a gaiola (compensação de folgas)	57	
9	Repetir os passos 5, 6 e 7	295	São passadas 4 pontas para garantir a completa
10	Repetir os passos 5 e 6 mais duas vezes	270	
11	Ir ao painel e desligar a rotação lenta	34	Queima do canal
11	Colocar areia na guia de entrada	42	
12	Instalar funis nas guias	35	
Tempo Total		20' e 6"	

Tabela 14 – Formulário da análise da troca de gaiola trem intermediário

Operação de troca de gaiola do trem intermediário			
Oper.: Jair e Rodrigo		Data:	28/6/2004
		Gaiola:	M1
Nº	Descrição da Atividade	Tempo (seg)	Observações
1	Ligar Central Hidráulica no Painel	5	
2	Soltar prendedores hidráulicos da gaiola	5	
3	Desligar bombas de água no painel	5	
4	Levar carrinho de ferramentas para o local	33	
5	Fechar válvula esfera água de refrigeração das guias	20	
6	Conectar controle de deslocamento da gaiola	16	
7	Fechar entrada de óleo de lubrificação do mancal	27	
8	Deslocar a gaiola	16	
9	Desacoplar transmissão da gaiola	21	
10	Soltar as cunhas de fixação da base	57	4 cunhas com uso de marreta
11	Soltar conexões das mangueiras de água	43	Conexões emperradas
12	Soltar conexões das mangueiras de óleo	46	
13	Retirar funil da guia de entrada	37	
14	Retirar as proteções da gaiola	153	São reutilizadas na nova gaiola
15	Lavar os barrões e as guias da gaiola	52	
16	Afrouxar e retirar as guias de entrada e saída	201	Utiliza ponte rolante, 1 por vez
17	Soltar e retirar cinta de refrigeração superior	197	
19	Soltar e retirar cinta de refrigeração inferior	207	
20	Retirar prisma de fixação das guias do barrão	27	
21	Acoplar cabos de aço para retirada da gaiola	74	
22	Retirar a gaiola com a ponte rolante	37	
23	Transportar gaiola até o estaleiro de gaiolas	178	Estaleiro distante cerca de 50 m
24	Suspender a gaiola nova	39	
25	Transportar gaiola até a posição no laminador	178	
26	Posicionar gaiola na base	88	
27	Revisar acoplamentos da transmissão	18	
28	Instalar cinta de refrigeração superior	211	As cintas de refrigeração são retiradas de uma gaiola para
29	Instalar cinta de refrigeração inferior	223	aproveitamento em outra
30	Colocar guias de entrada e saída sobre os barrões	116	As guias são reaproveitadas e montadas na linha
31	Colocar cunhas de fixação da gaiola	35	
32	Instalar prisma nos barrões	22	
33	Alinhar as guias de entrada e saída no canal	86	
34	Apertar a fixação das guias	38	
35	Ir ao painel de controle e liga a central hidráulica	33	
36	Lubrificar pescoço do cilindros para acoplar transmissão	24	Utiliza graxa para facilitar a acoplagem do cilindro
37	Posicionar cilindro para acoplar gaiola	41	Uso de chave para virar conjunto
38	Deslocar a gaiola para a posição	16	
39	Abrir a válvula do óleo de lubrificação mancal	12	
40	Descer até a central de lubrificação para rearmar sistema	124	
41	Ligar conversores dos motores da gaiola	56	
Tempo Total de troca de gaiola		46' 57"	

Em todas as três operações de *setup*, ambos os operadores executaram atividades em conjunto, otimizando o tempo total de preparação. Ao analisar a filmagem, tanto a equipe de implantação quanto os operadores envolvidos visualizaram e citaram várias oportunidades com vistas a acelerar o tempo das atividades, aumentar a sobreposição de atividades e mesmo modificar completamente procedimentos e equipamentos. Essas contribuições foram listadas e analisadas sob a ótica da aplicação das técnicas propostas no modelo.

4.3.2.3. *Separação e conversão do setup interno em externo*

A análise dos filmes obtidos na etapa anterior possibilitou concluir que não havia uma clara distinção entre operações internas e externas de *setup*. Assim, iniciou-se por definir atividades que deveriam ser imediatamente realizadas externamente.

A troca de canal é uma operação de frequência diária, consumindo em média 28 minutos e 22 segundos de tempo para cada uma das 4 gaiolas. Foram selecionadas 4 atividades que poderiam ser imediatamente convertidas para preparação externa por sua natureza. Dessa forma, reduziu-se em 3 minutos e 33 segundos (ganho potencial) o tempo de *setup* interno. As atividades elencadas podem ser visualizadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Atividades consideradas possíveis de conversão na troca de canal

Seqüência	Descrição da Atividade	Tempo (seg)
4	Levar carrinho de ferramentas para o local	33
6	Conectar controle de deslocamento da gaiola	16
11	Lavar os barrões e as guias da gaiola	52
14	Avaliar as guias quanto a desgaste dos componentes	112
Tempo total		3' 33"

A análise das atividades de troca de gaiola permitiu uma redução drástica nos tempos de preparação já nesta etapa. A redução total foi de 28 minutos e 5 segundos (ganho potencial) considerando a redução do tempo de traslado da gaiola de 178 segundos para 43 segundos ao posicionar a gaiola reserva mais próxima ao local de instalação. As atividades podem ser visualizadas na Tabela 16.

Tabela 16 – Atividades consideradas possíveis de conversão na troca de gaiola

Seqüência	Descrição da Atividade	Tempo
4	Levar carrinho de ferramentas para o local	33
6	Conectar controle de deslocamento da gaiola	16
15	Lavar os barrões e as guias da gaiola	52
16	Afrouxar e retirar as guias de entrada e saída	201
17	Soltar e retirar cinta de refrigeração superior	197
19	Soltar e retirar cinta de refrigeração inferior	207
20	Retirar prisma de fixação das guias do barrão	27
23	Transportar gaiola até o estaleiro de gaiolas	178
25	Transportar gaiola nova até a posição no laminador	178
28	Instalar cinta de refrigeração superior	211
29	Instalar cinta de refrigeração inferior	223
30	Colocar guias de entrada e saída sobre os barrões	116
32	Instalar prisma nos barrões	22
33	Alinhar as guias de entrada e saída no canal	86
36	Lubrificar pescoço dos cilindros para acoplar transmissão	24
Tempo Total		29'31"

As análises das trocas de canal e gaiola resultaram em um plano de ação, com o objetivo de implantar e desenvolver novas práticas e procedimentos nas operações de *setup*, a saber: (i) o carro de ferramentas passaria a ser posicionado no local.; (ii) o cabo de controle de deslocamento passaria a ser acoplado previamente no comando hidráulico, (iii) na troca de canal, optaria-se por não reutilizar as guias; (iv) na troca de gaiolas, passaria-se a deslocar a gaiola nova para próximo da posição antes de parar o equipamento; e (v) passaria-se a lubrificar o pescoço do cilindro e montar guias de entrada e saída e cintas de refrigeração previamente à parada do equipamento.

As mudanças em procedimentos com relação às ferramentas e posicionamento das gaiolas foram implantados imediatamente após a avaliação das filmagens. A conversão das atividades relativas a cintas de refrigeração exigiu a aquisição de mais conjuntos, o que foi priorizado no orçamento de julho demonstrando sua efetividade já no mês de agosto.

A dificuldade inicial nesta etapa foi garantir a preparação externa completa da gaiola na troca de gaiolas. O projeto dos mancais de filme de óleo existentes permitiam folgas axiais que dificultavam o correto alinhamento das guias anteriormente à acoplagem da gaiola. Um estudo para alterar o projeto do equipamento se fez necessário e

os mancais foram substituídos por mancais de rolamento, ação que trouxe ganhos em outras etapas da implantação.

4.3.2.4. Racionalização das atividades de preparação

A análise crítica de todas as atividades, com o auxílio dos operadores na forma de grupos de melhoria, permitiram a alteração de procedimentos e de componentes. A simplificação das atividades, além de reduzir os tempos despendidos, também facilitou o treinamento da equipe, agilizando todo o processo de capacitação.

O estudo de cada atividade com foco na aplicação das técnicas de redução de *setup*, em conjunto com as análises para converter preparações internas em externas, geraram um plano de ação operacional. O uso dos grupos de melhoria foi intenso nesta etapa, com a implantação de várias pequenas melhorias que reduziram tempos, especialmente no que diz respeito a elementos fixadores. Foram adotados (i) engates rápidos para as mangueiras de graxa nos mancais de rolamento, (ii) distribuidores nos circuitos de água e lubrificação, (iii) redução da bitola dos parafusos de fixação das guias (o que eliminou o uso de marretas e chave de impacto) e (iv) sistema de suporte para as cintas de refrigeração com fixadores rápidos, agilizando a regulagem da cinta na troca de canais e proporcionando a completa eliminação das proteções das gaiolas.

As Figuras 14 a 18 trazem exemplos de modificações efetuadas no equipamento com o objetivo de racionalizar atividades na operação de *setup*. Os projetos implantados simplificaram muito das atividades e até mesmo ocasionaram a eliminação de algumas. A efetivação dos projetos motivou os operadores, facilitando o treinamento das demais equipes e aumentando a segurança ao simplificar-se a operação.

O primeiro exemplo apresentado corresponde a uma modificação no sistema de cintas de refrigeração. Realizado por um grupo de CCQ, o novo projeto não só reduziu o tempo de ajuste das cintas, como também eliminou a necessidade de proteções (para os respingos d'água) nas gaiolas. Modificaram o projeto original de fixação trocando sistemas convencionais de parafusos por um sistema de ¼" de volta. Analisaram também a função do componente, melhorando sua eficácia.



Figura 14 – Cintas de refrigeração com fixação por parafusos M19

Fonte: Gerdau, 2004

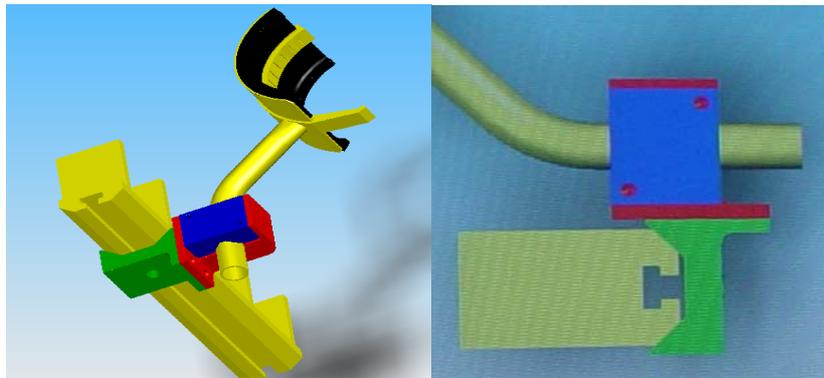


Figura 15 – Projeto desenvolvido para facilitar regulagem da cinta e promover a eliminação das proteções das gaiolas

Fonte: Gerdau, 2004



Figura 16 – Projeto instalado nas gaiolas do trem intermediário

Fonte Gerdau, 2004

Outro exemplo trata da simplificação da operação de desconectar/conectar o sistema de utilidades das gaiolas. A Figura 17 apresenta a gaiola D6 (trem de desbaste) com todos os pontos de graxa e água. Após a introdução do uso de distribuidores, a simplificação em número de engates (em graxa passaram de 12 conexões para 4).



Figura 17 - Gaiola D6 com muitas mangueiras para lubrificação e refrigeração e após a instalação de distribuidores

Fonte: Gerdau, 2004

A substituição dos mancais de filme de óleo por mancais de graxa nas gaiolas do trem intermediário, permitiu a simplificação de atividades durante a troca de gaiolas. A Figura 18 traz os momentos antes e depois da melhoria.



Figura 18 - Gaiola M3 com lubrificação para mancais de óleo e após modificação, com o uso de mancais com graxa e simplificação de mangueiras e conexões

Fonte: Gerdau, 2004

4.3.2.5. *Eliminação de ajustes após trocas de canal e gaiolas*

A realização de ajustes após a troca da gaiola ou do canal consiste na regulagem da gaiola, compensação das folgas de montagem dos mancais e, especialmente, a atividade de “queima do canal”. A queima do canal é o procedimento que garante a rugosidade necessária para o atrito entre o cilindro e a barra a ser laminada.

A implantação de mancais com rolamento no trem intermediário reduziu as folgas, simplificando a atividade de regulagem. Permitiu, assim, a padronização das regulagens, independente da gaiola, sem alterações significativas entre montagens, com conseqüente redução dos tempos.

Shingo (2000) considera os ajustes como parte do *setup*, os quais devem ser eliminados e não simplesmente reduzidos. Até o momento, o que foi conseguido foi a redução dos tempos através da eliminação de algumas etapas no processo de ajuste atual. A implantação dos mancais de rolamento e a evolução do uso da metalização (aspersão de metal fundido que adere no cilindro, conferindo ao mesmo a rugosidade necessária) permitirão a completa preparação da gaiola na oficina, eliminando a atividade de ajuste.

4.3.2.6. *Eliminação de Setup*

A eliminação completa do *setup* não ocorreu em nenhuma situação até o presente momento. Entretanto, o trabalho realizado na forma de programar a produção auxiliou no sentido de reduzir a freqüência com que ocorrem certas preparações.

Esforços também estão sendo feitos para aumentar a vida dos canais nos trens intermediário e desbastador, o que permitiria espaçar o intervalo entre trocas. O uso de cilindros com discos de metal duro resultou em rendimentos maiores, reduzindo a incidência de troca de canal de 1 para 7 dias e de troca de gaiola de 16 para 45 dias. Atualmente, tais cilindros já estão implantados na gaiola M4 e estudos para implantar em outras posições estão sendo realizados. O limitante é a velocidade de laminação que, por questões técnicas, compromete o desempenho do disco de metal duro. Velocidades baixas geram trincas térmicas devido ao tempo prolongado de contato entre a superfície do disco e a barra de aço enquanto esta é processada.

Outro exemplo de esforço para eliminar por completo as preparações está nas preparações da zona de refrigeração, após o bloco acabador. Ao flexibilizar a programação da produção com relação ao ciclo das famílias, acabou-se por reduzir a incidência de trocas e preparações neste equipamento. Está em projeto uma completa mecanização da troca, que reduzirá os tempos de preparação para poucos segundos.

Apesar dos esforços até agora despendidos, esses não eliminam por completo as preparações. A completa mecanização/automatização das funções de troca ainda apresenta custos proibitivos que inviabilizam a generalização da iniciativa.

4.3.2.7. Plano de ação operacional do ciclo de execução

A etapa de execução resultou numa série de ações focadas na melhoria das atividades de preparação. A partir das reuniões realizadas com os times de melhoria e de implantação surgiu um plano de ação, apresentado na Tabela 17. As ações foram priorizadas de acordo com o nível de investimento necessário, sua complexidade e o impacto nos tempos globais de preparação. Importante atentar para o caráter cíclico de aplicação do modelo. Apesar do fato de ter iniciado o trabalho de filmagem e análise no trem intermediário (por sua frequência e tempo despendido), muitas ações foram imediatamente replicadas para os demais setores, buscando sempre a maximização do resultado das iniciativas de redução dos tempos de preparação. A aplicação sequencial do plano de implantação levará a análises mais detalhadas das atividades de *setup* específicas das gaiolas de laminação desbastadora e acabadora.

Tabela 17 – Plano de ação resultante do estágio de execução (1º ciclo)

Nº	AÇÕES (O QUE)	QUEM	QUANDO	ONDE	COMO	POR QUE
1	Aquisição de jogos de guias reservas	Facilitador Manutenção operacional	jul/04	Trem médio	Emitir ordem de compra de guias de saída e entrada	garantir a montagem das guias off line
2	Aquisição de jogos de cintas de refrigeração reservas	Facilitador Manutenção operacional	jul/04	Laminador	Emitir ordem de compra de cintas superior e inferior para gaiolas	garantir a montagem das cintas off line
3	Implantar uso de engates rápidos em mangueiras de lubrificação e refrigeração	Facilitador Manutenção operacional	jul/04	Laminador	testar modelos de engates rápidos	Reduzir tempos de preparação

Nº	AÇÕES (O QUE)	QUEM	QUANDO	ONDE	COMO	POR QUE
4	Simplificar circuitos de lubrificação das gaiolas	Facilitador Melhorias	ago/04	Laminador	reduzir número de engates necessários implantando distribuidores nas gaiolas	Reduzir tempos de preparação
5	Implantar mancais de rolamento no trem intermediário	Facilitador Melhorias	dez/04	Trem médio	Eliminar folgas do projeto atual, reduzir número de mangueiras e conexões	reduzir tempos de preparação
6	Rever projeto das cintas de refrigeração	CCQ	ago/04	Laminador	Melhoria sistema de fixação e ajuste	reduzir tempos de preparação
7	Rever sistema de proteções para água de refrigeração das gaiolas	CCQ	ago/04	Trem médio	Simplificar sistema	Muito tempo para manuseio das proteções contra água
8	Rever sistema de fixação das guias	CCQ	ago/04	Laminador	Rever torque de aperto e redimensionar parafuso	Eliminar uso de marretas e chave de impacto
9	Implantar cilindros encamisados no trem intermediário	Facilitador Melhorias	set/04	Trem médio	implantar projeto KARK nas gaiolas M2 a M4	Aumento vida útil do s canais
10	Aquisição conjunto extra de mancais e cilindros para cada gaiola	Facilitador Manutenção operacional	dez/04	Laminador	Aquisição de conjuntos de mancais extras	garantir 3 jogos para maximizar troca de gaiolas
11	Aquisição de parafusadeira pneumática	Facilitador Manutenção operacional	ago/04	Laminador	emitir ordem de compra	reduzir tempos de preparação
12	Padronizar regulagem das gaiolas com mancais de rolamento	Facilitador Produção	dez/04	Trem médio	Padrão de regulagem com luz, folgas e calibração das gaiolas	eliminar ajustes
13	Modificar sistema de fixação hidráulica das gaiolas	CCQ	mar/05	Trem médio	projeto de CCQ para eliminar cunhas de fixação	Simplificar troca de gaiolas
14	Implantar metalização nos cilindros	Facilitador Produção	fev/05	Laminador	testas tecnologia METCO ALLOY e verniz, iniciar pelo Trem médio	eliminar queima de canal e uso de areia
15	Revisão projeto de troca dos módulos da zona de refrigeração	Facilitador Melhorias	mai/05	zona de refrigeração	Contrato de projeto para carro de deslocamento	eliminar tempo de preparação

4.3.3. Estágio 3 - Verificação

A etapa de verificação teve duas abordagens distintas. A primeira, na verificação prática da efetividade das ações implantadas. Para tal, novas filmagens foram realizadas com o intuito de obter, de forma comparativa, os avanços alcançados na redução dos tempos de preparação. Essa avaliação das operações isoladamente demonstra os ganhos locais, mas também é necessário analisar o impacto nos indicadores globais estabelecidos na etapa de planejamento. Esse é o foco dado na segunda abordagem da verificação: avaliar a melhoria das operações percebendo, desta forma, a sensibilidade do indicador global às melhorias implementadas.

As filmagens foram realizadas nas gaiolas M3 e M4 que apresentaram o maior número das ações já implementadas. Foram analisados os tempos de preparação envolvidos nas duas operações de trocas que ocorrem nesta porção do laminador, a troca de canal e a troca de gaiola. Os tempos estão apresentados nas Tabelas 18 e 19, respectivamente remetidas à troca de canal e à troca de gaiola.

Tabela 18 – Lista de atividades após melhorias implantadas

Operação de troca de canal do trem intermediário			
Oper: Jair (1) e Rodrigo (2)		Data:	21/10/2004
		Gaiola:	M3
Nº	Descrição da Atividade	Tempo (seg)	Observações
1	Ligar Central Hidráulica no Painel	5	
2	Soltar prendedores hidráulicos da gaiola	5	
3	Desligar bombas de água no painel	5	
4	Levar carrinho de ferramentas para o local	-	
5	Fechar válvula esfera água de refrigeração das guias	20	Fica distante da gaiola
6	Conectar controle de deslocamento da gaiola	-	
7	Fechar entrada de óleo de lubrificação do mancal	-	Mancal rolamento
8	Deslocar a gaiola	16	Cilindro hidráulico
9	Retirar funil da guia de entrada	37	Espaço congestionado
10	Abrir as proteções da gaiola	-	Eliminado
11	Lavar os barrões e as guias da gaiola	-	Eliminado
12	Afrouxar a guia de saída	13	Parafuso M24 e
13	Afrouxar a guia de entrada	13	parafusadeira pneumática
14	Avaliar as guias quanto a desgaste (componentes)	-	Guias trocadas
14 A	Retira guias da gaiola e instala novas no novo canal	124	
15	Soltar cinta de refrigeração superior	7	Fixador rápido
16	Posicionar cinta de refrig. superior no novo canal	62	Guia de deslocamento
17	Soltar cinta de refrigeração inferior	7	
18	Posicionar cinta de refrig. inferior no novo canal	68	
19	Deslocar guia de entrada para posição no novo canal	-	

Operação de troca de canal do trem intermediário			
Oper: Jair (1) e Rodrigo (2)		Data:	21/10/2004
		Gaiola:	M3
Nº	Descrição da Atividade	Tempo (seg)	Observações
20	Deslocar guia de saída para posição no novo canal	-	
21	Alinhar as guias de entrada e saída no canal	86	
22	Apertar a fixação das guias	15	
23	Ir ao painel de controle e liga a central hidráulica	33	
24	Deslocar a gaiola para posição	16	Utiliza controle remoto
25	Abrir a válvula do óleo de lubrificação mancal	-	
26	Descer até a central de lubrificação para rearmar sistema	-	
27	Ligar conversores dos motores da gaiola	56	Púlpito de comando
Tempo Total de troca de canal		9' e 48"	

A implantação das ações da etapa de execução gerou uma redução significativa nos tempos de preparação envolvidos no trem intermediário. A separação do setup interno e externo, a simplificação dos sistemas de refrigeração e lubrificação, objetivar a troca de conjuntos e não apenas componentes, racionalizar as operações paralelas, estudos para melhorar os dispositivos de fixação, foram técnicas empregadas. O tempo inicial de 28 minutos e 22 segundos foi reduzido para 9 minutos e 48 segundos.

Tabela 19 – Lista de atividades da troca de gaiolas após as melhorias

Operação de troca de gaiola do trem intermediário			
Oper: Jair e Rodrigo		Data:	4/10/2004
		Gaiola:	M4
Nº	Descrição da Atividade	Tempo (seg)	Observações
1	Ligar Central Hidráulica no Painel	5	
2	Soltar prendedores hidráulicos da gaiola	5	
3	Desligar bombas de água no painel	5	
4	Levar carrinho de ferramentas para o local	-	
5	Fechar válvula esfera água de refrigeração das guias	20	
6	Conectar controle de deslocamento da gaiola	-	
7	Fechar entrada de óleo de lubrificação do mancal	-	
8	Deslocar a gaiola	16	
9	Desacoplar transmissão da gaiola	21	
10	Soltar as cunhas de fixação da base	57	4 cunhas com uso de marreta
11	Soltar conexões das mangueiras de água	21	
12	Soltar conexões das mangueiras de óleo	-	
12 A	Soltas conexões das mangueiras de graxa	10	
13	Retirar funil da guia de entrada	37	
21	Acoplar cabos de aço para retirada da gaiola	74	
22	Retirar a gaiola com a ponte rolante	37	

Operação de troca de gaiola do trem intermediário			
Oper: Jair e Rodrigo		Data:	4/10/2004
		Gaiola:	M4
Nº	Descrição da Atividade	Tempo (seg)	Observações
23	Transportar gaiola até o estaleiro de gaiolas	43	
24	Suspender a gaiola nova	39	
25	Transportar gaiola até a posição no laminador	44	
26	Posicionar gaiola na base	88	
27	Revisar acoplamentos da transmissão	18	
31	Colocar cunhas de fixação da gaiola	35	
35	Ir ao painel de controle e liga a central hidráulica	33	
36	Lubrificar pescoço do cilindros para	-	
37	Posicionar cilindro para acoplar gaiola	41	Uso de chave para virar conjunto
38	Deslocar a gaiola para a posição	16	
39	Abrir a válvula do óleo de lubrificação mancal	-	
39 A	Conectar tubulação de graxa no distribuidor	12	
40	Descer até a central de lubrificação para rearmar	-	
41	Ligar conversores dos motores da gaiola	56	
Tempo Total de troca de gaiola		12' 13"	

Os ganhos na troca de gaiola foram mais significativos. Desde o momento em que se fez a separação das atividades internas e externas, os ganhos foram representativos. Shingo (2000) recomenda a troca de conjuntos ao invés de trocar componentes. A perspectiva obtida através do andamento do trabalho é que, com todas as ações planejadas concluídas, a troca de gaiolas no trem intermediário substituirá por completo a troca de canais. Todas as atividades de alinhamento de guias e demais componentes serão completamente executadas de forma externa.

A análise sobre os indicadores globais de desempenho inicialmente definidos confirma os ganhos obtidos até o momento. A produção incremental da turma de manutenção operacional já iniciou a disponibilidade de capacidade adicional no mês de julho após pequenas mudanças nos procedimentos e organização dos setup. A Figura 19 demonstra a produção no ano de 2004.

Através do gráfico é possível visualizar um aumento de cerca de 8% já no mês de agosto quando parte das ações efetivas de otimização das atividades já estavam implantadas. O gráfico demonstra uma queda no mês de setembro, mas deve-se unicamente ao fato de a produção ter sido paralisada dois dias inteiros para manutenção

da subestação de entrada de energia na usina. Caso houvesse disponibilidade de energia, a produção teria repetido patamar de 23.000 toneladas de produtos bons.

Os tempos totais envolvidos em preparação e ajustes dos equipamentos, seja trocas de bitola ou mesmo substituição por desgaste, demonstram uma redução superior a 30 %, de 16,7% para 11,4% disponibilizando cerca de 40 horas adicionais para produção.

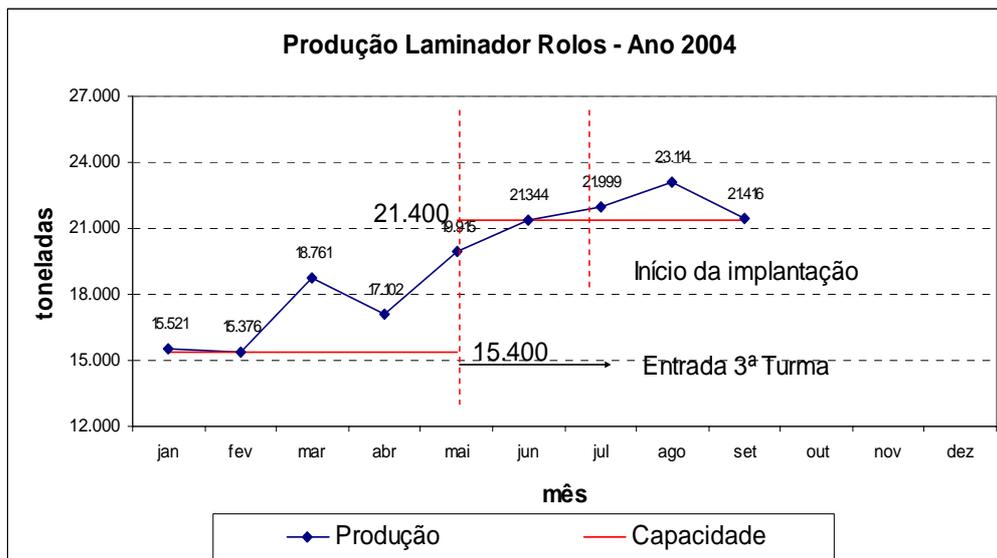


Figura 19 – Gráfico produção mensal de laminados em rolos no ano de 2004

Outro fenômeno observado foi resultante da flexibilização dos ciclos de produção. A partir da flexibilização de restrições rígidas até então seguidas pela programação, foi possível evoluir na redução de tamanho de lotes de produção de forma a atender especificamente a demanda. Os lotes não foram mais dimensionados para atender as condições de *setup*, conseqüentemente atingindo os tamanhos necessários. Pode ser visualizado a partir do aumento do número de preparações a partir de julho. Os dados referentes às horas disponíveis e as utilizadas em preparação, seus respectivos percentuais de interrupção e número de preparações estão demonstrados na Tabela 20.

Tabela 20 – Tempos totais de preparação mensal em 2004

Mês	Horas totais	Horas Setup	% interrupção	Nº preparações
Maio	744 hs	124,37	16,72%	38
Junho	720 hs	120,57	16,75%	37
Julho	744 hs	91,32	12,27%	57
Agosto	744 hs	84,87	11,41%	54
Setembro	720 hs	93,72	13,02%	62

A partir dos dados da Tabela 20 é possível inferir uma redução no tempo médio de preparação. Os meses de maio e junho têm por tempo médio 3,2 horas para cada *setup*. O número cai para a faixa de 1,5 horas nos meses de agosto e setembro, demonstrando significativa redução nos tempos médios de preparação.

4.3.4. Estágio 4 – Padronização

A consolidação e padronização das melhorias e práticas implantadas consistem no fundamento básico para garantir a repetibilidade e perpetuação dos ganhos alcançados. A padronização, porém, deve ser feita no que é necessário, de forma a garantir que o resultado final desejado seja alcançado (FALCONI, 2002). A partir de uma padronização, o treinamento de toda a equipe deve ser considerado, possibilitando a disseminação das práticas.

Melhorias baseadas em modificações no equipamento foram padronizadas a partir das documentações técnicas, atualização dos desenhos e cadastro de peças de reposição, como qualquer outro equipamento padrão. Esse procedimento uma vez realizado, garante por si só a continuidade da modificação. Treinamento de montagem, manuseio e manutenção nos novos componentes, ficam a cargo de treinamento, incluso nas rotinas de manutenção autônoma, e inspeções planejadas de manutenção preventiva.

O desafio maior é o estabelecimento de práticas e procedimentos que levem a execução de atividades em uma seqüência que garanta o menor tempo de preparação. Para o sucesso de tal empreendimento, foram utilizados as filmagens, *check list* e apontamentos de tempos. Em conjunto com os operadores, foram definidas regras gerais para preparação e para cada equipamento a seqüência a ser seguida. A definição do padrão, juntamente com o tempo de preparação esperado, deve ser auditado periodicamente a fim de garantir sua execução e possível aprimoramento.

A etapa de elaboração dos padrões contou também com o auxílio de um “diário de bordo”, ou seja, um diário no qual os desvios e dificuldades eram anotados para posterior análise. Com o uso desta ferramenta, foi possível estabelecer ações corretivas para muitos casos e identificação de necessidades de treinamento.

A importância da padronização, segundo Spear e Bowen (1999), é tal que promove o comprometimento e a autonomia dos operadores. O *empowerment* pode ser praticado, uma vez que a equipe operacional está ciente dos procedimentos, possuindo os recursos necessários para a execução do seu trabalho.

4.3.5. Dados consolidados

A consolidação e padronização das melhorias e práticas implantadas até o momento apresentaram ganhos significativos para o processo como um todo. Os benefícios advindos da implantação de TRF no laminador são importantes para a competitividade e permanentes.

Os investimentos em treinamentos teóricos em STP e TRF das equipes envolvidas somaram mais de 200 horas. Ao todo 4 grupos de melhorias foram treinados e envolvidos diretamente, atingindo inicialmente 22 operadores e 3 facilitadores, porém os procedimentos desenvolvidos sob a nova ótica foram repassados para cerca de 47 operadores. Para a melhoria contínua e sistêmica, o comprometimento do quadro operacional é muito importante.

Os resultados apresentados na seção 4.3.3 demonstram a tendência ao atingimento das metas estabelecidas, atingindo 26,7 % de redução das interrupções por *setup* para uma meta de 50% de redução. Em volume de produção, atingiu a marca de 1.714 toneladas para uma meta de 2.200 toneladas, ou seja próximo a 78% do volume proposto. O benefício financeiro com os resultados obtidos até o momento ultrapassaram em 4 vezes o capital investido.

5. Comentários finais

Black (1998) afirma que a introdução de um sistema TRF é considerado o início da conversão do sistema de manufatura convencional em um sistema enxuto. O sistema TRF confere flexibilidade e os resultados são percebidos desde o primeiro momento. Entretanto, a implantação de um programa de TRF não deve ser considerada uma ação de curto prazo. Trata-se antes, de uma mudança na cultura, uma quebra dos paradigmas tradicionais da gestão da produção. Uma lógica *Kaizen* é a forma mais adequada de visualizar tal implantação. A melhoria contínua é promovida através da participação ativa do nível operacional, sendo as melhorias efetivamente implantadas no chão-de-fábrica.

Shingo (1996, 2000), em sua metodologia SMED, apregoa a redução de todos os tempos de preparação para um simples dígito de tempo, ou seja, preparações com tempos inferiores a 10 minutos. Leschke (1997), por sua vez, reforça a necessidade de análise do *trade-off* entre o nível de investimento necessário e os benefícios advindos da redução dos tempos. Sua proposição reforça ainda mais a visão de gestão desse sistema através de ciclos de melhoria, de forma a garantir resultados a cada rodada.

5.1. Conclusões

O aporte teórico proveniente de diferentes autores permitiu a correlação entre fatores concordantes e discordantes, proporcionando o embasamento teórico para proposição de um modelo a ser aplicado. Um fator preponderante desde o início da pesquisa, foi a importância dada ao envolvimento dos diversos níveis da hierarquia para o sucesso do trabalho.

O modelo proposto trouxe como um dos fatores críticos de sucesso o comprometimento da alta direção. O fornecimento de recursos necessários deve estar alinhado com os objetivos traçados para o projeto. A liderança do projeto deve definir claramente os objetivos e fornecer os meios para que esses sejam alcançados.

A motivação atingida através do envolvimento do nível operacional, garantiu seu comprometimento com o trabalho, o que deve ser entendido como fator de sucesso.

À medida que ações de melhoria foram sendo desenvolvidas e implantadas com o envolvimento dos operadores, a motivação se auto-alimentava. A simplificação das atividades, o aumento da segurança, redução de esforços, o crescimento pessoal e profissional não passaram despercebidos pela equipe operativa.

As melhorias efetivamente devem ser implantadas através do método científico, no chão de fábrica. A padronização das melhorias bem sucedidas garantirá a repetibilidade e perpetuação dos resultados alcançados.

Inicialmente, o trabalho teve como objetivo a redução dos tempos de preparação às vistas de obter uma capacidade adicional no processo. Esse objetivo está sendo atendido a cada melhoria efetuada, porém constata-se também uma redução natural no tamanho dos lotes, conferindo à fábrica uma maior flexibilidade de volume e produto. Essa flexibilidade em reduzir o tamanho dos lotes representa um grande avanço na cadeia siderúrgica, viabilizando trabalhos futuros de sincronização e evolução do sistema de gestão convencional para um sistema com visão estratégica enxuta.

A implantação das técnicas de redução de *setup* exigiu a simplificação de equipamentos e procedimentos operacionais. Permitiu a inferência da relação dessa simplificação com a manutenção dos equipamentos, seja preventiva ou corretiva. Trabalhar com troca de conjuntos ao invés de componentes, padronização das funções, uso de fixadores funcionais, e diversas outras técnicas tem larga aplicação na manutenção. Esse aspecto da implantação de uma sistemática TRF é muito importante ser percebido. A redução dos tempos de preparação aumentou significativamente a disponibilidade do equipamento para a produção, reduzindo o tempo no qual o equipamento está parado. Isso reduziu também os tempos nos quais os equipamentos estavam disponíveis para a manutenção preventiva.

Um sistema robusto de gestão da manutenção dos equipamentos, tal como a TPM (*Total Productive Maintenance*) se faz necessário à medida que se avança na redução dos tempos de preparação. Segundo Schmidt (1996), *setup* e ajustes são considerados uma das 6 grandes perdas do TPM, sendo a redução de interrupções o objetivo primordial da TPM e da TRF, a inter-relação entre ambas deve ser aprofundada. McIntosh *et al* (2001) vai além, afirmando que as técnicas para redução dos tempos de setup podem ser aplicadas para redução de interrupções de manutenção.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

O estudo decorrente da pesquisa aplicada descrita nesse trabalho de conclusão, permitiu o entendimento de assuntos possíveis para futuros trabalhos. Podem ser entendidos como aplicações à indústria siderúrgica ou mesmo casos genéricos e estão dispostos a seguir:

- Estudo da inter-relação entre Manutenção Produtiva Total (TPM) e Troca Rápida de Ferramentas (TRF). Aprofundar o uso simultâneo das duas ferramentas sob o foco da gestão, garantindo uma sinergia na busca de maior produtividade da fábrica;
- Sincronização da produção entre fábricas, ou fornecedor-cliente a partir da flexibilização da produção através de pequenos lotes e uso de *Kanban*. No caso aplicado ao Laminador de rolos, uma evolução natural será um estudo focando a condição de redução de estoques e busca pela sincronização da produção com as Trefilarias (clientes);
- Projetos de equipamento sob a ótica da TRF. Estabelecer diretrizes para o projeto de equipamentos visando a operação e as preparações necessárias, buscando a otimização desde a concepção do projeto.

Referências

ANTUNES JR., J. A. **Em direção a uma teoria geral do processo na Administração da Produção: Uma discussão sobre a possibilidade de unificação da Teoria das Restrições e da teoria que sustenta a construção de Sistemas de Produção com Estoque Zero**. Porto Alegre, PPGA/UFRGS, 1998 (Tese de Doutorado em Administração).

ANTUNES JR., J. A.; RODRIGUES, L. H. Teoria das restrições como balizadora das ações visando a troca rápida de ferramentas. **Revista Produção**. Associação Brasileira de Engenharia da Produção, v.3, n.2, p. 73-85, 1993

AVISON, D. E.; WOOD-HARPER A. T.; VIDGEN R. T.; WOOD J. R. G. A further exploration into information systems development: The evolution of Multiview 2, **Information Technology & People**, v.11, n.2, p.124-139, February 1998.

BLACK, J.T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998, 288p

CAMPOS, V. F. **TQC – Gerenciamento da Rotina; do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

CHAVES, N. **Soluções em equipe** – Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2000

DIABY, M. Integrated batch size and setup reduction decisions in multi-product, dynamic manufacturing environments - **International Journal of Production Economics**, 2000.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta**; um processo de aprimoramento contínuo. São Paulo, Editora Educator, 1995.

IBS - INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – **Siderurgia Brasileira – Contribuição ao Desenvolvimento Nacional** [on line] Disponível na Internet via http://www.ibs.org.br/noticias/noticia_230404a_arquivos/frame.htm. Arquivo capturado em 26 de junho de 2004

LESCHKE, J. The setup-reduction process: Part 1 – **Production and Inventory Management Journal**. First Quarter, 1997

LESCHKE, J. The setup-reduction process: Part 2 – Setting reductions priorities - **Production and Inventory Management Journal**. First Quarter, 1997

LEWIS, JIM Speed up your setups. **Upholstery design & management**. June 2002

FAGUNDES, P. R. **Sistemática para redução do tempo de setup na indústria moveleira**, Porto Alegre, 2002 - Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FREELAND, J. ; LESCHKE, J.; WEISS, E. Guidelines for Setup-cost reduction programs to achieve zero inventory. **Journal of Operations Management** Vol 9, Nº1, January 1990

FREITAS, R. A Grande Incógnita. **Revista brasileira do Aço** ano 12 nº69, 2004

GILMORE, M.; SMITH, D. J. Setup reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study. **International Journal of Operations & Production Management**. Derby, UK, v.16, n.3, 1996.

HAY, E. J. **Just-in-time**. São Paulo: Maltese-Norma, 1992.

HAY, E. J. Any machine set-up time can be reduced 75%. **Industrial Engineering**, v. 19, p. 62-67, 1987.

KANNENGERG, G. **Proposta de sistemática para implantação de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre, 1994 - Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R. A Critical Evaluation of Shingo's 'SMED' Methodology. **International Journal of Production Research**. Bath, UK, v.38, n.11, 2000.

McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G.W. Changeover improvement: a maintenance perspective. **International Journal of Production Economics**. Bath, UK, n.73, 2001.

MONDEM, Y. **O Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1983, 141p.

MOXHAM, C.; GREATBANKS, R. Prerequisites for the Implementation of the SMED Methodology: a study in a textile processing environment. **International Journal of Quality & Reliability Management**. Manchester, UK, v.18, n.4, 2000.

PATEL, S.; SHAW, P.; DALE, B. Set-up reduction and mistake proofing methods – A study of application in a small company, **Business Process Management Journal** – Bradford, 2001.

PORTER, M. **Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um desempenho Superior**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1992

ROBBINS, R. Quick Changeovers – Fast paybacks - **Manufacturing Systems**, March, 1989.

Steel Statistical Yearbook 2003; **International Iron and Steel Institute – Committee on Economic Studies**, Brussels February 2004

SAMADDAR, S. The effect of setup time reduction on its variance. **Omega – the international journal of management science**, August, 2000

SCHMIDT, S. Total Productive Maintenance and Change Over Reduction Engineering a way to increase Quality and Productivity. **IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference**, 1996

SEVERSON D. The SMED System for reducing changeover times: An exciting catalyst for companywide improvement and profits. **The Magazine of Manufacturing Performance - P&IM Review with APICS News**, October, 1988

SLACK, N. **Vantagem Competitiva em Manufatura; atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 1993, 198p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997, 726p.

SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção - do ponto-de-vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996;

SHINGO, S. **Sistema de Produção com Estoque-Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996;

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta - uma revolução nos Sistemas Produtivos**. Porto Alegre, Editora Bookman, 2000.

SILVA NETO, R; PIZZOLATO N. Uma Metodologia para a Análise da Competitividade Sistêmica Empresarial. **Anais do XXI ENEGEP – CD-ROM**, São Paulo, 2001

SILVA, R. Integração Estratégica na Empresa para a Competitividade. **Anais do XXI ENEGEP – CD-ROM**, São Paulo, 2001

SPEAR, S. & BOWEN, H. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, Boston, page 97-106, september-october 1999.