



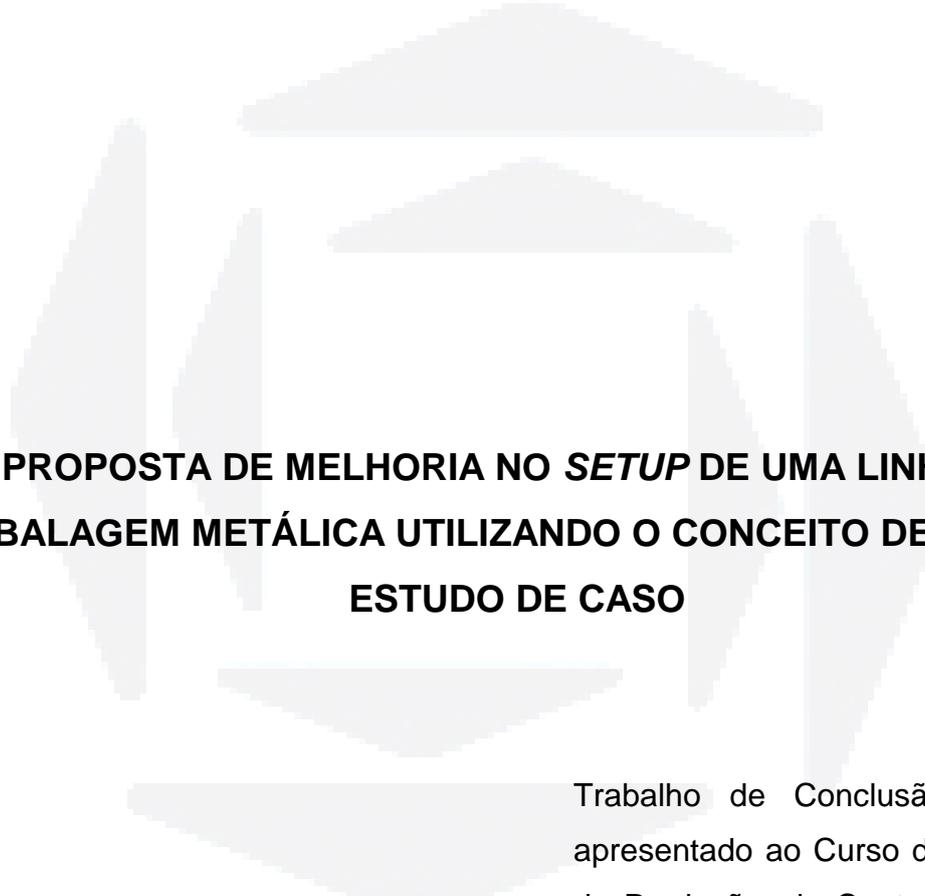
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE MELHORIA NO *SETUP* DE UMA LINHA DE  
EMBALAGEM METÁLICA UTILIZANDO O CONCEITO DE TRF: UM  
ESTUDO DE CASO**

Darlei João Rodrigues Goulart

Lajeado, junho de 2011

Darlei João Rodrigues Goulart



**PROPOSTA DE MELHORIA NO *SETUP* DE UMA LINHA DE  
EMBALAGEM METÁLICA UTILIZANDO O CONCEITO DE TRF: UM  
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Rogério Kober

Lajeado, junho de 2011

Darlei João Rodrigues Goulart

**PROPOSTA DE MELHORIA NO *SETUP* DE UMA LINHA DE  
EMBALAGEM METÁLICA UTILIZANDO O CONCEITO DE TRF: UM  
ESTUDO DE CASO**

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção do CETEC e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador:

Prof. Rogério Kober, Univates

Mestre pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Banca Examinadora:

Coordenador do curso de Engenharia de Produção  
Prof. Manfred Costa

Lajeado, junho de 2011

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a vida e por ter me fornecido meios para que eu alcançasse este objetivo.

Agradeço a minha família, em especial a minha esposa Elaine, que foi a pessoa que me ajudou e me motivou em todo o período acadêmico, pois sem ela este momento não seria possível.

Agradeço também a todos os amigos e colegas da Brasilata que sempre me apoiaram, tendo compreensão ao longo de todo tempo e sempre ajudando quando necessário.

À empresa Brasilata S/A Embalagens Metálicas, o meu agradecimento pela oportunidade de realizar o trabalho de conclusão de curso, pela disponibilização das informações para que o estudo pudesse ser realizado, assim como pela oportunidade de aplicar as técnicas aprendidas na Universidade.

Agradeço a todos os mestres que tive ao longo de minha vida acadêmica, pois sem eles certamente não teria chegado até aqui.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Rogério Kober, que me apoiou e mostrou disponibilidade, indicando-me sempre o melhor caminho a seguir. Agradeço enfim a todos que, de uma ou outra maneira, colaboraram para que esta etapa chegasse ao seu final com êxito.

A todos, muito obrigado!

## RESUMO

O grande desafio para as empresas é a redução de custos nos seus processos. Determinados mercados de produtos operam com estoques muito próximos de zero e necessitam de atendimento de lotes diversificados e cada vez menores. Sendo assim, o impacto dos tempos dos *setups* aumenta e o conceito de troca rápida de ferramentas permite reduzir significativamente a complexidade dos ajustes, auxiliando as empresas a reduzirem a indisponibilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, tornando-as mais competitivas. Este trabalho surgiu devido à necessidade de se realizar trocas constantes no processo para atendimento de pequenos lotes. O objetivo é apresentar uma proposta de melhoria para redução do tempo de *setup* em um processo de produção de embalagem metálica. Para alcançar o objetivo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a evolução dos processos e os princípios do Sistema Toyota de Produção, buscando mostrar a importância da redução de desperdícios na produção, bem como um estudo de caso com a aplicação do conceito de troca rápida de ferramenta em uma linha de produção. O estudo sobre o aperfeiçoamento do *setup* melhorou a produção e conseqüentemente, reduziu os custos operacionais.

**Palavras-chave:** Processos. Desperdícios. *Setup*. Troca Rápida de Ferramentas.

## ABSTRACT

The great challenge for companies is to reduce costs in their processes. Certain product markets operate with stocks very close to zero and they need diverse batches of service more and more smaller. At that rate the impact of time of *setups* increases and the concept of fast exchange of tools can reduce significantly the complexity of settings, helping companies to reduce the unused of equipment and consequently, making them more competitive. This work arose due to the need to make the constant changes in the process of serving small batches. The aim is to show a proposal for improvements to reduce *setup* time in a production of metal packaging. To achieve the goal is shown a review on the evolution of processes and the principle of the Toyota Production System, trying to show the importance of reducing waste in production, as well as a study about the application of the concept of fast exchange's tool in a production line. The study on the improvement of *setup* improved the production and consequently, it reduced operational costs.

**Keywords:** Processes. Waste. *Setup*. Fast exchange of tools.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cronologia das diferentes abordagens para o projeto do trabalho. ....	23
Figura 2 - Contribuição da produção para a estratégia empresarial. ....	25
Figura 3 - A influência dos objetivos de desempenho no custo interno. ....	29
Figura 4 - Formação de lucros em uma empresa. ....	33
Figura 5 - Aprendendo a enxergar o <i>Muda</i> . ....	34
Figura 6 - A Estrutura do Sistema Toyota de Produção. ....	36
Figura 7 - Conceito de <i>Jidoka</i> (Autonomação). ....	37
Figura 8 - O tamanho do lote econômico. ....	41
Figura 9 - O lote econômico e a produção JIT. ....	42
Figura 10 - Nivelamento da Produção. ....	43
Figura 11 - Tempo de <i>setup</i> . ....	44
Figura 12 - Impacto da TRF na competitiva de uma empresa. ....	46
Figura 13 - A TRF: estágios conceituais e técnicas de operacionalização. ....	50
Figura 14 - Fluxograma para aplicação das oito técnicas da TRF. ....	52
Figura 15 - Fluxograma das etapas do estudo. ....	61
Figura 16 - Fluxograma de análise crítica de pedidos. ....	63
Figura 17 - <i>Layout</i> da linha. ....	66
Figura 18 - Fluxograma de fabricação da linha. ....	69
Figura 19 - Embalagens de baldes 20 TR e 18 TR. ....	71
Figura 20 - Posicionador de fardo no alimentador. ....	71
Figura 21 - Ajustes na máquina de solda. ....	72
Figura 22 - Suporte posicionador de expansão. ....	72
Figura 23 - Máquina de pestanha. ....	73

Figura 24 - Ajustes na recravadeira. ....	73
Figura 25 - Ajustes na máquina de solda de orelha. ....	74
Figura 26 - Regulagem das borrachas de vedação da máquina de teste. ....	74
Figura 27 - Ajustes no posicionador da alça. ....	75
Figura 28 - Regulagem do cabeçote da máquina de alça. ....	75
Figura 29 - Tempos de troca atuais. ....	78
Figura 30 - Fluxograma de atividades de troca. ....	86
Figura 31 - Tempos de troca após melhorias. ....	87



## TABELAS

Tabela 1 - Produção mensal de embalagens.....	65
Tabela 2 - Padrão de produção das operações de montagem .....	76
Tabela 3 - Levantamento dos tempos das operações .....	77
Tabela 4 - Levantamento dos tempos das operações após melhorias .....	88
Tabela 5 - Percentuais de redução nos tempos das operações .....	89
Tabela 6 - Redução de custo com a melhoria do <i>setup</i> .....	90

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferenças entre o Sistema Ford e Toyota. ....	30
Quadro 2 - Visão tradicional <i>versus Just in Time</i> . ....	38
Quadro 3 - Ajustes necessários em cada operação. ....	70
Quadro 4 - Separação de operações internas e externas. ....	79
Quadro 5 - Problemas identificados nas operações. ....	81
Quadro 6 - Plano de melhorias na linha. ....	83
Quadro 7 - Melhorias implantadas nas operações. ....	84
Quadro 8 - Descrição das responsabilidades. ....	86

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo entre dias programados x n <sup>o</sup> de <i>setups</i> .....	67
Gráfico 2 - Média dos tempos de troca da linha.....	68
Gráfico 3 - Gráfico de Pareto dos tempos de troca.....	78
Gráfico 4 - Variação de tempos antes e depois da aplicação das técnicas. ....	89
Gráfico 5 - Média dos tempos de troca da linha após melhorias. ....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS

EOQ - *Economic Order Quantity*

ERP - *Enterprise Resource Planning*

JIT - *Just in Time*

MRP - *Material Requirements Planning*

MRPII - *Manufacturing Resource Planning*

OPT - *Optimized Production Technology*

OTED - *One-touch exchange of die method*

PCP - Planejamento e Controle da Produção

PMP - Planejamento Mestre da Produção

SCM - *Supply Chain Management*

SMED - *Single Minute Exchange of Die and Tool*

STP - Sistema Toyota de Produção

TOC - *Theory of Constraints*

TQC - *Total Quality Control*

TPM - *Total Productive Maintenance*

TRF - Troca Rápida de Ferramenta

5S – Ferramenta de trabalho que permite melhorar a eficiência de forma organizada.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 Tema e objetivos .....	18
1.2 Resultados esperados.....	18
1.3 Justificativa.....	18
1.4 Delimitação do estudo.....	20
1.5 Estrutura do trabalho.....	21
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
2.1 A evolução dos processos de produção – um breve histórico .....	22
2.2 Objetivos de desempenho.....	24
2.2.1 Qualidade.....	26
2.2.2 Rapidez .....	26
2.2.3 Confiabilidade .....	27
2.2.4 Flexibilidade .....	27
2.2.5 Custo.....	28
2.3 O Sistema Toyota de Produção .....	30
2.3.1 Processos e operações.....	31
2.3.2 Princípio do não-custo.....	32
2.3.3 Os tipos de desperdícios.....	33
2.3.4 A estrutura do Sistema Toyota de Produção .....	35
2.3.5 Autonomiação .....	36
2.3.6 Just in time .....	37
2.3.7 Conceito de lote econômico.....	40
2.3.8 Nivelamento da produção .....	42
2.4 Operações de <i>setup</i> .....	43
2.4.1 Os tempos de <i>setup</i> .....	44
2.4.2 Vantagens na redução do <i>setup</i> .....	45
2.4.3 Operações de <i>setup</i> .....	47
2.4.4 TRF .....	48
2.4.5 Estágios conceituais.....	49
2.4.6 Técnicas para aplicação da TRF.....	50
2.4.7 Análise da definição do SMED.....	52
2.5 Cronoanálise .....	53

<b>3 MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>54</b>
3.1 Tipo de pesquisa .....	54
3.1.1 Quanto aos fins .....	55
3.1.2 Quanto aos meios .....	55
3.2 Local do estudo .....	56
3.3 Coleta de dados .....	56
3.4 Tratamento dos dados .....	57
3.5 Limitações dos métodos .....	57
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>58</b>
4.1 A Empresa .....	58
4.1.1 Histórico da empresa .....	59
4.1.2 Etapas do estudo .....	60
4.2 Descrição do processo .....	62
4.2.1 Análise dos pedidos .....	62
4.2.2 Programação e controle da produção .....	64
4.2.3 Produção mensal de embalagens .....	65
4.2.4 Delimitação do processo de montagem .....	65
4.2.5 Procedimentos de <i>setups</i> .....	66
4.2.6 Tempos de <i>setups</i> atuais .....	68
4.3 Descrição das operações do processo .....	69
4.3.1 Etapas de trocas da linha .....	70
4.3.2 Descrição dos ajustes necessários .....	71
4.3.3 Tempos das operações .....	76
4.4 Análise da operação .....	79
4.4.1 Descrição do método de troca atual .....	79
4.5 Identificação das falhas .....	81
4.6 Propostas de melhorias para redução do <i>setup</i> .....	81
4.6.1 Levantamento dos tempos após melhorias .....	87
4.7 Resultados e discussão .....	88
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
ANEXO A - Planilha dos tempos cronometrados no processo .....	99
ANEXO B - Planilha dos tempos cronometrados no processo após melhorias .....	100
ANEXO C - Ilustração de prendedores alavanca utilizados .....	101
ANEXO D - Cronômetro digital utilizado .....	101
ANEXO E - Descrição das operações e componentes da embalagem .....	102

## 1 INTRODUÇÃO

Durante muito tempo as empresas optavam por fabricar poucos produtos e estimular a sua demanda. Nas últimas décadas, porém, algumas características expressivas nos mercados começaram a se destacar, tais como: a forte concorrência, constante evolução e atualização rápida de tecnologia, que têm levado a uma menor previsibilidade e a maiores riscos para as organizações. A partir do processo de globalização da economia e do acirramento na competição dos mercados, as organizações se defrontaram com a necessidade de melhorar a competitividade de sua cadeia produtiva (COX, 2002).

Atender as necessidades dos clientes tornou-se essencial para as empresas se manterem competitivas no mercado e ter uma vantagem perante seus concorrentes diretos. Atualmente encontra-se uma oferta maior de produtos, fazendo com que o fornecedor necessite adaptar os processos para diversificar a produção e atender a pequenos lotes de produtos (SHINGO, 2000). Com o aumento da concorrência, a redução dos preços de venda dos produtos tornou-se um grande desafio para os administradores, pois o mercado exige, além de baixos preços, prazos de entrega cada vez menores, direcionando as empresas para a busca de melhores eficiências nas suas operações e nos processos de gestão para atender seus clientes.

O desafio nessa nova economia é bem claro. Os fabricantes devem estar preparados a produzir sob demanda real, dentro do prazo de entrega aceitável e a agir rapidamente. Sendo assim, o papel da direção da empresa é colocar em prática

as decisões e os mecanismos que geram a força do processo, enquanto o papel da liderança está em entender os fluxos para resolver problemas e aprimorar o processo no intuito de fortalecê-lo (SCHARMA, 2003).

Segundo Slack *et al.* (1999), as empresas que visam ao lucro devem adotar melhorias de forma a acompanhar pelo menos os concorrentes, segundo um ritmo que atenda às expectativas crescentes dos consumidores. Do contrário, a função produção se mantém distante das expectativas da organização. Assim, cada unidade contribui diretamente para os objetivos estratégicos do nível superior e auxilia as demais áreas a contribuírem para atender as necessidades de seus clientes e fornecedores internos.

Para obter desempenhos satisfatórios, as organizações buscaram aprimorar seus processos produtivos, implantando sistemas de produção, tais como: teoria das restrições (OPT/TOC), sistemas integrados de gestão (MRPII, ERP, SCM, etc.), controle de qualidade (TQC), Sistema Toyota de Produção (STP), entre outros, cada um deles com suas características específicas. Porém, a grande dificuldade na implantação dos sistemas é, segundo Klippel (2008), que as pessoas do nível operacional, muitas vezes, não conseguem entender a filosofia básica dessas diferentes abordagens e tampouco entendem como elas fortalecerão a competitividade da empresa.

Nesse contexto, as empresas necessitam adaptar seus sistemas tornando-os mais flexíveis e sustentáveis para a melhoria contínua da produtividade, com uma maior rapidez no desenvolvimento de novos produtos e processos, além do gerenciamento dos estoques cada vez mais reduzidos (OLIVEIRA, 2008).

Um método de planejamento e controle que opera com flexibilidade e dá ênfase ao envolvimento de todos os funcionários da organização, fácil de ser ensinado e aplicado é o *Just in time* (JIT) (POZO, 2004). No entendimento de Slack *et al.* (1999), é uma abordagem disciplinada, que visa a eliminar os desperdícios e que possibilita que a empresa produza eficazmente apenas o que é necessário para o atendimento do pedido utilizando o mínimo de instalações e equipamentos, envolvimento dos funcionários e trabalhos em equipe, visando à redução dos custos de produção.

Liker (2008) descreve o *Just in time* como sendo um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem que a empresa produza e entregue produtos em pequenas quantidades com prazos mais curtos, para atender as necessidades específicas do cliente. Ele acrescenta ainda que os pontos-chave neste sistema são a flexibilidade da mão de obra e o pensamento criativo, em que os funcionários são tratados como colaboradores e se envolvem na análise de problemas operacionais do local de trabalho sugerindo a implantação de soluções.

Dessa forma, a organização inovadora deve estimular e orientar esforços para transformar uma ideia num produto ou em um processo e saber o quanto isso é importante para o mercado e o cliente. As atividades que não agregam valor ao produto devem ser analisadas e reduzidas de forma sistemática e contínua, da mesma maneira que não se pode tolerar qualquer tipo de desperdício no processo produtivo.

Para Shingo (2000), o JIT é muito efetivo na gestão dos sistemas produtivos, mas é apenas um fim e não um meio. Esse autor salienta ainda que é necessário compreender as técnicas e os métodos práticos desse sistema, que opera com a produção puxada de pequenos lotes e o máximo de utilização dos equipamentos, porém elevando os tempos de preparação.

De acordo com esse autor, um método utilizado para auxiliar na redução desses tempos de preparação é o conceito de troca rápida de ferramentas, que consiste em analisar e reduzir significativamente a indisponibilidade dos equipamentos nos processos produtivos. Fogliatto e Fagundes (2003) a descrevem como sendo uma metodologia de redução dos tempos de preparação dos equipamentos que possibilita a produção econômica de pequenos lotes e que possibilita uma resposta rápida às mudanças do mercado, baixos investimentos no processo produtivo e redução dos erros de regulagem dos equipamentos.

Por ser uma ferramenta essencial para a redução dos tempos de entrega, mantendo a competitividade da empresa e atingindo a produção JIT, faz-se necessário aprofundar mais alguns conceitos do Sistema Toyota de Produção, mais precisamente os que envolvem a troca rápida de ferramentas.

## 1.1 Tema e objetivos

O tema deste trabalho de conclusão de curso consiste em utilizar o conceito de troca rápida de ferramentas em um processo produtivo de embalagens metálicas. A empresa estudada atua no ramo de embalagens metálicas fornecendo uma variedade de tipos de embalagens, entre elas as denominadas baldes cônicos.

Este trabalho tem como objetivo geral descrever os *setups* da linha e propor melhorias utilizando o conceito de troca rápida de ferramentas, pois uma das maneiras de melhorarmos o processo produtivo quanto ao tempo de entrega dos pedidos é a redução das paradas de máquinas. Os objetivos específicos desta monografia são: (i) estudar o Sistema Toyota de Produção referente aos desperdícios nos processos de produção; (ii) consultar literatura e aprofundar os conhecimentos sobre *setup* e troca rápida de ferramentas; (iii) descrever o processo produtivo da linha em questão; (iv) descrever como são programados e realizados os *setups* de linha na empresa; (v) identificar problemas nas atividades de *setup* da linha a partir das técnicas descritas por Shigeo Shingo; (vi) propor (se necessário) melhorias a partir da análise.

## 1.2 Resultados esperados

Os resultados esperados com este trabalho são: obter conhecimento sobre o Sistema Toyota de Produção, mais precisamente *setup* e troca rápida de ferramenta; melhorar os indicadores de desempenho com o aumento da disponibilidade dos equipamentos; aumentar a confiabilidade dos tempos de troca dos equipamentos; melhorar a flexibilidade no processo produtivo e reduzir custos de produção com a eliminação das perdas decorrentes das paradas de máquina de forma planejada; padronizar as atividades de troca da linha; analisar e propor melhorias (se necessário) nos tempos de execução das atividades de trocas.

## 1.3 Justificativa

Nas operações industriais a meta das empresas é atingir uma vantagem preponderante no seu mercado de atuação, visando a proporcionar um diferencial

perante a concorrência. Para Slack *et al.* (2002), todos os aspectos fundamentais da competitividade estão claramente inseridas no campo de atuação da função da operação industrial, tendo a competitividade uma influência direta sobre os aspectos de desempenho, tais como: (i) fabricação de produtos sem erros; (ii) entregas rápidas ao cliente; (iii) manutenção invariável dos prazos prometidos de entrega; (iv) habilidade de introduzir novos produtos em prazos adequados; (v) oferta de uma faixa de produtos larga o suficiente para satisfazer as exigências do cliente; (vi) habilidade de modificar quantidades ou datas de entrega, conforme a demanda do cliente; e (vii) habilidade da empresa de oferecer produtos a preços que ou supera a concorrência ou possibilitam maior margem de lucro, ou ambos.

Segundo Rother (2003), grande parte dos departamentos de uma empresa considera mais fácil programar grandes quantidades de um mesmo modelo ou tipo de produto e evitar trocas no processo produtivo. Porém, agrupar produtos iguais e produzi-los de uma só vez dificultam o atendimento de clientes que desejam outros produtos diferentes dos que estão sendo produzidos no momento.

A flexibilidade para as fábricas de países como o Brasil (por exemplo: nas indústrias do tipo metal-mecânica de montagem), onde as características do mercado são de volumes de produção relativamente baixos, se comparados com países de Primeiro Mundo, acaba se tornando um grande diferencial competitivo (ANTUNES, 2008).

A redução de perdas e custos nos processos são vitais para as empresas se manterem competitivas. Sendo assim, a indisponibilidade dos equipamentos e perdas de produtividade devem ser minimizadas ao máximo, para que a fábrica produza com flexibilidade e atenda as demandas do mercado (OLIVEIRA, 2008).

O tema em estudo é bem aceito no meio produtivo da empresa, cuja administração é baseada nas ideias do modelo Japonês de administração, porém muitas vezes necessitam de adequações formais das técnicas e procedimentos. Este trabalho vem ao encontro da necessidade de melhorias e padronização dos tempos de trocas de equipamentos, pois permite uma visualização mais detalhada das atividades.

A empresa pesquisada busca, por meio de seus processos, atender o mercado com produtos de alta qualidade, para manter-se na vanguarda do setor de embalagens metálicas do país. Alguns processos na empresa necessitam de trocas de equipamentos, causando dificuldades ao setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) na análise e definição dos prazos de entrega dos produtos devido à produção de lotes que necessitam de mudança nas operações para a sua fabricação. Portanto, a padronização e a redução dos tempos de troca dos equipamentos auxiliam na produção de lotes menores e no planejamento mais eficaz da produção.

Uma maior agilidade nos *setups* poderá proporcionar economia de tempo, podendo fazer com que a organização aumente sua produtividade e flexibilidade nos processos.

#### **1.4 Delimitação do estudo**

Este estudo foi realizado na unidade Sul da Brasilata S/A Embalagens Metálicas, situada em Estrela – RS. A empresa atua no ramo de embalagens de aço há mais de 50 anos como fornecedora para indústrias químicas e alimentícias. O estudo concentrou-se na área de produção, planejamento industrial e foi realizado no segundo semestre de 2010 e no primeiro semestre de 2011.

O sequenciamento da programação a fim de melhorar eficiências não foi tratado neste trabalho. As demais mudanças no processo para a fabricação de outros produtos nesta mesma linha também não foram analisadas por serem produtos novos, em fase de teste, ainda não ocorrendo uma demanda maior deles.

Este trabalho limita-se à análise dos processos de *setups* da linha de produção de embalagens de baldes, mais especificamente na produção das embalagens denominadas 18 TR (tampa removível) e 20 TR. Pretende-se apresentar a descrição e a proposta apenas da linha em questão, devendo, para os demais casos na empresa, ser realizadas as devidas adaptações.

## 1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, na qual se procura demonstrar a importância da melhoria contínua nos processos. Fazem parte deste capítulo também os tópicos: descrição do tema e objetivos, resultados esperados, justificativa, delimitação do estudo e estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 traz a revisão de literatura. Aborda com maior profundidade os temas referenciados no presente projeto apresentando uma breve descrição da evolução dos processos de produção, e o papel da produção para atingir os objetivos da organização. Busca descrever a filosofia do Sistema Toyota de Produção, demonstrando o contexto histórico deste sistema e a importância da eliminação dos desperdícios. Este capítulo descreve também a importância e as vantagens da redução dos tempos de *setups* até a apresentação do conceito e das técnicas de troca rápida de ferramenta, o que vem ao encontro dos objetivos deste trabalho.

O Capítulo 3 relaciona a metodologia utilizada na elaboração deste projeto. Descreve o tipo de pesquisa quanto aos meios e aos fins, a delimitação do local onde ocorre o estudo, o método utilizado para o levantamento dos dados, a maneira de tratamento dos dados e as limitações dos métodos utilizados.

O Capítulo 4 apresenta a empresa e seu histórico, o modo como são aceitos e programados os pedidos e o estudo de caso realizado, descrevendo as atividades de trocas dos equipamentos na linha em questão e analisando-as de acordo com o conceito e as técnicas da troca rápida de ferramentas. Apresenta também a proposta de melhorias e os resultados da implantação.

Finalmente, o Capítulo 5 relaciona as conclusões referentes ao estudo apresentado e propostas para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A turbulência dos mercados faz com que as empresas busquem melhorias nos processos produtivos para atender lotes cada vez menores de produtos. A agilidade no atendimento com redução de custos se tornou um diferencial para a sobrevivência. Este capítulo contém a revisão bibliográfica de temas relevantes ao objetivo deste trabalho, como: a evolução dos processos de produção; alguns conceitos do Sistema Toyota de Produção relacionados ao estudo; os conceitos sobre as operações de *setups*; e a metodologia da troca rápida de ferramentas, a fim de atingir os objetivos propostos.

### 2.1 A evolução dos processos de produção – um breve histórico

O gerenciamento dos processos produtivos, ao longo da evolução da humanidade, aconteceu de diversas formas. Após a formalização conceitual do trabalho, em 1746, por Adam Smith, surgiram novas teorias. No início do século XX, passou-se a racionalizar a administração nas indústrias, que antes era artesanal, tornando-se manufatura especializada, o que facilitou a mecanização, reduzindo assim o trabalho não produtivo (SLACK *apud* MEIRELLES, 2004).

Uma das mais importantes teorias surgidas naquela época, conforme Figura 1, foi a Administração Científica, cuja abordagem básica era a ênfase na tarefa com preocupação na eliminação dos desperdícios e perdas sofridos pela indústria.

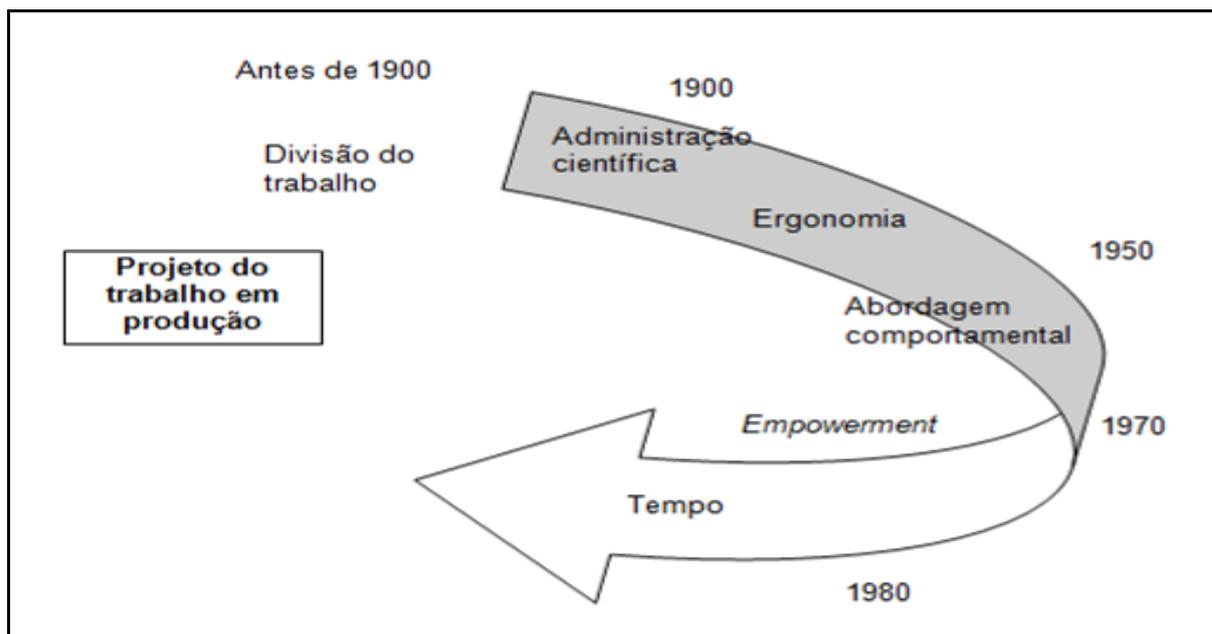


Figura 1 - Cronologia das diferentes abordagens para o projeto do trabalho.

Fonte: adaptado pelo autor de Slack apud Meirelles (2004).

Ainda no início do século XX começa a ser introduzido nas indústrias o modelo conhecido como produção em massa, desenvolvido por Taylor, Ford e Sloan, que trouxe avanços na produtividade das empresas nos EUA. Porém, com o passar do tempo, os princípios e as condições que haviam sustentado esse paradigma já não garantiam mais a competitividade entre as empresas. Com o surgimento de novas tecnologias e sistemas de gestão, as empresas começaram a implantá-las com a promessa de estabelecerem vantagens competitivas num mercado dinâmico e com novas exigências quanto à velocidade de entrega, custo, flexibilidade, qualidade e inovação.

Ao longo dos últimos anos têm se destacado três importantes sistemas de planejamento e controle da produção: (i) O planejamento das necessidades de materiais (MRP), que, desenvolvido a partir de um sistema de planejamento de materiais, passou por várias fases e se tornou um sistema de planejamento de materiais e capacidades. Numa fase mais avançada, o MRP torna-se o sistema de planejamento e controle das necessidades de recursos (MRP II) e, mais recentemente, um sistema de planejamento de recursos da organização (ERP). (ii) O nivelamento da produção e Kanban da filosofia *Just in time* (JIT). (iii) O gerenciamento das restrições, que consiste em atuar nas causas das restrições encontradas na linha de produção (COX, 2002).

Todos esses processos de produção requerem gerenciamento apropriado e possuem funções identificáveis. Cox (2002) assim descreve as cinco funções comuns para o gerenciamento de produção:

a) Plano mestre de produção (PMP) – é uma programação antecipada de certos itens designados ao programador, guiando o planejamento das necessidades de materiais;

b) Planejamento das prioridades – é a função que determina quais materiais são necessários e quando são necessários, de forma a garantir os prazos de entrega;

c) Planejamento das capacidades – é o processo que determina qual a capacidade necessária para produzir no futuro;

d) Controle das prioridades – é o processo de comunicar as datas iniciais e finais para os departamentos de manufatura a fim de executar esse plano.

e) Controle das capacidades – é o processo de medir os resultados da produção e comparar com o planejamento de capacidades.

Sendo assim, o planejamento da produção torna-se uma parte importante na administração e diversas abordagens para se melhorar os sistemas de produção foram desenvolvidos. Todos esses movimentos possuíam muitos pontos em comum e direcionavam as organizações a buscar vantagem baseada em produção por meio do processo de melhoria contínua. O papel da função produção para as organizações, segundo Slack *et al.* (1993), é fazer as coisas melhor do que a concorrência na busca por desempenho competitivo.

## **2.2 Objetivos de desempenho**

O sucesso competitivo da empresa como um todo é uma consequência direta de suas funções de operação industrial em atingir um desempenho superior a qualquer um dos seus concorrentes. Qualquer organização que deseja obter sucesso no longo prazo deve ter em mente que a importância da função produção para os negócios é vital (SLACK *et al.*, 1999).

A primeira questão que uma empresa deve examinar em sua estratégia de produção, de acordo com Slack *et al.* (2002), é definir o papel da produção na empresa e sua função para atingir os objetivos organizacionais, levando em consideração três aspectos: as necessidades específicas dos consumidores; as atividades dos concorrentes; e o estágio do ciclo de vida em que se encontra o seu produto. Uma vez definidos, ainda segundo esse autor, o desafio da manufatura consiste na tradução das necessidades dos consumidores e na definição de quais objetivos são importantes para eles.

Embora todos os critérios de desempenho sejam importantes, eles diferem em grau de importância. Assim, fazer melhor significa observar os cinco objetivos de desempenho, apresentados na Figura 2, a serem seguidos pelo sistema de produção e que possuem um inter-relacionamento interno na empresa, em que todos eles se apoiam e se reforçam uns aos outros.

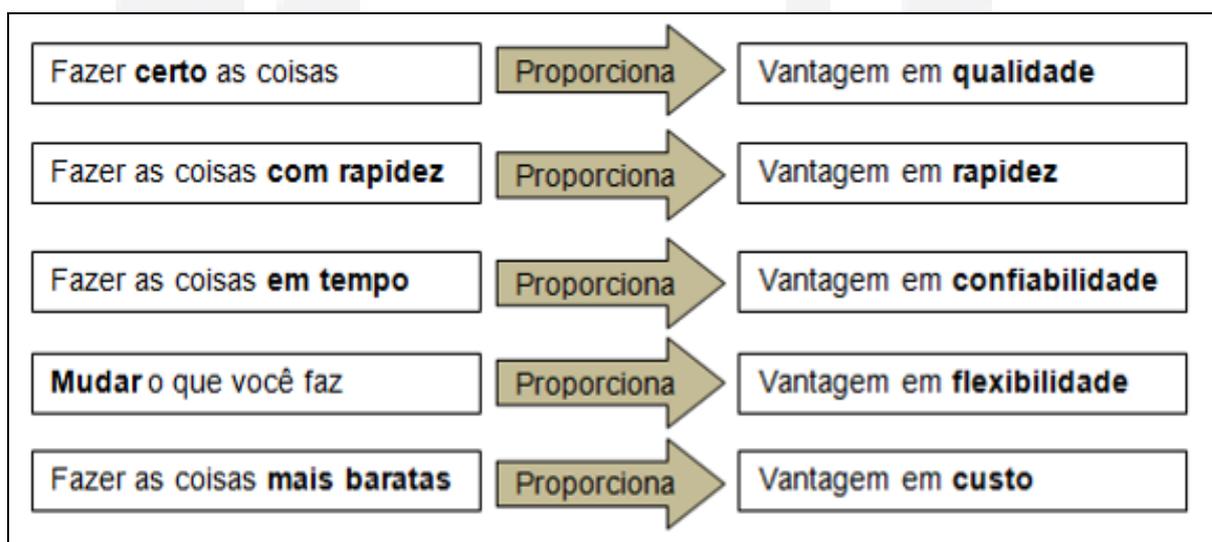


Figura 2 - Contribuição da produção para a estratégia empresarial.  
Fonte: adaptado pelo autor de Slack *et al.* (1999, p. 60).

Fechando o ciclo de produção, é necessário ressaltar a importância do controle e da constante melhoria dos processos produtivos, assim como a constante revisão e melhoria das estratégias de produção. Os cinco objetivos de desempenho, descritos por Slack *et al.* (1999), que contribuem para se obter vantagem baseada em produção serão abordados nos itens 2.2.1 a 2.2.5.

### 2.2.1 Qualidade

O bom desempenho da qualidade nas operações leva à satisfação dos clientes externos e internos, aumentando a confiabilidade e reduzindo os custos. De acordo com Slack *et al.* (2002), a qualidade significa fazer certo as coisas sem cometer erros. Se a empresa raramente cometer erros, os empregados não precisarão gastar tempo corrigindo-os ou conferindo se o restante das operações está sendo realizado corretamente, podendo assim dedicar o seu tempo realizando outras tarefas.

Maximiano (2002) observa que a qualidade é um conjunto de características que, quando agregado a um valor, satisfazem as necessidades do cliente, por mais ou menos atrativas que elas sejam. Slack *et al.* (1999) salientam ainda que, para haver melhoramento da produção na área de qualidade, deve-se levar em conta: (i) o número de defeitos por unidade produzida; (ii) a quantidade de refugo; (iii) o tempo médio entre as falhas nas operações; e (iv) a quantidade de consumidores satisfeitos.

### 2.2.2 Rapidez

A rapidez na entrega vem se tornando um critério decisivo na conquista de novos clientes e mercados. Quanto mais um pedido ou um lote demora em qualquer operação, mais despesas ele atrai. A velocidade na entrega beneficia não só os clientes, mas inclusive a organização e as empresas fornecedoras, pois os clientes ficam satisfeitos com o cumprimento dos prazos estabelecidos; os fornecedores se beneficiam com o aumento do fluxo de materiais; e as organizações conseguem diminuição de custos.

Fazer as coisas com rapidez significa fazer com que o intervalo de tempo entre o início do processo de manufatura e a entrega para o cliente seja menor do que o da concorrência, afirmam Slack *et al.* (1993).

### 2.2.3 Confiabilidade

Para Slack *et al.* (2002), honrar e cumprir as promessas de entrega é considerado um ato de confiabilidade. Sem confiabilidade, os melhoramentos na velocidade, flexibilidade, qualidade e produtividade nunca alcançarão o seu inteiro potencial. À medida que os produtos são fornecidos nos prazos combinados, torna-se de grande valor a escolha de um fornecedor que corresponda às expectativas.

A confiabilidade de uma operação somente é avaliada pelo consumidor quando o produto ou serviço for entregue. Fazer as coisas no tempo certo, atendendo os compromissos de entrega assumidos, contribui para aumentar a confiança entre as diferentes partes da operação, asseguram Slack *et al.* (1999).

### 2.2.4 Flexibilidade

A flexibilidade tornou-se uma das virtudes mais importantes nas operações industriais para enfrentar as turbulências dos mercados e a agilidade dos concorrentes, forçando a administração da operação industrial a reavaliar sua habilidade de modificar ou fazer algo diferente nas suas operações (SLACK *et al.*, 2002). Estes autores descrevem ainda que as necessidades da flexibilidade que permitem que as operações tenham melhor desempenho se dividem em quatro fatores:

a) a variedade das atividades - permite lidar eficazmente com uma larga faixa de produtos existentes, adaptando-os aos requisitos dos clientes em um mercado com variações na demanda e exibindo pedidos prioritários ao longo da fábrica;

b) as incertezas de curto prazo - capacidade de ajustar a produção quando a demanda é muito diferente do previsto, lidando com quebras de equipamento e falhas de fornecedores (internos e externos);

c) as incertezas de longo prazo - manter uma visão de longo prazo sustentando uma ideia clara de quanta capacidade será necessária para que futuras gerações de produtos possam ser produzidas na mesma fábrica;

d) a ignorância em relação ao direcionamento futuro - estar preparado para mudar o que faz, adaptando as atividades de produção, pois não há nenhuma previsão exata para o futuro.

### 2.2.5 Custo

Slack *et al.* (1993) explicam que os custos são reduzidos pela velocidade das operações, pela qualidade dos produtos e serviços e pela redução dos erros dentro das operações, os quais refletem na redução direta dos refugos, dos retrabalhos e dos desperdícios. A organização do trabalho, seja de forma operacional ou gerencial, deve ser acompanhada desde o início das atividades até o final, de forma que os custos sejam reduzidos, gerando ganhos necessários à permanência da empresa no mercado. A redução dos custos nem sempre é repassada aos preços, aumentando assim a margem de lucro, podendo este ser distribuído aos acionistas ou retornar como investimento.

Segundo Day (2001), as organizações compelidas pelo cliente acreditam, erroneamente, que é válido perseguir todos os clientes e que estes devem receber tudo o que desejarem. Contudo, vê-se que, em pouco tempo, os clientes aprendem a explorar essa situação, advertindo que podem vir a mudar de fornecedor, caso a última oferta de um concorrente não seja igualada. Dessa forma, os custos sobem e cresce a pressão sobre os preços.

Fazer as coisas o mais barato possível possibilita manter preços apropriados ao mercado e mantém retorno para a organização. Slack *et al.* (2002) afirmam que a produção industrial de baixo custo é uma meta legítima e desejável para as empresas, mesmo quando o sucesso competitivo não é prioritariamente uma questão de vencer a concorrência nos preços.

Entre os objetivos citados, de acordo com Slack *et al.* (1999), o mais importante é o objetivo de custo, pois mesmo as empresas que concorrem em outros aspectos estarão interessadas em manter seus custos baixos. Esses autores identificaram o valor de cada objetivo de desempenho dos consumidores externos e relacionaram-nos com os objetivos das operações dos clientes internos (Figura 3).

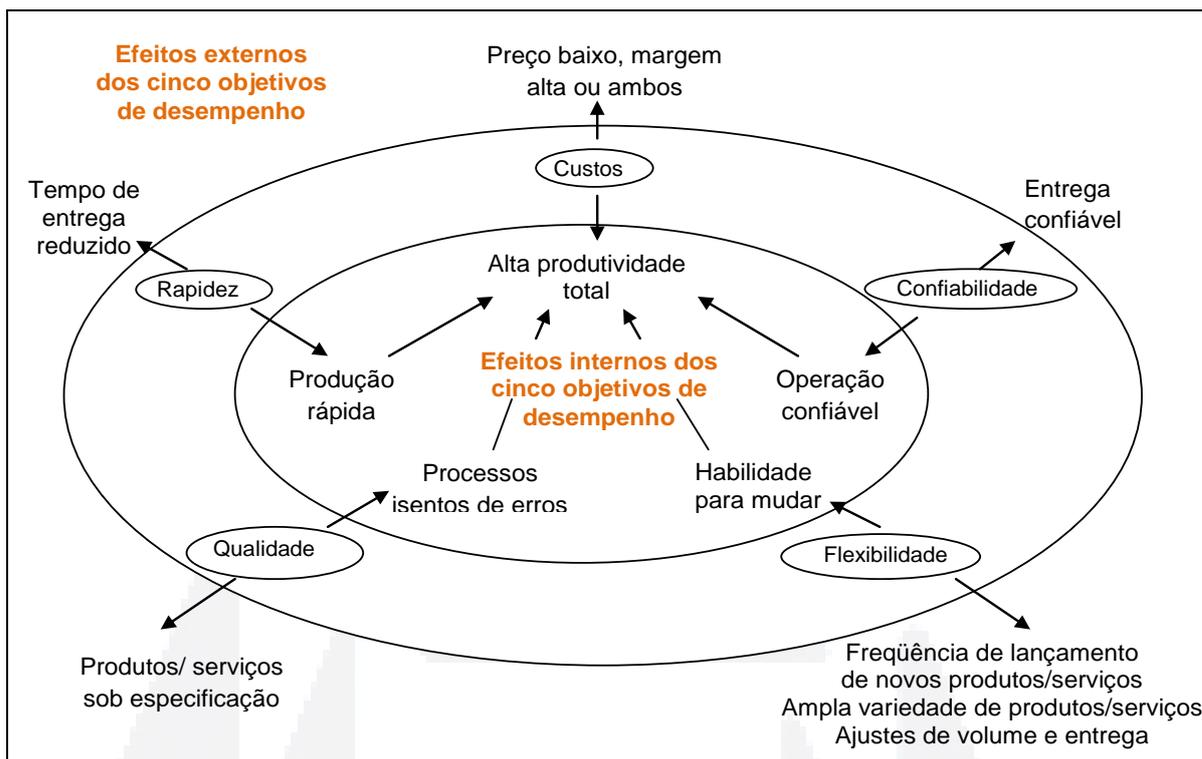


Figura 3 - A influência dos objetivos de desempenho no custo interno.  
 Fonte: adaptado pelo autor de Slack *et al.* (1999, p.70).

Outro objetivo de desempenho citado por Slack *et al.* (2002) é a inovação, em que o fluxo do melhoramento contínuo de novos produtos proporciona uma rota particularmente efetiva para a vantagem competitiva nos mercados mais disputados. Uma empresa que administra com sucesso o desenvolvimento de novos produtos tem a oportunidade de deixar os concorrentes para trás. A empresa que faz duas inovações de produto, enquanto os concorrentes fazem uma, tem o dobro de oportunidades de ultrapassá-los.

Já Kaplan e Norton (2004) argumentam que a inovação bem sucedida impulsiona a conquista, auxilia no crescimento, fideliza o cliente e aumenta o lucro da organização. Salientam esses autores que a inovação é um pré-requisito para a participação em alguns setores dinâmicos, alicerçados na tecnologia. A sustentação da vantagem competitiva requer que as organizações inovem continuamente, criando novos produtos, serviços e processos.

Sendo assim, as organizações devem estar atentas aos custos internos de suas operações, os quais são influenciados pelos outros objetivos de desempenho. Um importante mecanismo na função produção que trata da redução dos custos internos de produção pela eliminação dos desperdícios é o Sistema Toyota de

Produção. Diferente dos princípios da produção em massa, ele visa a atender as necessidades dos clientes com credibilidade e no menor tempo possível, reduzindo perdas e custos nos processos, explica Russomano (1995).

### 2.3 O Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção começa a receber atenção internacional no ano de 1950. Surgiu no Japão, na fábrica da Toyota, devido à baixa produtividade e à falta de recursos que impedia a indústria japonesa de adotar o modelo de produção em massa desenvolvidos por Frederick Taylor e Henry Ford. O sistema tinha por objetivo o aumento da produção pela eliminação dos desperdícios. Diferente do sistema de produção em massa de Ford, o STP permitia maior variedade de produtos com lotes de fabricação menores, relata Ghinato (2003).

No entender de Shingo (1996) três características diferenciam o sistema de Ford do sistema Toyota: fluxo de peças unitárias, tamanho do lote e variedade de produtos, desde o processamento até a montagem final, conforme mostra o Quadro 1.

CARACTERÍSTICAS	FORD	TOYOTA	BENEFÍCIO
1. Fluxo de peças unitárias	Somente na montagem	Interligação do processo e montagem	Ciclos curtos, inventários 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

Quadro 1 - Diferenças entre o Sistema Ford e Toyota.  
Fonte: adaptado pelo autor de Shingo (1996, p.128).

Segundo Dennis (2008), Frederick Taylor separou o planejamento da produção e Taiichi Ohno os juntou novamente, pois seu recém-iniciado sistema Toyota dependia das idéias de Taylor: estudos de tempo e movimento, trabalho padronizado e melhoria contínua. Enquanto Ford produz de uma só vez uma grande quantidade de um mesmo item, o STP sincroniza a produção de cada unidade e produz vários lotes de produtos diferentes.

Salienta Dennis (2008) que o sistema Toyota representa uma importante estratégia para as empresas enfrentarem as turbulências dos mercados. Ele visa a operacionalizar a produção de forma simples, otimizando os processos e operações por meio da redução contínua dos desperdícios em lotes cada vez mais reduzidos, auxiliando as organizações a responder com rapidez às constantes flutuações das demandas de mercado.

### 2.3.1 Processos e operações

Para Shingo (1996, p. 37), “toda a produção, executada tanto na fábrica como no escritório, deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações” em que:

1) Processos transformam matéria-prima em produto acabado. É o percurso de um material desde que ele entra na empresa até a sua saída. Esse autor apresenta quatro fases distintas relacionadas aos processos e às maneiras como podem ser melhoradas as suas atividades;

a) Processamento – uma mudança física no material ou na sua qualidade. A melhoria nesta atividade do processamento vem da visão da engenharia e consiste na agregação de valor ao produto baseada em tecnologia específica de produção e engenharia industrial;

b) inspeção – comparação com um padrão estabelecido. Compreende prevenir defeitos buscando a meta de zero-defeito;

c) transporte – movimento de materiais ou produtos; mudanças nas suas posições. É a busca da eliminação do transporte, analisando melhorias no *layout*;

d) estocagem – período de tempo durante o qual não ocorre nenhum processamento, inspeção ou transporte. Há dois tipos de esperas: esperas de processo, quando ocorrem estoques entre os processos, e esperas de lotes, quando acontecerem estoques relacionados ao tamanho do lote.

O modo para maximizar a eficiência da produção é analisar profundamente os processos antes de melhorar as operações. Sendo assim, podem-se destacar

duas maneiras de melhorar os processos, de acordo com Shingo (1996): melhorando o produto por meio da engenharia de valor, que consiste em redesenhar o produto reduzindo assim os seus custos de fabricação e mantendo a sua qualidade, e melhorar os métodos de fabricação do produto.

2) Operações são as ações realizadas pelo homem, pela máquina ou pelo equipamento que executam essas transformações. A operação pode ser analisada como: (i) preparação e ajustes que são realizados antes e depois do processamento de cada lote, também conhecidos como operação de *setup*; (ii) operações principais – realizadas para cada peça e subdivididas em: operações essenciais, operações auxiliares e folgas marginais.

Para Oliveira (2008), o controle da produção tornou-se mais complexo devido aos vários parâmetros assumidos na competitividade contemporânea, sendo um deles o custo baixo. Assim qualquer tipo de desperdício deve ser evitado.

### **2.3.2 Princípio do não-custo**

O primeiro conceito desenvolvido como base para o gerenciamento da produção é o princípio da minimização dos custos. Segundo Shingo (1996), muitas empresas determinam o preço de venda dos seus produtos utilizando a lógica tradicional ( $\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro}$ ) que é a soma dos custos de produção com o lucro que a empresa deseja obter, sendo transferidos para o consumidor esses aumentos.

Na filosofia do sistema Toyota, essa fórmula não é aceita e utiliza o princípio do não-custo ( $\text{Preço de Venda} - \text{Custo} = \text{Lucro}$ ), que pressupõe que são os consumidores que decidem o preço de venda, pela lei da oferta e da procura. Logo, a empresa fornecedora pode determinar o lucro, porém sem alterar o preço de venda que o mercado está disposto a pagar, estando a única forma de aumentar o lucro na redução dos custos. Na Figura 4, observam-se mais facilmente essas duas formas de pensamento (BARROS, 2005).

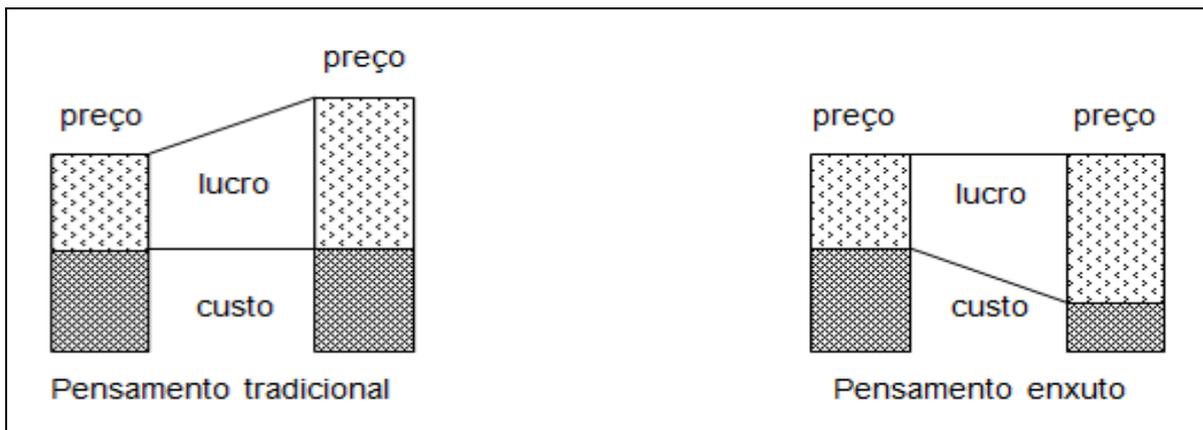


Figura 4 - Formação de lucros em uma empresa.  
 Fonte: adaptado pelo autor de Barros (2005, p. 26).

O setor de engenharia de produção tem a função, conforme Ohno (1997), de orientar o chão de fábrica para atingir preços mais competitivos e entregar os produtos no momento exato, devendo a manufatura ser constantemente melhorada. Uma das formas de minimização de custos nos processos e que é um dos princípios básicos do STP é a eliminação dos desperdícios. A seguir serão apresentados os tipos de desperdícios nos processos produtivos.

### 2.3.3 Os tipos de desperdícios

A identificação e eliminação dos desperdícios visando à redução dos custos é o principal objetivo do sistema Toyota. Produzir apenas a demanda ao invés da produção antecipada e automatizar as operações para separar completamente o trabalhador das máquinas auxiliam na redução dos estoques por meio do tratamento e da superação das condições ocultas que causam essas perdas (SHINGO, 1996).

Oliveira (2008) relaciona os sete grandes tipos de desperdícios identificados por Shigeo Shingo para o STP nos processos administrativos ou de produção e que devem ser controlados: (i) superprodução; (ii) espera; (iii) transporte excessivo; (iv) processos inadequados; (v) inventário desnecessário; (vi) movimentação desnecessária; (vii) produtos defeituosos.

Liker (2008) acrescenta um oitavo tipo de desperdício, além dos citados por Shingo, considerado como o desperdício da criatividade dos funcionários, que significa a perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por a empresa não envolver ou não ouvir seus funcionários.

Dennis (2008) também aponta um oitavo tipo de desperdício, chamado de *muda*<sup>1</sup>, como é mostrado na Figura 5, na qual é possível observar a proporção de valor para o desperdício de 5/95, comum na maioria das operações.

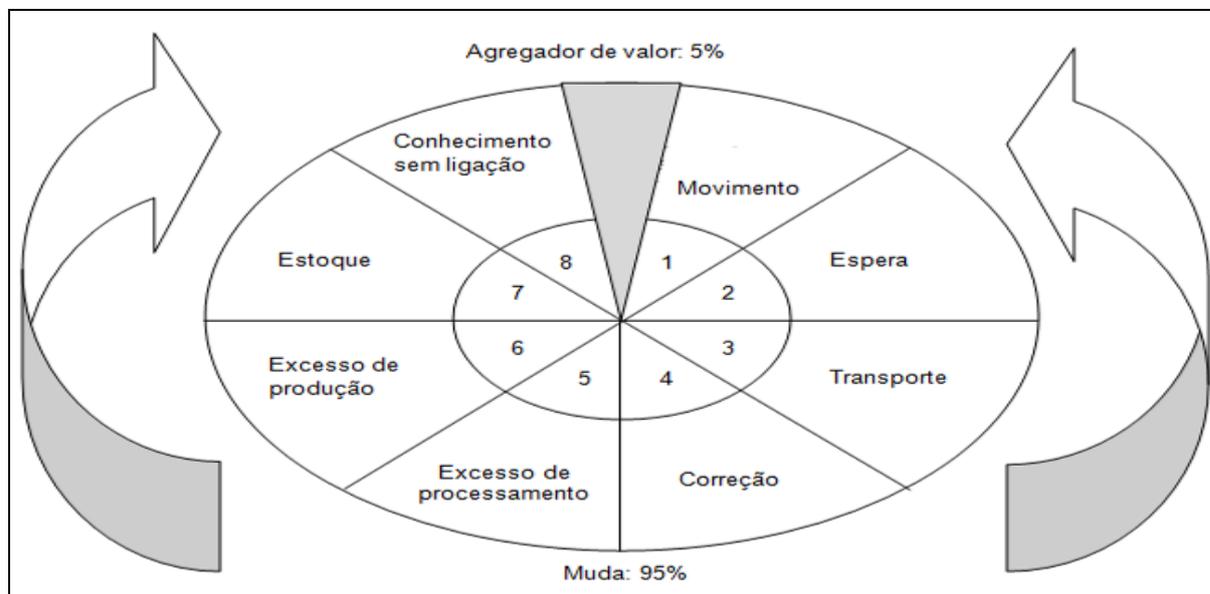


Figura 5 - Aprendendo a enxergar o *Muda*.

Fonte: adaptado pelo autor de Dennis (2008, p. 40).

Abaixo estão descritos os oito tipos de desperdícios citados por Dennis (2008) e apresentados na Figura 5:

a) movimento - ocorre quando há desorganização do ambiente utilizando o jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, gerando desperdícios de movimento humano ou de máquina;

b) espera - ocorre quando as pessoas, peças e informações ficam longos períodos ociosos aguardando as paradas de processos ou que uma máquina processe uma peça;

c) transporte - movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia devido a leiautes ineficientes no local de trabalho;

d) correção - está relacionado a produzir e ter que consertar produtos com defeitos e problemas de qualidade com perda de tempo e energia;

<sup>1</sup> *Muda*: é uma palavra em japonês e significa desperdício, ou qualquer atividade que o cliente não está disposto a pagar (DENNIS, 2008).

e) excesso de processamento - este desperdício ocorre quando se produz excessivamente ou cedo demais, resultando em um excesso de inventário;

f) excesso de produção - significa produzir produtos que não serão vendidos, resultando em armazenamento e custos excessivos e baixa performance do serviço prestado ao cliente;

g) estoque - matéria-prima ou produto acabado armazenado ocupando espaço;

h) conhecimento sem ligação - existe quando há falha na comunicação dentro da empresa ou da empresa com seus clientes, inibindo o fluxo de conhecimento e criatividade.

A eliminação completa desses desperdícios pode melhorar a eficiência das operações, economizando mão de obra, produzindo quantidades estritamente necessárias de produtos. Nesse sentido Oliveira (2008, p. 31) observa que “grande parte das empresas ocidentais tem se empenhado na implantação de processos de transformação de acordo com as técnicas da filosofia de produção enxuta”.

#### **2.3.4 A estrutura do Sistema Toyota de Produção**

A Figura 6 representa a estrutura do STP, sendo a base representada pela estabilidade (5S e a TPM dão suporte ao gerenciamento visual e são cruciais para atingir a estabilidade de produção), que é formada pelo *Heijunka* (nivelamento da produção), por operações padronizadas e pelo *Kaizen* (melhoria contínua com envolvimento dos membros da equipe). As paredes representam a entrega de peças e produtos *just in time* e *jidoka* (autonomação) e o topo significa o foco no cliente, cuja meta é entregar a mais alta qualidade com o menor custo e prazo possíveis por meio da eliminação constante de desperdícios. Ao centro, no coração do sistema, encontra-se o envolvimento das pessoas em equipes flexíveis e motivadas que procuram a melhor forma de realizar as operações.

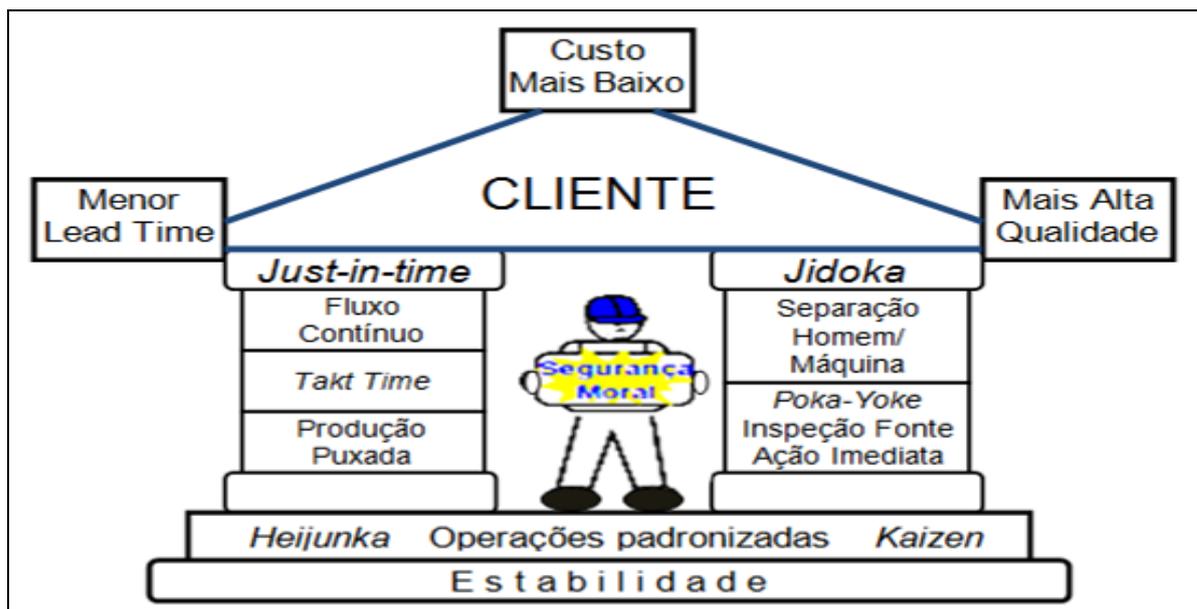


Figura 6 - A Estrutura do Sistema Toyota de Produção.

Fonte: adaptado pelo autor de Ghinato (2003).

Embora longe de compreender em profundidade as bases conceituais desse sistema de produção, as empresas têm experimentado algumas técnicas do sistema, tais como: técnicas de modificação de *Layout* voltadas à manufatura celular, Troca Rápida de Ferramentas, *Kanban*, entre outras (Harmon, 1991). O conceito base do STP é a eliminação total dos desperdícios e os dois pilares em que está alicerçado são o *Jidoka* (autonomação) e o *just in time*, que serão descritos a seguir.

### 2.3.5 Autonomação

A autonomação ou *Jidoka* surgiu da necessidade de se evitar a produção com defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Para Shingo (1996), é o principal meio para atingir as reduções de custo de mão de obra.

Na autonomação não é necessário um operador controlando enquanto a máquina estiver operando normalmente. Apenas quando a máquina parar, receberá atenção humana, podendo assim um operador trabalhar em diversas máquinas. Parar a máquina força todos a tomar conhecimento do fato e entender claramente o problema, gerando uma ação imediata na correção da anormalidade, salienta Ohno (1997).

Shingo (1996) afirma que com a introdução da inteligência humana nas máquinas, isto é, as máquinas possuem dispositivos que interrompem o processo quando detectam qualquer avaria, foi possível a clara separação entre o trabalhador e a máquina. Uma vez detectada a avaria, observa esse autor, o objetivo é encontrar a verdadeira causa do problema, para que seja eliminada a possibilidade de repetição da ocorrência por meio da melhoria das máquinas, desencadeando um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, conforme Figura 7.



Figura 7 - Conceito de *Jidoka* (Autonomação).  
Fonte: adaptado pelo autor de Pereira (2009, p.10).

O método mais utilizado no controle das operações, conforme Pereira (2009), é o *Poka-yoke*, que significa implementar dispositivos simples e de baixo custo que detectam situações anormais antes que ocorram e o controle de zona, onde os responsáveis fazem o autocontrole e param o processo ao detectar qualquer problema.

### 2.3.6 Just in time

O *Just in time* surgiu no Japão, devido à necessidade de um sistema de produção que pudesse coordenar a fabricação de pequenos lotes de produtos com flexibilidade e qualidade exatamente na hora do seu uso. Ele tornou-se mais que uma técnica, sendo considerado uma filosofia de gestão, cuja característica é puxar

a produção a partir da procura, produzindo somente o necessário, na quantidade e no tempo necessários (RUSSOMANO, 1995).

O JIT, segundo Leite (2006), pode ser considerado como uma resposta à morosidade da administração tradicional, que aceita os erros passivamente, como parte integrante do processo, no qual eles deveriam ser encontrados e resolvidos. O Quadro 2 mostra as diferenças entre a visão tradicional e o JIT.

Item	Visão tradicional	<i>Just in time</i>
Qualidade	Conseguida com muito investimento e custo alto	Decorrência natural do trabalho bem feito na primeira vez
Especialização	Altos níveis de especialização nos escalões de comando	Os funcionários são altamente qualificados no âmbito operacional
Mão de obra	Obedece a ordens superiores	Participa e influencia a produção
Fornecedores	Incentivo à disputa / inimigos	Participam do processo / colaboradores
Erros	São aceitáveis / resta corrigí-los	Base do processo de melhorias
Estoques	Mantém a produção funcionando	Ocultam problemas, devem ser evitados
<i>Setup</i>	É inevitável, não tem importância	Deve ser reduzido ao mínimo possível
<i>Lead time</i>	Maior tempo, melhor produção	Deve ser reduzido ao mínimo possível
Filas	Necessárias para manter a velocidade máxima da máquina	Não deve haver filas, a produção deve ser a tempo ( <i>Just in time</i> ) sem paradas
Automação	Dirige o trabalho para o produto final	Pode valorizar a qualidade quando empregada de maneira adequada
Custos	Redução pelo incremento no uso de máquinas, altas taxas de produção	Redução pela velocidade com que o produto passa pela fábrica
Flexibilidade	Pelo excesso da capacidade, de equipamentos, de estoques e de despesas administrativas	Pela redução de todos os tempos gastos em todas as etapas internas da organização
Lotes	Lote econômico de compra	Quanto menor melhor
Fluxo	Empurrado através da fábrica	Puxado através da fábrica via <i>Kanban</i>

Quadro 2 - Visão tradicional *versus* *Just in Time*.

Fonte: adaptado pelo autor de Leite (2006).

A viabilização do JIT depende, segundo Ghinato *apud* Ghinato (2003), de três fatores:

a) fluxo contínuo - é a resposta à necessidade de utilização do menor tempo possível para a execução das atividades, o que pode ser assegurado pelo

mapeamento e pela eliminação das atividades que não agregam valor, e da confiabilidade do equipamento por meio da manutenção produtiva total;

b) o *takt-time* - é o ritmo no qual o fabricante deve produzir um pedido para atender a demanda real do cliente em toda a cadeia de fornecedores, dando uma noção do ritmo que cada processo deve ter sem gerar estoque;

c) produção puxada - caracteriza-se por produzir apenas o que for solicitado, impedindo assim a utilização de estoques, levando ao maior e melhor desempenho do trabalho.

Os componentes que auxiliam o sistema, descritos por Dennis (2008), para que o cliente possa puxar os produtos são:

a) *kanban* - é uma ferramenta visual que sincroniza e fornece instruções do momento em que se pode produzir ou parar;

b) nivelamento de produção - significa distribuir o volume e a mistura da produção de forma equilibrada, dando suporte ao trabalho organizado e à melhoria contínua.

Esses dois componentes, *kanban* e nivelamento da produção, conforme Dennis (2008), dependem de outros métodos:

a) processos capazes - que significa métodos padronizados, pessoas competentes que se envolvem em atividades de melhoria e máquinas competentes auxiliadas pelos TPM e 5S, os quais controlam as seis grandes perdas (equipamento, avarias, atrasos de *setup* e de ajustes, ócio e paradas menores, velocidade reduzida, defeitos do processo e produção reduzida);

b) gerenciamento visual - por meio do sistema 5S, que torna a condição de produção transparente para toda a equipe e coordena ações;

c) troca rápida de máquinas - que permite respostas rápidas aos pedidos diários de clientes e minimiza os desperdícios de tempo.

O sistema JIT visa a administrar as operações de produção de forma simples e eficiente, utilizando da melhor forma possível os recursos, mão de obra e

equipamentos para atender às exigências de qualidade e entrega ao menor custo (DENNIS, 2008). As três idéias básicas nas quais se desenvolve o sistema são:

a) integração e otimização dos processos - tudo o que não agrega valor ao produto é desnecessário e deve ser eliminado;

b) a melhoria contínua (*Kaizen*) - a melhoria deve ser constante não apenas nos processos e procedimentos, mas também no desenvolvimento das pessoas, com trabalhos em grupo, visão compartilhada e descentralização de poder;

c) entender e responder as necessidades dos clientes - atender ao cliente segundo as suas necessidades com qualidade, prazo de entrega e custos.

Uma das maneiras de atender aos lotes de fabricação, de acordo com Shingo (2000), é a combinação de pedidos repetitivos de pequenos volumes que resulta na superprodução antecipada. Esta prática é comum para evitar ajustes, trocas de ferramentas e preparação de máquinas para produtos diferentes.

A seguir será apresentado o conceito de lote econômico.

### **2.3.7 Conceito de lote econômico**

Nas operações de fabricação tradicionais, em que os *setups* eram muito demorados, uma das estratégias era produzir grandes lotes. Outra estratégia envolvia o conhecimento e a habilidade de operadores altamente qualificados para se ter *setups* eficientes, explica Slack (1993).

Mais tarde, relata Shingo (2000), utilizou-se como estratégia o conceito de lote econômico que foi introduzido para contrabalancear os efeitos de aumento de inventário e considerado uma abordagem otimizante e racional, sob o ponto de vista de que as reduções dos tempos de *setup* são impossíveis. Esse conceito perdeu totalmente a razão de existir quando a troca rápida de ferramentas foi desenvolvida.

A produção de grandes lotes de fabricação parece o meio mais eficiente de redução dos tempos de preparação, porém tem como desvantagem, conforme

Shingo (2000), o aumento dos custos de estocagem e os *lead-times* maiores, ocasionando uma redução no capital de giro da empresa.

Como mostra a Figura 8, a curva que representa os efeitos de *setup* (T) e uma linha reta que representa os estoques (S) se interceptam em um ponto (E), denominado lote econômico, que representa o ponto em que as vantagens e as desvantagens dos estoques estão balanceadas.

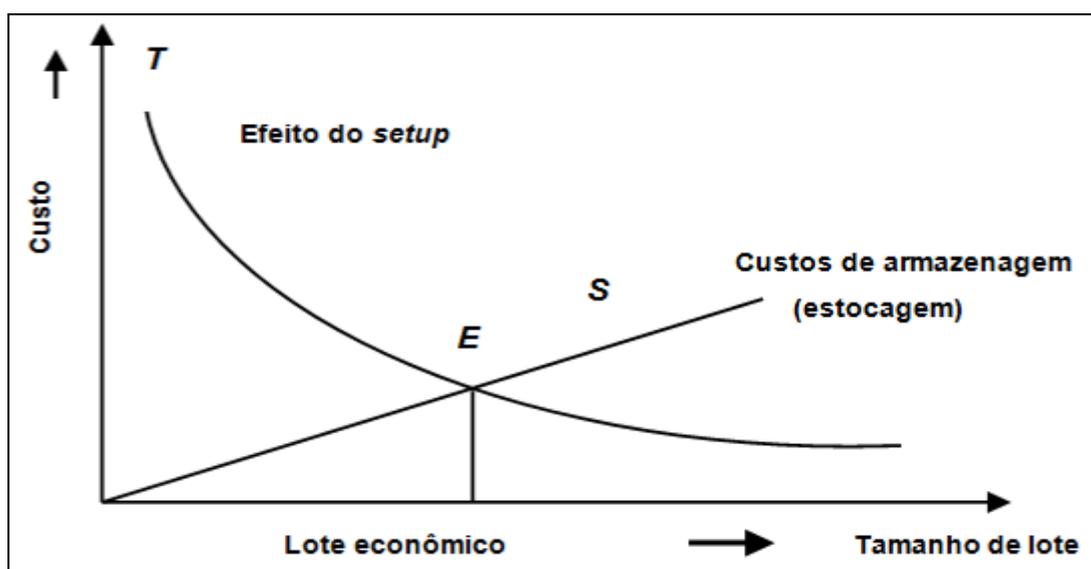


Figura 8 - O tamanho do lote econômico.  
Fonte: Shingo (2000, p. 40).

No sistema JIT essas alternativas não são aceitáveis e a produção é feita em pequenos lotes, diminuindo os prazos de entrega dos produtos, por meio do aumento de confiabilidade do equipamento e redução dos tempos mortos durante as operações de preparação e trocas, salienta Shingo (2000).

O lote econômico de fabricação ou *Economic Order Quantity* (EOQ), na visão convencional é representado em função da demanda do item, do custo unitário de fabricação, do custo unitário de compra e da taxa de encargos financeiros sobre os estoques, isto é, fundamentado em uma lógica matemática associada à minimização de custos, ensina Shingo (2000).

A filosofia JIT, segundo Fagundes (2002), verifica também outros custos que influenciam no custo total de fabricação, denominado de custos da má qualidade ou simplesmente de desperdícios. Na Figura 9 verifica-se que a curva do custo de preparação (CP) na filosofia JIT é menor na relação tamanho do lote / custo e o

custo de manutenção de estoques (CM) é maior. O EOQ (Jit) é menor que o EOQ (convencional) devido à redução dos custos de preparação, redução e eliminação dos desperdícios e busca por lotes unitários de fabricação, observa esse autor.

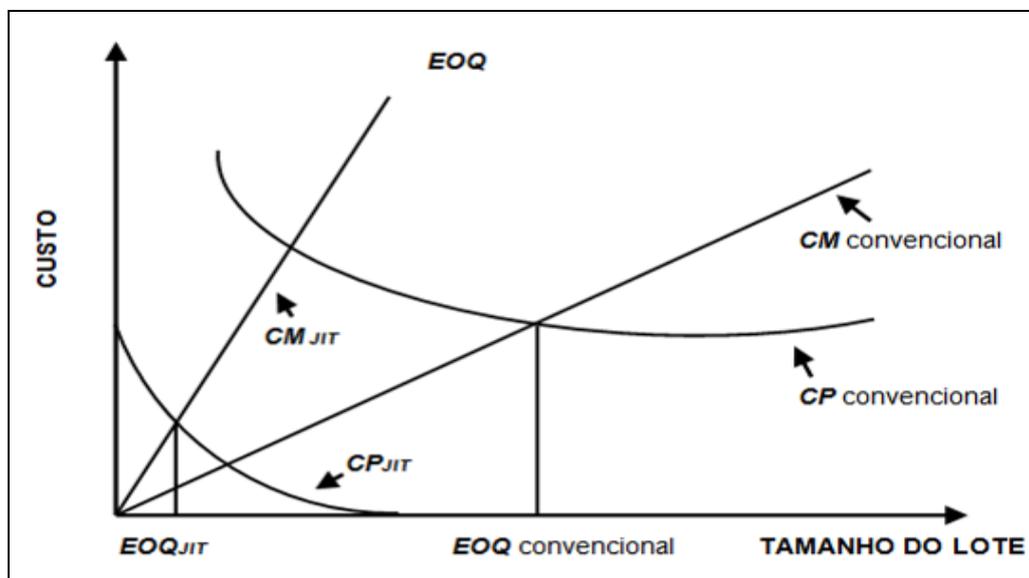


Figura 9 - O lote econômico e a produção JIT.  
Fonte: Tubino *apud* Fagundes (2002, p. 42).

### 2.3.8 Nivelamento da produção

No modo tradicional de gestão, de acordo com Barros (2005), pode-se resolver o atendimento de pequenos lotes agrupando vários pedidos de uma mesma referência e continuar produzindo em grandes lotes, porém adiando a data de entrega de vários pedidos ou produzindo com antecipação, gerando estoques. Se os processos são flexíveis e as trocas de produtos e ferramentas mais rápidas, ainda segundo esse autor, pode-se produzir, ao invés de um grande lote por mês, quatro lotes no mesmo período.

Seguindo o raciocínio de redução contínua de estoque e nivelamento da produção, pode-se reduzir a produção a lotes diários, sendo as vantagens ainda maiores para o processo produtivo e também para os clientes, conforme Barros (2005).

A Figura 10 mostra o nivelamento da produção, considerando um mês de quatro semanas e uma semana de cinco dias.

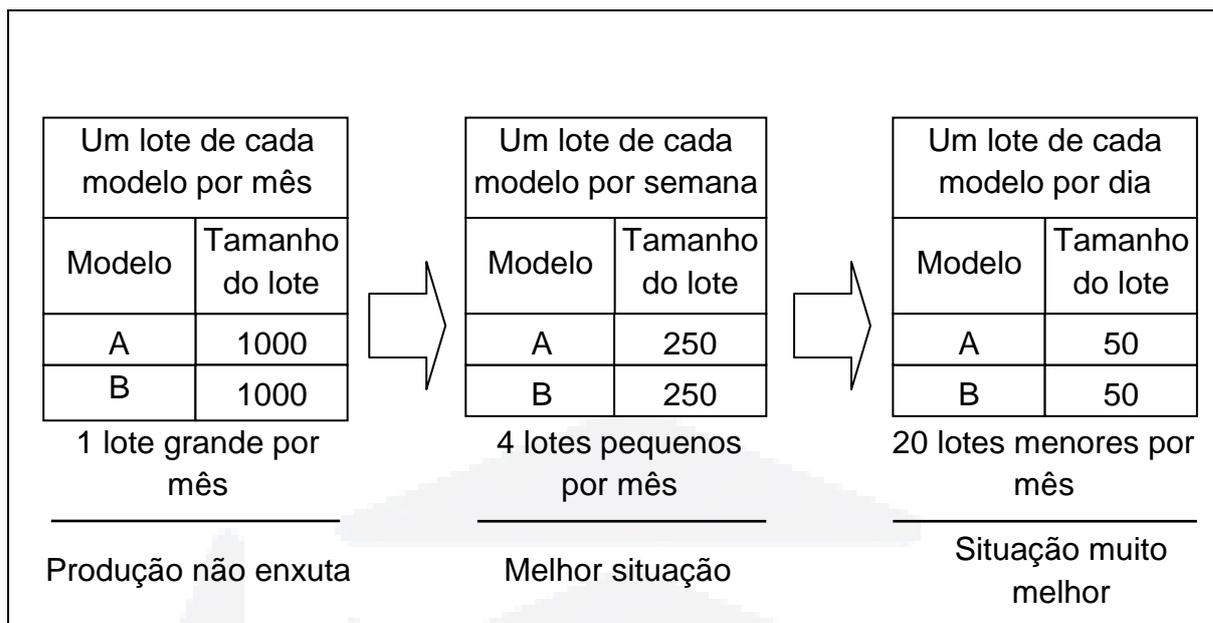


Figura 10 - Nivelamento da Produção.

Fonte: adaptado pelo autor de Miyake *apud* Barros (2005).

A produção de pequenos lotes tem a desvantagem de que, segundo Shingo (2000), assim que uma operação começa a atingir a maturidade de aprendizagem, a produção tem de mudar para a próxima.

## 2.4 Operações de *setup*

As operações de *setup* de uma máquina ou processo são geralmente complexas e, para compensar, opta-se por produzir grandes lotes. Se o lote for de apenas uma encomenda, a cadência de produção quase não diminui, porém, se for de diversas e de pequenas dimensões, o impacto será grande. A redução do tempo gasto em *setup* é condição necessária para diminuir o custo unitário de preparação (SHINGO, 2000).

Durante as operações de *setup*, segundo Lopes *et. al.* (2006), o processo não produz valor e aumenta o custo e o tempo, tornando-se um desperdício, e como tal deve ser eliminado. Porém, com *setups* mais rápidos, pode-se ter mais trocas reduzindo o tamanho dos lotes e, conseqüentemente, dos estoques, além de aumentar a flexibilidade.

### 2.4.1 Os tempos de *setup*

O *setup*, no entender de Moura (1996), pode ser definido como o conjunto de todas as tarefas necessárias desde o momento em que se tenha completado uma última peça do lote anterior até o momento em que, dentro de um padrão normal de produtividade, se tenha feito uma primeira peça do lote posterior. A Figura 11 mostra como pode ser identificado o tempo total de *setup* desde o momento em que cessa a produção do produto A, o tempo de duração da troca de ferramentas e a produção perdida durante a fase de ajustes do produto B até o momento que inicia a produção do novo produto com qualidade.

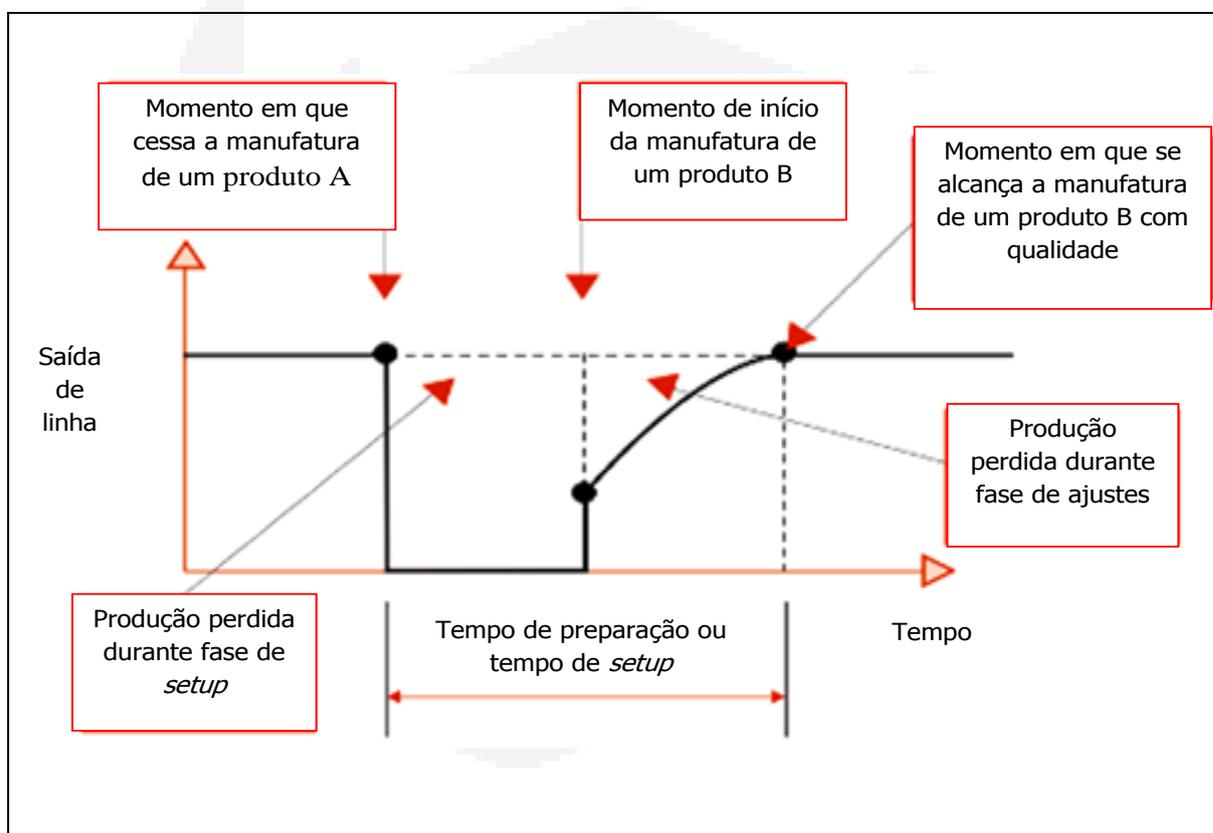


Figura 11 - Tempo de *setup*.

Fonte: adaptado pelo autor de Culley *et al.* apud Bacci (2005).

Conforme Alves (2006), atualmente a necessidade para baixos *setups* é maior do que anos ou décadas atrás, o que se dá pela necessidade das empresas em introduzirem a produção de pequenos lotes. O baixo tempo de *setup* é um dos pilares do sistema JIT e a sua diminuição, para resolver problemas de capacidade, tem um ganho facilmente calculado, que geralmente é a desnecessidade de comprar uma nova máquina.

### 2.4.2 Vantagens na redução do *setup*

A empresa moderna, diante de mercados mais exigentes, busca concentrar esforços na melhoria contínua dos seus processos. A redução dos tempos de preparação de máquinas e equipamentos torna-se imprescindível para a produção de pequenos lotes, a fim de atender as demandas de mercado e para o sucesso da estratégia (HARMON, 1991). Este autor destaca três razões que justificam a importância da redução dos custos de *setup* nas máquinas:

a) quando o custo de *setup* de máquina é muito alto, tem-se grandes lotes produzidos e investimentos elevados devido aos estoques. Porém, se o custo de *setup* é baixo, torna-se possível produzir lotes diários com eliminação do investimento em estoques;

b) com técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas reduzem-se as possibilidades de erros na regulagem de ferramentas e instrumentos, eliminando as inspeções;

c) técnicas de conversão rápidas aumentam a disponibilidade do equipamento, obtendo uma capacidade adicional da máquina.

Observa Mardegan (2006) que, com a redução dos tempos de *setup*, deixa de existir a necessidade de otimização do tamanho dos lotes. A adoção de um programa de TRF pode reduzir muito o tempo de preparação, o que possibilita a produção econômica em pequenos lotes, salienta Shingo (2000).

A Figura 12 demonstra a relação de causa e efeito do impacto da TRF na qualidade, na velocidade de entrega e nas margens de lucro da empresa. Assim há uma redução dos estoques e, conseqüentemente redução do *lead time*, possibilitando um aumento da velocidade de entrega e satisfação dos clientes e, como resultado, o aumento das margens de lucro.

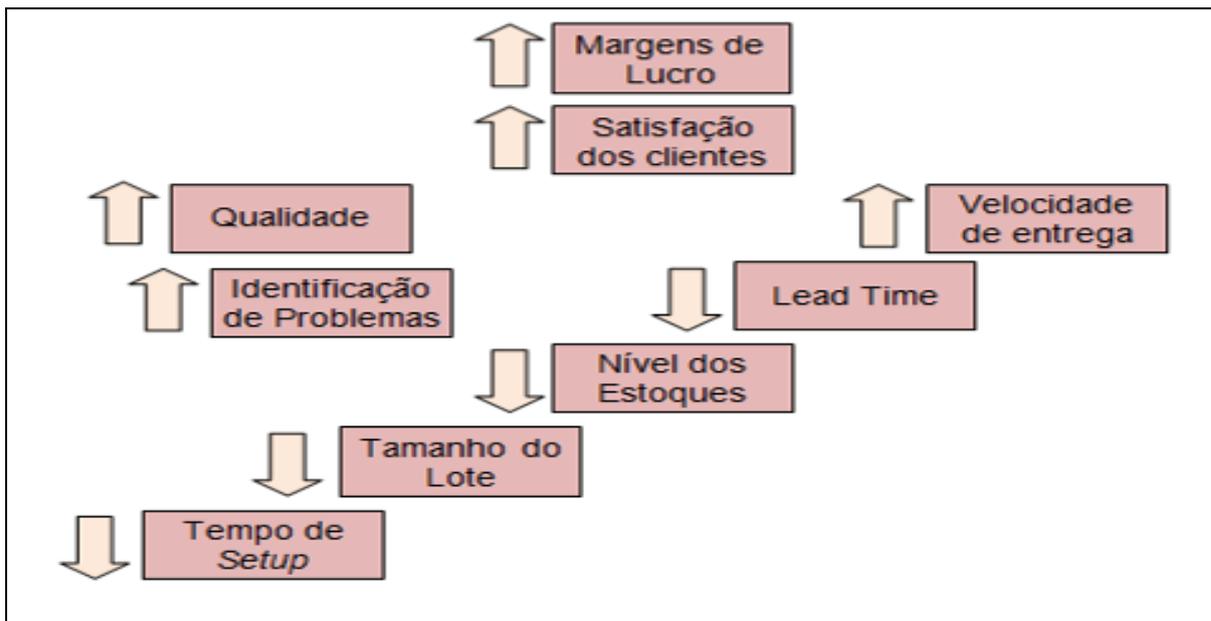


Figura 12 - Impacto da TRF na competitividade de uma empresa.

Fonte: adaptado pelo autor de Mardegan (2006).

Sendo assim, pode-se relacionar uma série de benefícios decorrentes da redução dos tempos de *setup* no sistema produtivo, conforme Mardegan (2006):

a) redução de estoques - há um ganho real de diminuição dos custos de manutenção dos estoques;

b) menores lotes de produção - aumenta a capacidade das empresas em atender as variabilidades da demanda;

c) redução do *lead-time* - resulta em menores custos de produção e agrega benefícios ao consumidor, pois aumenta a flexibilidade e a rapidez do sistema produtivo;

d) maior flexibilidade da produção - aumenta a capacidade em fornecer uma variedade maior de produtos com os mesmos equipamentos;

e) menor esforço do operador - com planejamento do trabalho podem-se melhorar as atividades ergonômicas;

f) maior qualidade - a organização e a padronização das atividades de preparação com uso de equipamentos adequados para ajustes minimizam os erros e reduzem os defeitos;

g) logística - melhorias nos prazos de entrega beneficiam toda a cadeia logística, desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o consumo final.

### 2.4.3 Operações de *setup*

Os tempos de *setup*, afirmam Slack *et al.* (1999), podem ser reduzidos por meio de uma variedade de métodos, como, por exemplo, eliminar o tempo necessário para a busca de ferramentas e equipamentos, a pré-preparação de tarefas que retardam as trocas e a constante prática de rotinas de *setup*.

No que se refere aos tipos de *setup*, explicam Shingo (2000) e Tubino (1997), que se tem:

- *setup* interno - é aquele em que as operações são executadas somente quando a máquina estiver parada, como fixação ou remoção de matrizes;
- *setup* externo - é aquele em que as operações são executadas quando a máquina estiver funcionando, como o transporte de matrizes.

Ainda segundo Shingo (2000) e Tubino (1997), as operações de *setup* compreendem uma sequência de passos em que a distribuição do tempo, nas preparações tradicionais, é tipicamente dividida em:

- a) preparação da matéria-prima, dispositivos de montagem, acessórios - este passo assegura que todos os componentes e ferramentas estejam onde deveriam estar e funcionando perfeitamente - 30%;
- b) fixação e remoção de matrizes e ferramentas - corresponde à remoção das ferramentas e fixação para o próximo lote - 5%;
- c) centragem e determinação das dimensões das ferramentas – refere-se às calibragens necessárias para realizar a operação de fabricação - 15%;
- d) processamentos iniciais e ajustes - esta etapa ocorre após o processamento de uma peça. Quanto maior a precisão das medições no passo anterior, mais fáceis serão os ajustes nesta fase - 50%.

Com o mercado globalizado e com a saturação de produtos, os preços passam a ser regulados pelo mercado. Assim, a redução dos custos internos de produção torna-se um diferencial, e diversas empresas se empenham na implantação de processos de transformação usando técnicas do STP. As técnicas utilizadas nesse sistema que visam à eliminação das perdas:

- *layout* e fabricação de peças em fluxo contínuo;
- operação-padrão;
- troca rápida de ferramentas – *Single minute Exchange of Die and Tool* (SMED);
- sincronização (*Kanban*);
- inspeção na fonte e *Poka-yoke*;
- engenharia e análise de valor

Sendo as características do Sistema Toyota os ciclos curtos, lotes pequenos com estoques mínimos, a chave para que se chegue ao sistema é a adoção da Troca Rápida de Ferramenta, para reduzir o tempo de *setup* e produzir em pequenos lotes, aponta Shingo (2000).

Das técnicas mencionadas, a Troca Rápida de Ferramentas merece aprofundamento dada a importância para o desenvolvimento deste trabalho.

#### 2.4.4 TRF

As técnicas de mudança rápida de ferramentas são desenvolvidas e aplicadas em muitas organizações industriais para dar resposta às pressões de mercado e melhorar as condições de *setup*. A metodologia de Shigeo Shingo é a principal referência quando se trata de redução dos tempos de *setup* de máquinas.

A referida metodologia, desenvolvida na década de setenta, ficou conhecida, conforme Shingo (2000), como *Single Minute Exchange of Die and Tool* ou troca de ferramentas em um tempo inferior a dez minutos. Na medida em que os resultados

da SMED começaram a se tornar uma realidade prática, foram desenvolvidas técnicas que permitiram a preparação de máquinas em tempos inferiores a um minuto, intitulada de *One-touch exchange of die method* - OTED – troca de ferramentas em um único toque.

No entender de Shingo (1996, 2000), a TRF pode ser descrita como uma metodologia para redução dos tempos de preparação de equipamentos, possibilitando a produção econômica de pequenos lotes, auxiliando a empresa a ter uma resposta rápida diante das mudanças do mercado com baixos investimentos no processo produtivo. Essa metodologia pode ser definida a partir de uma visão primeiramente estratégica, seguida de conceito e técnicas para minimizar as perdas decorrentes da troca de produto.

#### 2.4.5 Estágios conceituais

Shingo (1996) afirma que o ponto-chave do Sistema Toyota de Produção é o método *just-in-time* e que este não teria sido desenvolvido se a TRF não existisse. Para esse autor, ela começa primeiramente no ambiente estratégico, e somente depois entram em cena o desenvolvimento e aplicações dos conceitos com o intuito de implantar seus conceitos e técnicas.

A metodologia proposta por Shingo considera que, no estágio preliminar, não se distinguem as condições de *setup* interno (que ocorrem com a máquina parada) e externo (que ocorrem com a máquina em operação) e analisa a operação de *setup* com a participação dos operadores e técnicos envolvidos. No próximo estágio (1), que é considerado o mais importante na implantação, ocorre a distinção entre o *setup* interno e o externo. No estágio (2) ocorre a análise da operação de *setup*, verificando a possibilidade de converter o *setup* interno em externo. No estágio (3) é feita a análise de cada ação das operações de *setup*, buscando sua racionalização por meio da eliminação de ajustes e operações do *setup*.

O processo de melhoria no tempo de troca de ferramentas, proposto por Shingo (1996), é constituído de quatro estágios, conforme Figura 13:

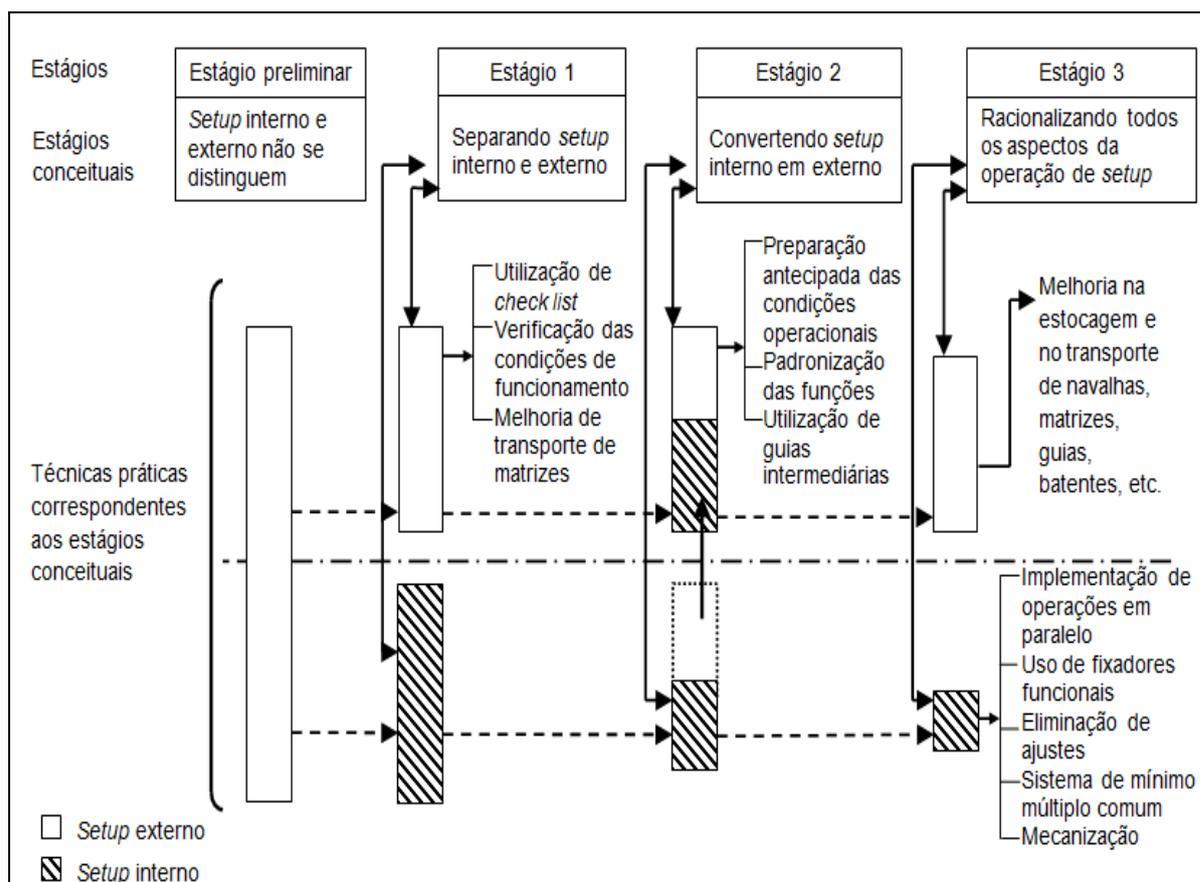


Figura 13 - A TRF: estágios conceituais e técnicas de operacionalização.

Fonte: adaptado pelo autor de Shingo (2000, p. 98).

#### 2.4.6 Técnicas para aplicação da TRF

As oito principais técnicas, descritas por Shingo (1996), para reduzir os tempos de *setup* e a aplicação dos estágios conceituais da TRF, serão descritas abaixo e podem ser melhor visualizadas no fluxograma da Figura 14:

Técnica 1 – separação de operações de *setup* internos e externos: nesta fase ocorre a identificação das operações que devem ser executadas com a máquina parada (*setup* interno) e quais podem ser executadas com a máquina funcionando (*setup* externo). De acordo com Shingo (1996), nesta fase de separação e organização das operações, o tempo de *setup* interno (período em que a máquina fica parada) pode ser reduzido de 30 a 50%;

Técnica 2 – converter *setup* interno em externo: uma vez separados os *setups* internos e externos é preciso padronizar e preparar todas as atividades que podem ser executadas como *setup* externo antes de a máquina parar. Este princípio é

o mais importante da troca rápida de ferramentas para se atingir tempos de preparação inferiores a 10 minutos;

Técnica 3 - padronizar a função, não a forma: padronizar a função significa igualar as dimensões das peças necessárias para a operação de troca, como por exemplo, adicionando uma placa ou bloco na fixação das matrizes ou a utilização dos mesmos tipos de grampos. A padronização da forma, adequando todas as matrizes ao maior tamanho, aumenta os custos por serem usadas matrizes com dimensões maiores desnecessariamente;

Técnica 4 – utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos: os métodos de fixação de peças devem ser de fácil encaixe ou de encaixe único, pois os tempos perdidos com esses mecanismos de fixação podem ser muito grandes. Um exemplo é o número de fios de rosca dos parafusos que faz com que ocorram movimentos supérfluos;

Técnica 5 – usar dispositivos intermediários: enquanto há operação da máquina, o operador prepara a próxima peça a ser fabricada usando dispositivos padronizados;

Técnica 6 – adotar operações paralelas: o uso de operações paralelas pode ser feito com a participação de mais de um operador que executam tarefas simultaneamente, reduzindo o tempo pela metade dos movimentos de deslocamento em torno da máquina. Mesmo trabalhadores não qualificados podem auxiliar nessas operações; porém muitos gerentes rejeitam esta ideia, erroneamente, por não poderem disponibilizar de um trabalhador a mais;

Técnica 7 – eliminar ajustes: o melhor tipo de ajuste é não existir ajuste, ou seja, tornar desnecessários os ajustes e as calibragens para trocas. Ajustes e testes pilotos são responsáveis por 50 a 70% dos tempos de trocas. Os ajustes podem ser eliminados se forem utilizados padrões para determinar a precisão requerida, como, por exemplo, o uso de réguas graduadas e de relógios comparadores;

Técnica 8 – mecanização: fazer com que as operações de troca sejam automáticas reduz o custo da troca, porém é necessário investimento inicial. A mecanização deve ser realizada após todas as outras técnicas de TRF serem

executadas. Mecanizar uma operação de *setup* ineficiente irá apenas remediar as falhas básicas de um processo, sendo mais efetivo mecanizar *setups* que já foram racionalizados.

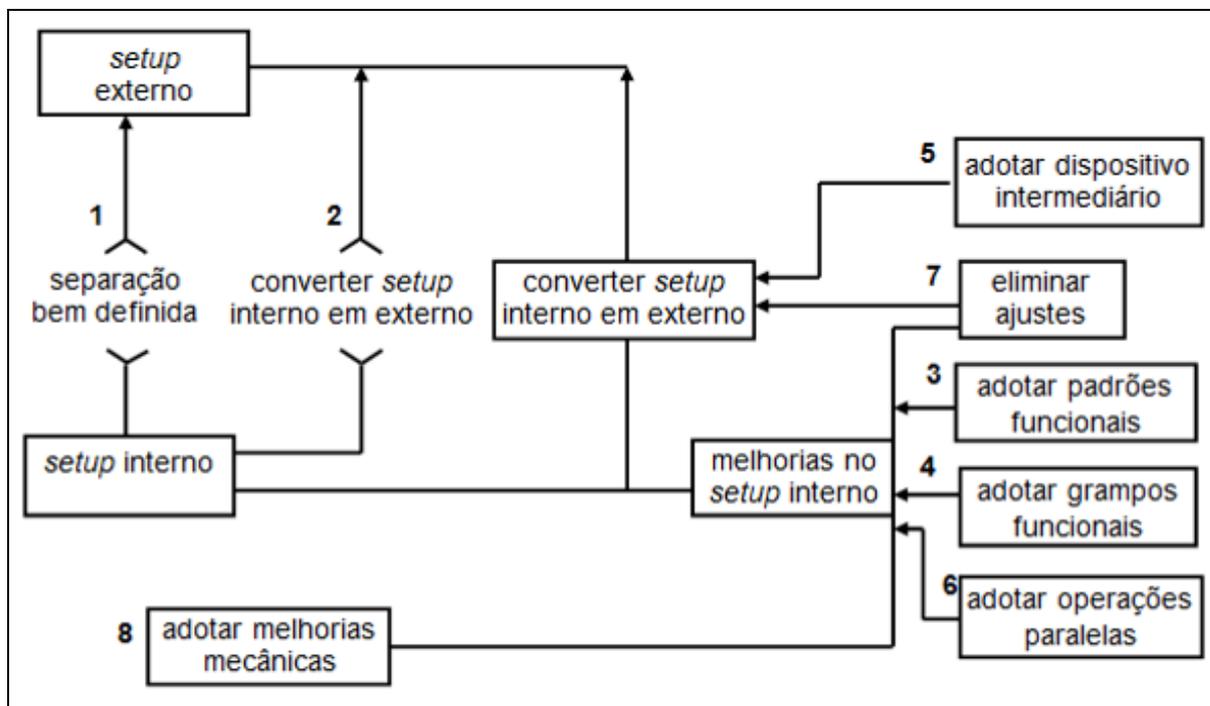


Figura 14 - Fluxograma para aplicação das oito técnicas da TRF.  
Fonte: adaptado pelo autor de Shingo (1996, p. 88).

#### 2.4.7 Análise da definição do SMED

Sobre a definição citada por Shingo (2000) de que a troca rápida de ferramentas é uma abordagem científica para a redução do *setup* e que pode ser aplicada em qualquer fábrica ou equipamento, Sugai *et al.* (2007) observam que são necessários alguns cuidados quanto ao adjetivo 'científico', pois em nenhum momento os dados apresentados no livro receberam um devido tratamento estatístico, ficando uma dúvida de como Shingo chegou aos resultados apresentados.

Segundo McIntosh *et al. apud* Sugai *et al.* (2007), a troca rápida de ferramentas pode ser definida como um conceito no qual a busca pela redução dos tempos ocorre com a aplicação dos estágios conceituais e melhorias nos processos e equipamentos, sendo que certas técnicas serão enfatizadas em detrimento de outras e alguns estágios não serão utilizados na seqüência prescrita.

## 2.5 Cronoanálise

Barnes *et al.* (1977) explica que o estudo dos tempos e movimentos é o estudo dos sistemas de trabalho com os objetivos de desenvolver o melhor método, padronizar o sistema escolhido, determinar os tempos de operações em ritmo normal, orientar e treinar.

A cronoanálise é normalmente aplicada em indústrias, porém seus princípios são universais e podem também ser aplicados em outros setores onde haja necessidade da determinação de um trabalho padronizado (TOLEDO, 2004). Seus objetivos compõem-se principalmente em:

- a) eliminar operação desnecessária;
- b) padronizar através de medições científicas a execução de um trabalho;
- c) reduzir o custo de produção;
- d) aprimorar e padronizar os métodos;
- e) definir o tempo padrão para execução de uma tarefa;
- f) controle e coordenação da produtividade;
- g) análise das condições ergonômicas do trabalho.

A finalidade da cronometragem, segundo Barnes *et al.* (1977), é a determinação dos tempos através de levantamentos cronométricos, por meio dos quais se determina a quantidade de tempo necessária para executar uma operação, medindo o tempo de trabalho gasto em suas operações elementares. No entanto, a simples leitura de valores em um relógio não é suficiente para obter uma medição do tempo de trabalho. Outros fatores e condições influenciam na determinação do tempo que deverá ser considerado como tempo padrão. São três as regras básicas, ainda segundo o mesmo autor, na cronometragem: a) para se obter leitura exata do cronômetro deve haver uma separação clara entre os elementos; b) os tempos de máquina devem ser separados sempre dos tempos de todos os demais elementos; c) os elementos com freqüência constante devem ser separados dos elementos esporádicos.

## 3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve os métodos utilizados para atingir os objetivos da pesquisa, as pessoas envolvidas, o local, a coleta dos dados e o modo como os dados serão analisados. Gil (2006) considera o método como sendo um alicerce para a boa fundamentação no processo de investigação científica, possibilitando ao investigador atingir maior grau e certeza em suas investigações.

### 3.1 Tipo de pesquisa

Com relação à forma de abordagem do problema, esta pesquisa é definida como sendo qualitativa, pois enfatiza o processo e seu significado. A pesquisa qualitativa busca o que é comum, contudo aceita também a individualidade e os significados múltiplos, em vez de transformá-los em uma média estatística, sendo o ambiente natural a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador o instrumento-chave que analisa os dados de forma indutiva (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Em um segundo momento a pesquisa pode ser considerada como quantitativa. Segundo Gil (2006), a pesquisa quantitativa se preocupa em medir (quantidade, frequência e intensidade) e analisar as relações causais entre as variáveis, utilizando-se de uma amostra representativa do universo pesquisado.

### 3.1.1 Quanto aos fins

Quanto aos fins esta pesquisa pode ser considerada exploratória. A pesquisa exploratória busca o estudo de determinado fenômeno por meio de levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2006).

Este estudo também contempla a pesquisa bibliográfica, a qual, segundo Lakatos e Marconi (2003), abrange toda bibliografia disponível referente ao tema de estudo. Seu objetivo fundamental é descrever ou caracterizar a natureza das variáveis analisadas para se obter uma maior compreensão do tema abordado.

Em um primeiro momento esta pesquisa valeu-se de levantamento bibliográfico em livros, teses, dissertações e internet, visando a uma reflexão mais aprofundada e ampliação do conhecimento sobre o tema escolhido.

### 3.1.2 Quanto aos meios

Quanto aos meios, este trabalho pode ser considerado um estudo de caso, que visa a examinar um fenômeno dentro de um contexto e, segundo Vergara (1998), necessita de uma teoria bem fundamentada para orientar a investigação e melhor compreender o problema, tendo por objetivo retratar a realidade de forma completa e profunda.

Yin (2005) assinala que o estudo de caso é utilizado como estratégia de pesquisa quando o pesquisador detém íntimo comando acerca dos acontecimentos e quando o alvo de estudo pertence ao cotidiano. Este tipo de estudo, segundo esse autor, exige do pesquisador grande equilíbrio intelectual e capacidade de observação, também chamado de olho clínico. Envolve o estudo profundo e exaustivo, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Para entender esse objetivo, Gil (2006) descreve quatro fases que mostram o delineamento de um estudo de caso: (i) delimitação do estudo-caso; (ii) coleta de dados; (iii) seleção, análise e interpretação dos dados; e (iv) elaboração do relatório.

Nesta pesquisa foi utilizado o estudo de caso devido à grande capacidade deste método de levantar informações e propostas, analisando o universo dentro de seu contexto real e devido à proximidade do pesquisador com o meio estudado.

### 3.2 Local do estudo

O estudo foi realizado na empresa Brasilata S/A Embalagens Metálicas, situada em Estrela – RS, em uma linha de produção de embalagem metálica. O pesquisador, funcionário da empresa na qual foi realizado o trabalho, atua no setor de produção desenvolvendo atividades de controle do processo produtivo. Sendo assim, o autor tem acesso aos dados e apoio da empresa para propor melhorias aos processos. Durante toda a elaboração do trabalho, o pesquisador coordenou as atividades de levantamento de dados e análise do tempo de *setup* na linha de produção, auxiliando na busca pelas soluções mais viáveis a serem implantadas.

### 3.3 Coleta de dados

Nesta etapa da pesquisa inicia, a partir de técnicas selecionadas, a coleta dos dados previstos. Gil (2006) afirma que, em termos de coleta de dados, o estudo de caso é o mais completo de todos os delineamentos, pois utiliza tanto dados de gente quanto dados de papel. Para a realização deste trabalho, foram coletados dados primários, que, segundo Roesch (1999), são aqueles coletados pelo pesquisador, e dados secundários, que são os já existentes na forma de arquivos, banco de dados, índices e relatórios.

A principal forma de coletar dados foi realizada por meio da pesquisa bibliográfica, da observação *in loco* na empresa dos procedimentos e atividades necessárias à mudança de processo e cronometragem dos tempos. A observação possui a vantagem de que o observador não precisa ser treinado e também pelo fato de que pode ser realizada por um longo período de tempo (ROESCH, 1999).

A análise de documentos internos da empresa foi outra forma de coletar dados para contribuir com os objetivos do estudo. A coleta de dados foi realizada pelo autor. Para o levantamento dos dados sobre os tempos e movimentos do

processo, foram utilizados um cronômetro e planilha para listar todos os dados para a pesquisa. Os sujeitos da pesquisa foram o autor e colaboradores que atuam na área de PCP e produção.

### **3.4 Tratamento dos dados**

O pesquisador, após a etapa de coleta de dados em uma pesquisa, fica frente a frente com uma diversidade de dados que precisam ser organizados e interpretados. Segundo Lakatos e Marconi (2003), o passo seguinte à coleta de dados é: (i) a seleção (exame minucioso a fim de detectar falhas ou erros), (ii) codificação (técnica operacional para codificar os dados que se relacionam); e (iii) tabulação (disposição dos dados em tabelas nas quais poderão ser melhor compreendidos e interpretados mais rapidamente).

A partir do entendimento do fenômeno as conclusões foram comparadas com a teoria na tentativa de enquadrar os resultados na literatura e todas as atividades anteriores sintetizadas em um relatório de pesquisa em que os resultados poderão ser analisados para a apresentação da proposta de melhorias para redução dos *setups*.

### **3.5 Limitações dos métodos**

O método escolhido apresenta algumas dificuldades e limitações quanto à pesquisa, à coleta e interpretação dos dados. A principal dificuldade consiste em a tarefa de pesquisa ser extremamente trabalhosa e individual, além de requerer grande quantidade de tempo. Quanto ao tratamento dos dados, uma limitação é quanto à confiabilidade absoluta dos dados da pesquisa, pois cada indivíduo possui habilidades diferentes na execução das atividades e a presença do pesquisador, segundo Gil (2006), pode provocar alterações no comportamento dos observados. Além disso, conforme o mesmo autor, o grande problema é a falsa sensação de certeza que o pesquisador pode ter sobre suas conclusões.

Outra limitação, no estudo, pode ser o tempo hábil para se implantar e comprovar as ações de melhorias nas operações.

## 4 ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso foi realizado em uma empresa que atua no ramo de embalagens metálicas. Definiu-se como objeto da pesquisa uma das linhas de produção de embalagens que, por produzir pequenos lotes de produtos, dificulta o planejamento da produção e o atendimento aos clientes. Uma das dificuldades deste planejamento é programar embalagens de diferentes alturas sem que haja a necessidade de *setup* dentro do turno de trabalho. A produção de pequenos lotes ocorre devido à estratégia da empresa de produzir seus produtos na quantidade e no momento solicitado pelo cliente, com estoques de produto acabado reduzidos.

Este capítulo apresenta a empresa onde foi desenvolvido este estudo de caso, bem como as diversas etapas de produção da linha de montagem em questão. São descritos também os tempos decorrentes nas operações de troca e proposta de melhorias na linha, para que se atinja a redução do *setup* para um dígito, baseada nos estágios conceituais da metodologia para a redução dos tempos de *setup* propostas por Shingo (2000).

### 4.1 A Empresa

A empresa Brasilata S/A Embalagens Metálicas pertence ao setor metalúrgico, fabricante de embalagens metálicas (recipiente metálico utilizado para acondicionar produtos), atendendo aos mercados de embalagens para produtos alimentícios (leite em pó, óleos comestíveis), produtos químicos (tintas, solventes,

colas, lubrificantes). Também atende toda a linha de produtos para *spray* nas embalagens de aerossóis (tipo de embalagem com as características adequadas de resistência para suportar altas pressões em seu interior) e embalagens para exportação utilizadas para embalar produtos químicos. A Brasilata é uma empresa de capital nacional, empregando aproximadamente mil funcionários em suas três unidades fabris, localizadas em São Paulo – SP, Estrela – RS e Rio Verde – GO.

A empresa adota um sistema de gestão com as seguintes características: administração participativa; melhoria contínua e aprendizado coletivo. Mantém uma relação de longo prazo com seus funcionários, mesmo diante de crises. Possui um programa formal de sugestões de ideias, denominado Projeto Simplificação. Esse modelo de gestão é a base dos seus processos de inovação em produtos e processos e tem feito com que ela ganhe a maioria dos prêmios conferidos as empresas do setor.

#### **4.1.1 Histórico da empresa**

Sua fundação ocorreu em São Paulo no ano de 1955 sob o nome de Indústria e Comércio de Estamparia Brasung Ltda., que produzia tampinhas de folhas de flandres para embalagens de cosméticos. Três anos depois a empresa tornou-se uma sociedade anônima e passou a fabricar latas para biscoitos e eletrodos.

Em 1965, a compra da Estampabrás significou a inclusão do seu departamento litográfico, com sedes em São Paulo, e o início da produção de latas para tintas e produtos químicos. Naquele mesmo ano, sua razão social foi alterada, surgindo pela primeira vez o nome Brasilata. Em 1967, sua denominação foi alterada para Cia. Brasileira de Embalagens Metálicas Brasilata. Na época iniciou a produção de latas para tintas e produtos químicos. Em 1976, a Brasilata incorporou a Metalúrgica Brasilina S/A, tradicional fabricante de latas para tintas e produtos químicos, visando, principalmente, ao aumento de sua participação no mercado. Tal incorporação efetiva-se em 1977, quando ocorreu a alteração da denominação para Brasilata S/A Embalagens Metálicas.

No início dos anos 80, a Brasilata diversificou-se geograficamente, adquirindo as instalações da empresa gaúcha Killing Reichert S/A Metalgráfica, tradicional empresa do ramo no estado, em Lajeado/RS. Esse investimento estratégico significou também a ampliação de sua linha de produtos, com a introdução dos baldes cônicos e cilíndricos.

Em 1981 foi criada a Divisão Sul, ocorrendo a mudança das instalações industriais adquiridas da empresa Killing Reichert S/A Metalúrgica para a cidade de Estrela, no estado do Rio Grande do Sul. A constituição da Divisão Sul representou importante estratégia de diversificação de mercado, não só em termos geográficos, como também de produtos. Em 1990 essa unidade passa por uma ampliação visando principalmente à exportação de parte da produção para os vizinhos Uruguai e Argentina.

No ano de 1992, implantou a sua terceira unidade fabril, em Rio Verde – GO, para atender à demanda de embalagens para óleo comestível, em face do crescimento da produção de soja e sua industrialização no Centro-Oeste. Em 1994 instalou-se em prédio próprio, voltada para a produção de latas para produtos alimentícios acompanhando a tendência de descentralização da indústria em regiões agro produtoras, operando dentro dos conceitos de Boas Práticas de Fabricação (BPF). Em 1999 amplia mais uma vez a unidade fabril de Estrela - RS, passando de 6.900 para 16.100 metros quadrados. No mesmo ano adquiriu as linhas de aerossóis da *Crown Cork*, instalando-as nesta unidade e aumentando ainda mais seu leque de produtos.

#### **4.1.2 Etapas do estudo**

A aplicação do sistema acontece cumprindo os seguintes estágios: preparatória, no qual se descrevem o produto, o processo e a operação a serem abordados; operacional, no qual é feita uma análise detalhada de aspectos teóricos e práticos que envolvem as operações de *setup*, levantando seus respectivos tempos e registrando-os; e o estágio de comprovação, que consiste na consolidação dos conceitos e técnicas utilizados na implantação da TRF, validando-se os resultados do trabalho por meio de redimensionamento dos novos tempos.

A revisão bibliográfica e a experiência do pesquisador nos processos de produção formaram a base para a escolha de quais etapas seriam adequadas na aplicação dos estágios e técnicas para a redução dos tempos de *setup*. A empresa possui uma cultura de sugestões de ideias de melhorias que facilita a busca de soluções. A fim de organizar e criar uma lógica, foi criado o fluxograma (FIGURA 15), adaptado dos estágios conceituais de Shingo (2000), com as etapas de análise de melhorias de troca dos equipamentos na linha definida como objeto de estudo deste trabalho.

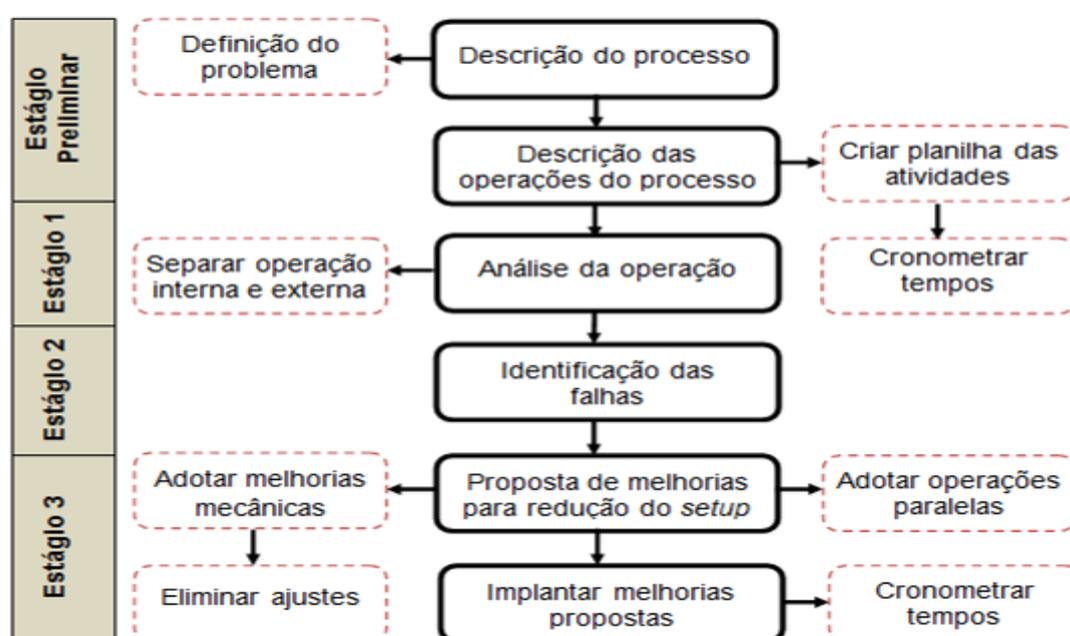


Figura 15 - Fluxograma das etapas do estudo.  
Fonte: adaptado pelo autor dos estágios de Shingo (2000).

O estudo proposto inicia com a descrição do processo de montagem das embalagens, a fim de se conhecer o problema como um todo. Na segunda etapa são descritas as operações de troca dos equipamentos, tendo-se o cuidado de analisar cada atividade separadamente em planilha para apontamento dos tempos. Na etapa de análise procura-se separar operações internas e externas. A etapa de identificação das falhas ocorre com o acompanhamento das operações e atividades executadas. Já na etapa da proposta de melhorias, correspondente ao estágio 3, ocorre a busca por melhorias de cada operação básica das operações de acordo com algumas técnicas citadas no item 2.4.6, eliminando ajustes desnecessários e adotando operações paralelas na redução dos tempos. Por fim, realizam-se a implantação de melhorias e o acompanhamento dos tempos.

## 4.2 Descrição do processo

A linha de montagem a ser analisada faz parte de um processo maior dentro da empresa. Para melhor entendimento, serão relatadas a seguir as diversas etapas de recebimento dos pedidos e programação da linha em questão.

### 4.2.1 Análise dos pedidos

Os pedidos de embalagens dos clientes chegam, em sua maioria, por e-mail e, alguns, por fax. Conforme norma da empresa, para que os pedidos possam ser analisados, eles devem seguir certos procedimentos, a saber:

- o setor de vendas recebe o pedido, realizando o enquadramento deste com relação à altura, diâmetro, tipo de litografia (processo de impressão do rótulo do cliente sobre a chapa metálica) e necessidade de envernizamento interno (embalagens que possuem uma camada interna de verniz para produtos à base de água);

- internamente os setores de vendas e planejamento e controle da produção (PCP) alimentam uma planilha em Excel, informando todos os itens necessários à análise do pedido, tais como a quantidade de embalagens a ser produzida, altura, diâmetro, tipo de litografia, necessidade ou não de envernizamento interno e o prazo de entrega solicitado pelo cliente. Após a inserção dos dados na planilha, o programador faz a análise e informa se é possível atender ao pedido dentro do prazo solicitado;

- ao cliente é dado retorno por e-mail ou telefone sobre a possibilidade de atendê-lo no prazo solicitado ou não, estimando, neste caso, qual a provável data de entrega do pedido.

Todo o processo de análise de pedido feito pela equipe de atendimento sul (EAS) tem por objetivo atender o cliente na data e quantidade acordadas. A Figura 16 mostra o fluxograma de análise crítica dos pedidos desde o recebimento do pedido até o momento em que é registrado no sistema e programado na produção.

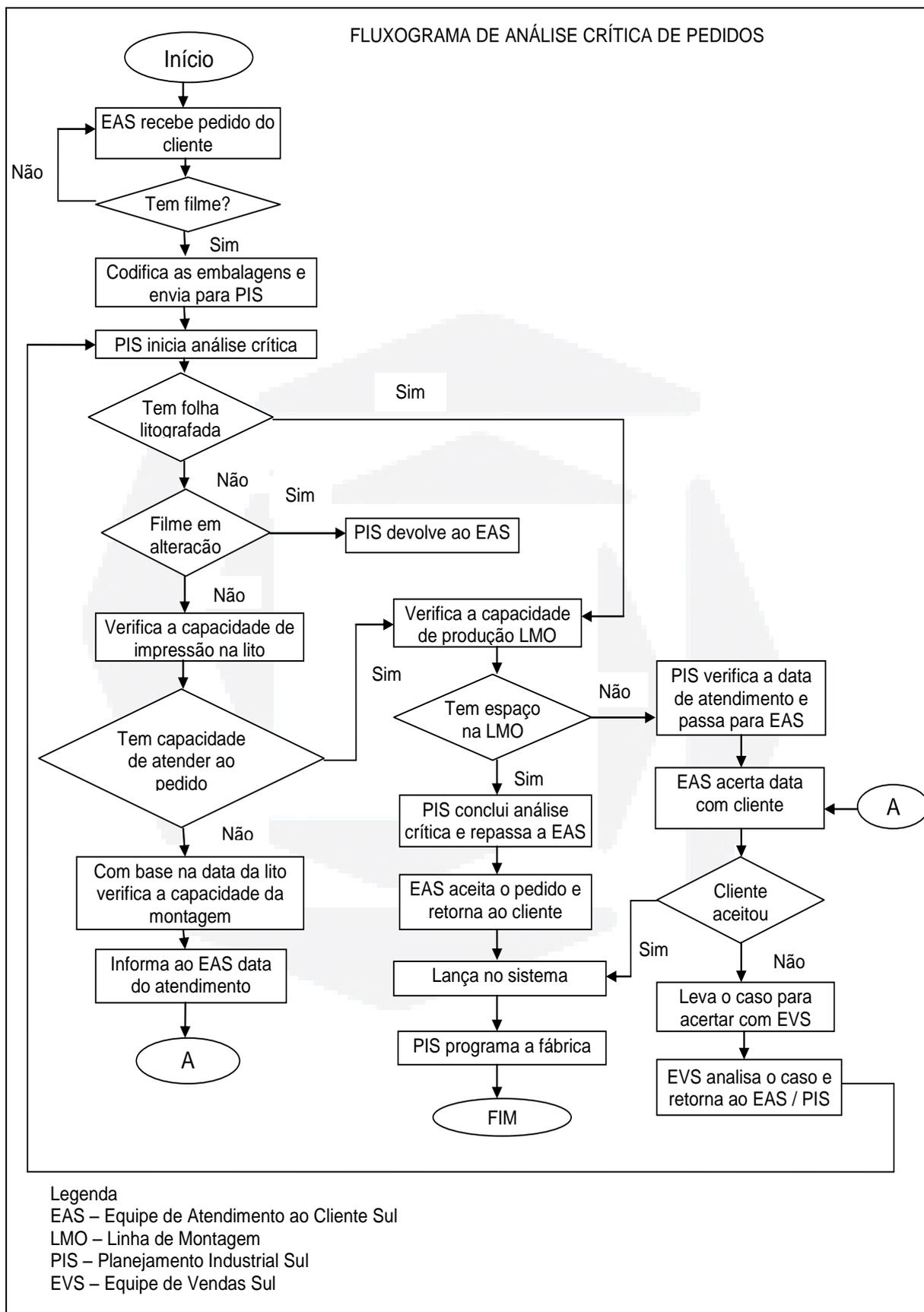


Figura 16 - Fluxograma de análise crítica de pedidos.

Fonte: empresa.

#### 4.2.2 Programação e controle da produção

A programação da linha em questão é realizada a partir da confirmação, por parte do cliente, da data de entrega. O PCP busca a informação na planilha de Análise Crítica e com base nessas informações é iniciado um processo de análise do pedido, verificando a disponibilidade de materiais. Se não houver folhas litografadas disponíveis, é encaminhada uma solicitação para o PCP do setor de litografia da data de entrega de determinado rótulo desejado pelo cliente, com a quantidade e prazo para o início da montagem.

Após receber o retorno da data de entrega da litografia, é realizado um processo de simulação em uma planilha de programação de linhas de montagem. Nesta planilha é possível fazer simulação da capacidade de produção. Nela já constam os demais pedidos colocados e então são acrescentados os novos para se verificar quando será possível produzir o pedido. Para análise e simulação, leva-se em conta uma capacidade de 85% do padrão de produção da linha.

Para atender um pedido, o programador tem a flexibilidade de programar um mix de linhas de acordo com o número de pessoas disponíveis, necessidade de atendimento por data e materiais disponíveis para realizar a montagem. Somente é permitida a programação da linha se esta atender a 80% da capacidade. O padrão de produção da linha é de 8.400 baldes por turno trabalhado. Essa linha pode ser programada em até dois turnos, dependendo da necessidade determinada pelo PCP em atender a demanda dos pedidos.

Cada turno corresponde a sete horas e trinta minutos trabalhados. Ao final do expediente, são apresentados relatórios de produção das linhas com as quantidades produzidas de cada pedido, para que o PCP registre no sistema e desconte o que foi produzido, mantendo assim a planilha atualizada, facilitando a inclusão de novos pedidos.

Segundo procedimento de montagem estipulado pela empresa, a perda decorrente do tempo de *setup* realizado na linha não é descontado da eficiência, forçando assim a busca por redução dos tempos de paradas dos equipamentos e melhorias nos processos.

Na medida do possível evitam-se a programação de diferentes alturas e mudanças na linha, porém com lotes e prazos de entrega menores acabam ocorrendo trocas durante o turno.

#### 4.2.3 Produção mensal de embalagens

A Tabela 1 mostra as quantidades de embalagens de balde programadas e produzidas nos meses de outubro a março de 2011. Apresenta também um percentual do número de *setups* realizados comparados com a quantidade de turnos programados nesses meses e o percentual de *setups* realizados comparados com o número de dias programados nos referidos meses.

Tabela 1 - Produção mensal de embalagens

Mês	Programado	Produzido	Eficiência	Dias	Turnos	Parada p/ <i>setup</i>	% de <i>setup</i> / turnos	% de <i>setup</i> / dias
<b>Out.</b>	291.760	233.384	79,99%	24	35	14	40,00%	58,33%
<b>Nov.</b>	284.480	237.717	83,56%	24	35	12	34,29%	50,00%
<b>Dez.</b>	201.880	169.199	83,81%	22	27	11	40,74%	50,00%
<b>Jan.</b>	242.480	164.499	67,84%	22	31	15	48,39%	68,18%
<b>Fev.</b>	222.040	179.419	80,80%	21	27	11	40,74%	52,38%
<b>Mar.</b>	259.000	208.522	80,51%	20	31	13	41,94%	65,00%

Fonte: elaborado pelo autor.

Na tabela observa-se que, nos últimos seis meses, foram realizadas trocas no processo para atendimento de pedidos colocados. Por exemplo, no mês de março foram programados 31 turnos em 20 dias com eficiência de 80,51%, havendo em 13 turnos paradas no processo para *setup*. O número de paradas para *setup* corresponde a apenas uma parada por turno. No mês de janeiro, devido à baixa eficiência, segundo dados levantados, foram necessários mais turnos programados, ocorrendo um aumento no percentual de trocas em relação aos dias e turnos programados.

#### 4.2.4 Delimitação do processo de montagem

O processo de produção como um todo inicia com o recebimento da matéria-prima. Após análise dos pedidos recebidos e aceitos pela EAS, as folhas metálicas

são impressas no setor de litografia e armazenadas em prateleiras aguardando serem retiradas pelo setor de montagem.

Ao serem requisitadas pela montagem, as folhas são encaminhadas para as tesouras de corte, onde são refiladas (processo no qual as folhas são recortadas nas dimensões especificadas para a produção da embalagem). O processo de fabricação de embalagem da linha em questão é composto por diversas etapas de conformação da folha metálica, até que se obtenha o produto final e posterior armazenagem deste no estoque.

O sequenciamento de montagem dos pedidos consta em uma planilha disponibilizada para a produção, que deve ser respeitado pelo setor de montagem. Conforme procedimento interno, o sequenciamento não pode ser alterado sem consentimento do PCP.

A Figura 17 mostra o *layout* da linha analisada e a sequencia das operações de montagem. O processo inicia com o corte de folhas na tesoura, passando pela solda e demais operações até a operação de empilhamento das embalagens montadas.

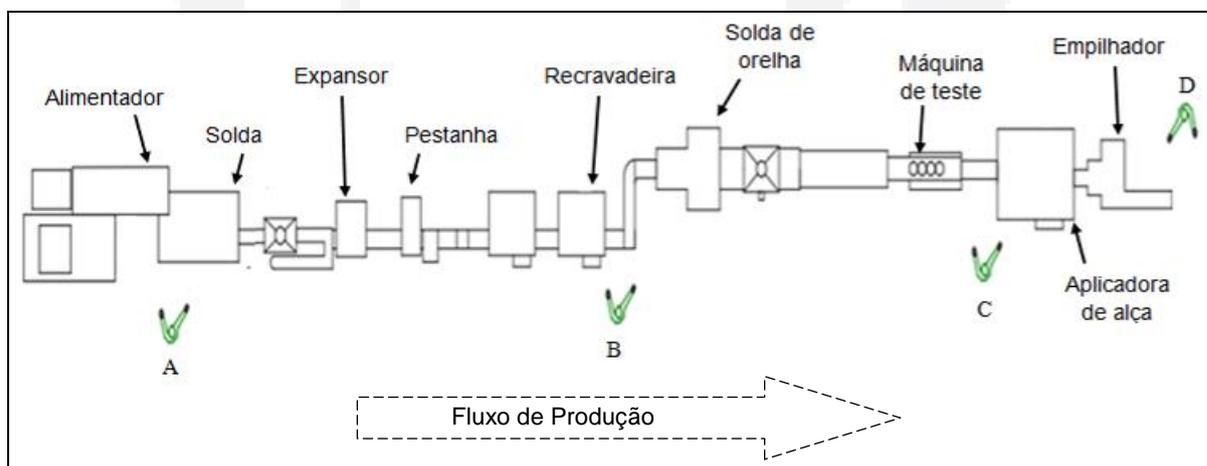


Figura 17 - *Layout* da linha.  
Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.2.5 Procedimentos de *setups*

O processo de montagem de embalagens na empresa é constituído por 15 linhas de produção. Os processos de *setup* são realizados em 60% delas, ou seja, nove linhas necessitam de mudanças para que sejam produzidas as diversas

embalagens que constam na carteira de pedidos. Dessa forma se justifica a necessidade de maior atenção em formalizar procedimentos de trocas. Apesar das atividades de *setup* ser auxiliar nos processos, o cliente final não aceita pagar seus custos nem esperar pelo tempo despendido nos mesmos.

No momento em que o setor de montagem termina de montar um tipo de altura de embalagem nesta linha e o próximo tipo de embalagem é de uma altura diferente, automaticamente inicia-se o processo de *setup*. Este é feito pelo mecânico com auxílio de operadores que trabalham nesta linha de produção.

No Gráfico 1 observa-se a quantidade de *setups* realizados em relação ao número de dias programados entre os meses de outubro de 2010 e março de 2011, na linha em questão. Conforme comentado no item 1.3, os *setups* são necessários para atendimento dos pedidos sem que haja a produção de pedidos antecipados e o aumento de estoques.

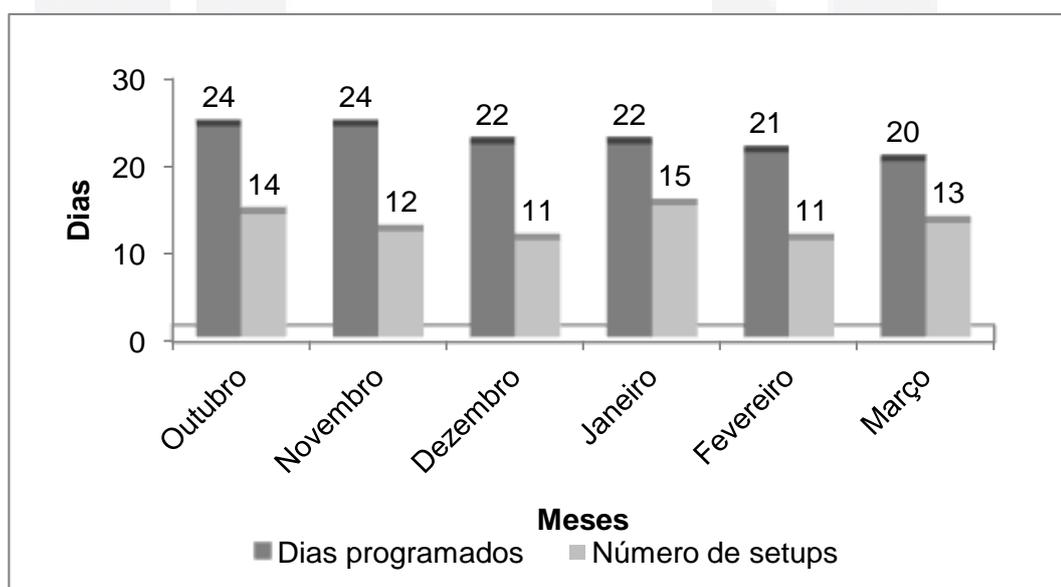


Gráfico 1 - Comparativo entre dias programados x nº de *setups*.  
Fonte: empresa.

No gráfico pode ser observado o número de *setups* comparados com o número de dias programados. Ao tomar-se como média 22 dias programados e média de número de *setups* como sendo 13 trocas realizadas, pode-se concluir que em 57% dos dias programados foram necessárias trocas nos equipamentos. A empresa não possui um procedimento formalizado para a realização do *setup* e nenhum histórico mostrando os tempos de troca, bem como o tempo de *try out* (o

tempo em que a linha demora para voltar ao ritmo normal após *setup*). Dessa forma, não há um controle dos seus tempos de execução. É importante assinalar que esses números são úteis no momento de se determinar a capacidade de produção e o atendimento ao cliente. Quando acontece a troca ou há a necessidade de se produzir no mesmo turno, o tempo gasto para a realização do *setup* e o do *try out* representam perda de produção.

#### 4.2.6 Tempos de *setups* atuais

Neste estudo entende-se por *setup* os ajustes necessários nas diversas máquinas que compõem a linha de produção. Para melhor entendimento foram cronometradas, por um período de 30 dias, as operações de troca dos equipamentos da linha. Conforme Gráfico 2, foi constatado que a média dos tempos de troca da linha entre o início da troca e o momento em que a primeira embalagem, dentro das especificações de qualidade, chega ao empilhador é de 14 minutos e 49 segundos.

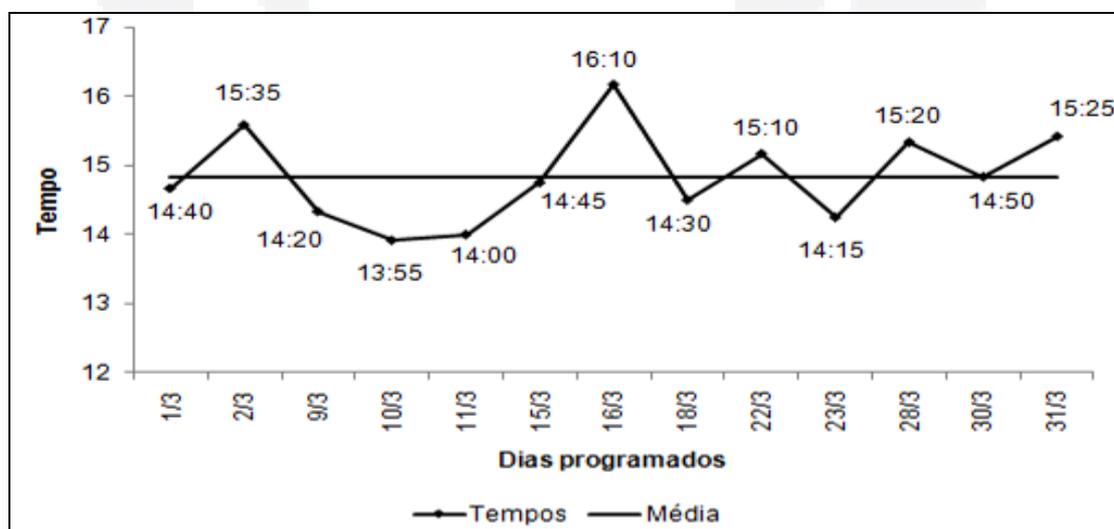


Gráfico 2 - Média dos tempos de troca da linha.

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se perceber que em dois momentos, nos dias 2/3 e 16/3, o tempo de troca foi mais demorado devido a falhas nos ajustes dos equipamentos. Cabe ressaltar que, embora não exista um procedimento ou sequenciamento formalizado nos tempos de troca dos equipamentos levantados, pode ser observado um bom conhecimento por parte dos operadores na execução das atividades de troca.

### 4.3 Descrição das operações do processo

Neste estágio são descritos os procedimentos tradicionais de como são executadas as atividades de troca dos equipamentos.

No intuito de delimitar este estudo de caso, definiu-se que a operação de corte não fará parte do estudo devido à sua ociosidade, visto que ela não interfere no conceito de que o tempo de *setup* corresponde ao tempo entre a última peça produzida e a produção da primeira peça boa a ser produzida. Assim, o início do *setup* será descrito a partir da operação de solda até o empilhamento do produto.

As operações descritas neste estudo estão identificadas na Figura 18, as quais fazem parte do processo.

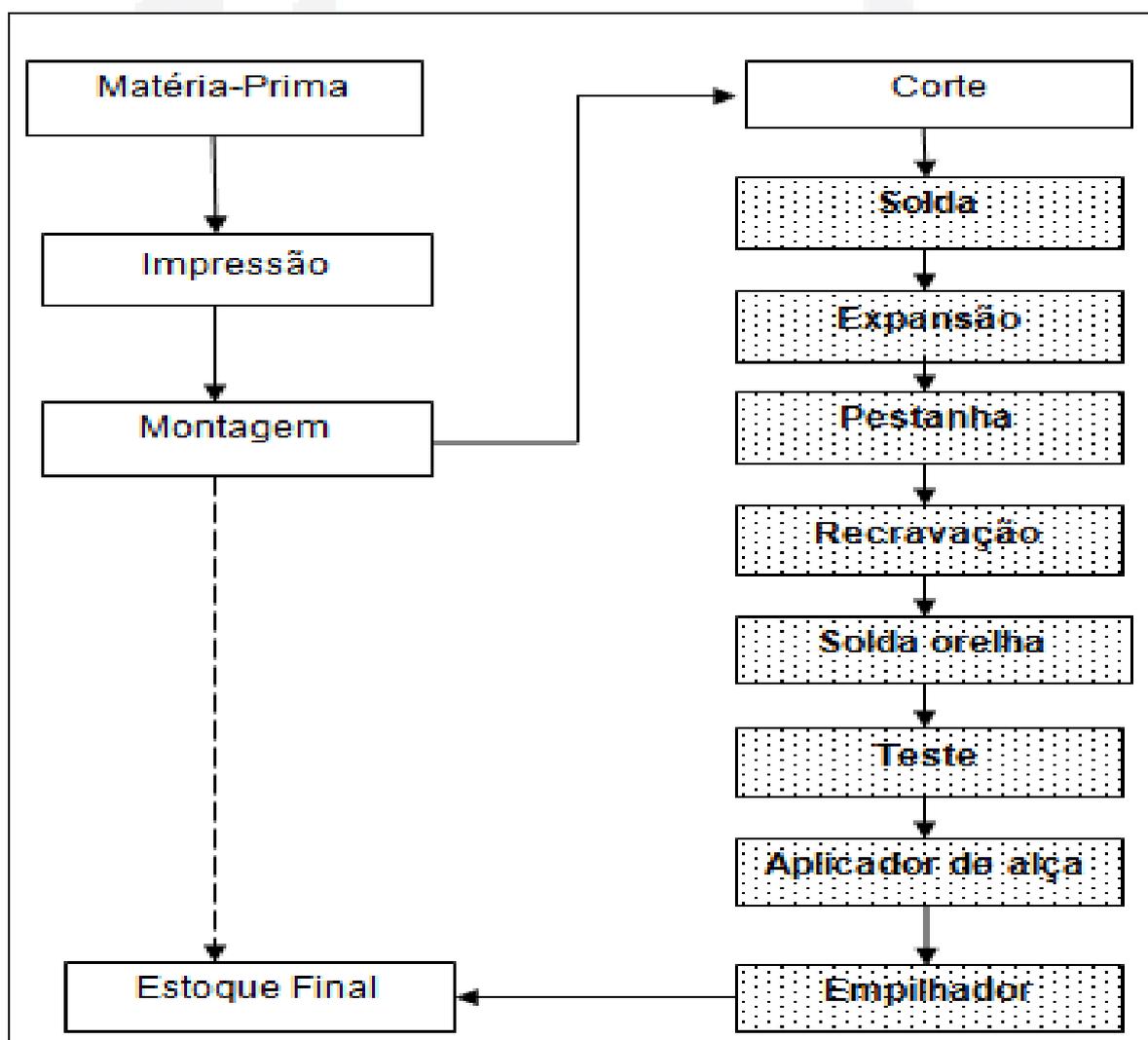


Figura 18 - Fluxograma de fabricação da linha.

Fonte: elaborado pelo autor.

O processo de ajuste da linha para que possam ser produzidas as embalagens em questão ocorre por meio de diversas atividades de regulagens necessárias nos equipamentos. Sendo assim, a descrição e a análise foi feita nas oito operações que fazem parte do processo de montagem da embalagem: solda, expansão, pestanha, recravadeira, solda de orelha, teste, aplicadora de alça e empilhador (ANEXO E).

#### 4.3.1 Etapas de trocas da linha

Após definidas as principais operações que fazem parte da montagem do produto na linha em questão, foram descritos os principais ajustes necessários em cada uma das operações com a ajuda de operadores e mecânicos, conforme Quadro 3.

Operações	Ajustes necessários
Solda	Posicionar fardo no alimentador
	Regular máquina de solda
Expansão	Regulagem de altura de expansão
Pestanha	Regulagem da altura do cabeçote da pestanha
	Regulagem dos formadores de friso
Recravação	Regulagem da altura do cabeçote de recravação
Solda orelha	Regulagem da altura da orelha
	Regulagem do sensor posicionador
Teste	Regulagem da altura das placas de borracha de vedação
Aplicador de alça	Regulagem do posicionador da orelha
	Regulagem da altura dos formadores de gancho
Empilhador	Regulagem da quantidade de peças no empilhador

Quadro 3 - Ajustes necessários em cada operação.

Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 19 mostra os dois tipos de embalagens para cuja produção são necessárias diversas regulagens na linha de produção em questão. O processo de troca dos equipamentos consiste em regular as diversas máquinas da linha de montagem, alterando a altura das embalagens denominadas 20 TR (denominação da embalagem com conteúdo de 20 litros e tampa removível) e 18 TR (embalagem com conteúdo de 18 litros e tampa removível).

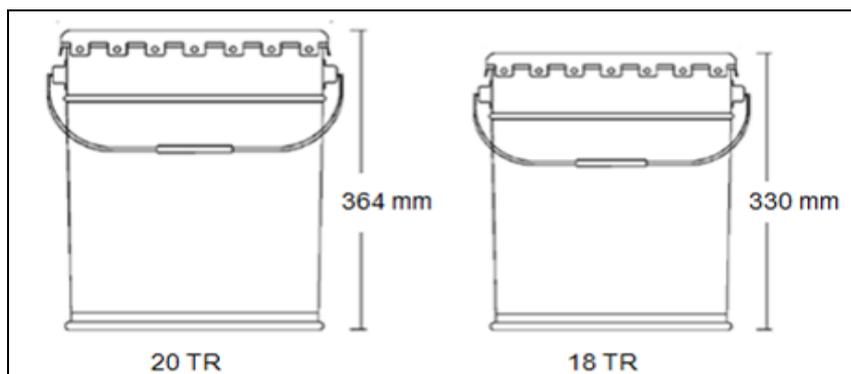


Figura 19 - Embalagens de baldes 20 TR e 18 TR.  
Fonte: empresa.

A embalagem 20 TR possui como especificação de processo a altura total de 364 mm e a embalagem de 18 TR especificação de 330 mm, o que corresponde a uma diferença entre uma embalagem e outra de 34 mm.

#### 4.3.2 Descrição dos ajustes necessários

A etapa inicial da preparação ocorre quando os fardos são posicionados no alimentador da máquina de solda. Essa atividade consiste em alinhar o fardo de folhas no alimentador e, com acionamento hidráulico, subir o fardo. Em seguida ajusta-se o separador de folhas. Este separador é regulado manualmente, com o auxílio de uma chave combinada, aproximando-se uma barra imantada do fardo (FIGURA 20) para manter as folhas separadas umas das outras. A regulagem é feita deslocando duas porcas sextavadas, de modo que a barra imantada possa ser afastada ou aproximada da face lateral do fardo.

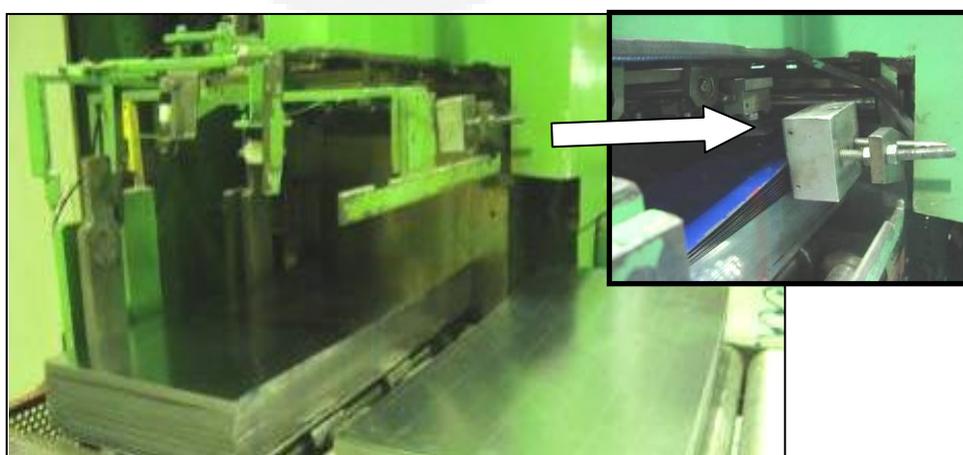


Figura 20 - Posicionador de fardo no alimentador.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Na etapa de regulagem da máquina de solda (FIGURA 21), ocorrem diversos ajustes de parâmetros predefinidos na máquina para a sua alimentação. Esse ajuste é executado por operador treinado ou pelo mecânico da linha, por ser uma operação crítica do processo. A qualidade da embalagem e as operações de expansão e recravação dependem da precisão desses ajustes.



Figura 21 - Ajustes na máquina de solda.  
Fonte: elaborado pelo autor.

A regulagem do sistema de expansão da embalagem requer o acerto do suporte posicionador de fim de curso de subida, conforme Figura 22, para que a embalagem mantenha os frisos de expansão alinhados, bem como os dimensionais de diâmetro superior e inferior dentro das especificações. O ajuste é feito primeiramente erguendo uma embalagem na posição. Após é solto o suporte com o auxílio de chave “Allen”, posicionando-o na altura preestabelecida e fixando-o novamente. O operador, antes de passar para a próxima operação, deve verificar se os dimensionais de expansão atendem a condição especificada.



Figura 22 - Suporte posicionador de expansão.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Após ajustes da expansão é feita a regulagem da máquina que produz a virola (cordão na parte superior da embalagem) e a pestanha (flange na parte inferior que auxilia no processo de recravação). Essas duas operações ocorrem em uma única operação. A regulagem da máquina pestanhadora, para que atenda as especificações de processo, é executada movimentando o cabeçote superior para cima ou para baixo, conforme Figura 23. Outra regulagem necessária nesse processo é a inversão dos formadores de friso, que consiste em retirar mola de apoio dos formadores com o auxílio de um gancho, inverter os formadores e recolocar a mola novamente.



Figura 23 - Máquina de pestanha.  
Fonte: elaborado pelo autor.

O ajuste seguinte ocorre na regulagem da recravadeira (FIGURA 24) e consiste em posicionar o cabeçote de recravação a uma altura que contemple as especificações técnicas de montagem. Após a regulagem, devem ser observados a altura total da embalagem e o transpasse de recravação.



Figura 24 - Ajustes na recravadeira.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Uma vez definida a altura total de ajuste de recravação, o processo seguinte é a regulagem de altura da solda de orelha da embalagem, posicionando o cabeçote. Nessa atividade ocorre a centralização do painel principal por meio da regulagem do leitor de solda (FIGURA 25). O ponto crítico deste ajuste é fazer com que todas as embalagens sejam produzidas com o painel principal centralizado.



Figura 25 - Ajustes na máquina de solda de orelha.  
Fonte: elaborado pelo autor.

A regulagem da máquina de teste (FIGURA 26) é executada soltando-se, com o auxílio de uma chave combinada, as porcas sextavadas dos guias, para poder erguer o conjunto de placas de borrachas de vedação e colocá-las a uma altura na qual haja a vedação, a fim de que a máquina opere com confiabilidade. Após ajuste da altura, ocorre o processo inverso de prender novamente as porcas das guias. A máquina é testada, passando-se uma embalagem com furo padrão que atenda a especificação do processo de montagem.



Figura 26 - Regulagem das borrachas de vedação da máquina de teste.  
Fonte: elaborado pelo autor.

As embalagens, uma vez testadas, passam para a máquina aplicadora de alça. A regulagem dessa operação é feita posicionando a placa centralizadora da embalagem e regulagem do sensor posicionador (FIGURA 27). A regulagem é feita girando uma manivela localizada na parte superior até que a embalagem passe pela placa e gire acionando o sensor de parada.



Figura 27 - Ajustes no posicionador da alça.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Uma vez regulado o posicionador, o operador deve erguer ou baixar o cabeçote da máquina até que o furo dos formadores de gancho coincida com o furo da orelha da embalagem (FIGURA 28). Após coincidir o furo da orelha com o furo do formador, o operador deve passar uma embalagem para se certificar de que a regulagem está correta. Até esta etapa a embalagem encontra-se praticamente concluída e dentro das especificações de processo.



Figura 28 - Regulagem do cabeçote da máquina de alça.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim ocorre o ajuste no empilhador de embalagens, quando o operador programa no painel eletrônico do empilhador o tipo de embalagem e a quantidade de peças por pilha. A quantidade de baldes por pilha e, conseqüentemente, a quantidade armazenada nos *pallets* (estrado de madeira onde estão acondicionadas as embalagens) são solicitados pelo cliente e podem variar desde a quantidade mínima de nove baldes por pilha até a quantidade máxima de 24 baldes.

### 4.3.3 Tempos das operações

O padrão de produção da linha corresponde a 8.400 baldes por turno, sendo que a capacidade de produção de cada operação esta representada na Tabela 2.

Tabela 2 - Padrão de produção das operações de montagem

Operação	Solda	Expansor	Pestanha	Recravadeira	Orelha	Teste	Alça	Empilhador
Peças por minuto	20	21	22	24	28	25	26	28

Fonte: empresa.

Nota-se que a operação de solda corresponde à máquina mais lenta da linha, ou seja, a operação de solda é o gargalo do processo de montagem da embalagem. O padrão de produção da linha, estipulado pela empresa, corresponde a 93,33% da operação gargalo. O tempo que uma embalagem leva para percorrer todo o processo desde a operação de solda até o seu empilhamento, conforme dados levantados, é de 3 minutos e 02 segundos em um processo normal de montagem.

Após acompanhamento das operações e descritas as atividades necessárias, foram cronometrados os seus tempos de troca, conforme Tabela 3. Embora o método de filmar a operação de *setup* seja bastante efetivo, de acordo com Shingo (2000), optou-se em fazer uma análise contínua da produção por meio de cronometragem dos tempos que, segundo esse autor, é a melhor abordagem, contudo, toma muito tempo. O processo de cronometragem foi executado após contato com os operadores e divisão das operações em elementos menores para uma maior precisão dos dados. A cronometragem dos tempos foi realizada pelo autor com o uso de prancheta, na qual constavam os ajustes descritos no Quadro 3 e cronômetro (ANEXO D), estando os tempos apresentados em minutos . Os

tempos foram apontados fazendo-se acompanhamento dos operadores e mecânicos que participam do processo de troca dos equipamentos e correspondem ao início e fim de cada tarefa, tendo sido realizadas seis tomadas de tempo de cada atividade de forma isolada, conforme Anexo A.

Tabela 3 - Levantamento dos tempos das operações

Operações	Ajustes necessários	Tempo (minutos)
Solda	Posicionar fardo no alimentador	02:02
	Regular máquina de solda	04:00
Expansão	Regulagem de altura de expansão	01:30
Pestanha	Regulagem da altura do cabeçote da pestanha	01:00
	Regulagem dos formadores de friso	01:32
Recravação	Regulagem da altura do cabeçote de recravação	00:41
Solda orelha	Regulagem da altura da orelha	00:20
	Regulagem do sensor posicionador	00:31
Teste	Regulagem da altura das borrachas de vedação	03:11
Aplicador de alça	Regulagem do posicionador da orelha	00:36
	Regulagem da altura dos formadores de gancho	01:22
Empilhador	Regulagem da quantidade de peças no empilhador	00:14
<b>Total</b>		<b>16:59</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

Percebe-se que a soma total dos tempos de ajustes nas operações de troca dos equipamentos é de 16 minutos e 59 segundos. Com o auxílio dos operadores de linha na mudança do *setup*, esse tempo se reduz a uma média de 14 minutos e 49 segundos, conforme Gráfico 2 do item 4.2.6.

A Figura 29 apresenta um fluxograma com os tempos de troca de cada operação (t), bem como os tempos de deslocamento (d) entre uma operação e outra. A soma total dos tempos corresponde a 18 minutos e 10 segundos e representa o tempo necessário para os ajustes nos equipamentos, levando-se em consideração as atividades de troca, sendo executadas por apenas uma pessoa. O objetivo da cronometragem é apenas para acompanhamento das melhorias a serem propostas e não de um estudo de tempos e movimentos.

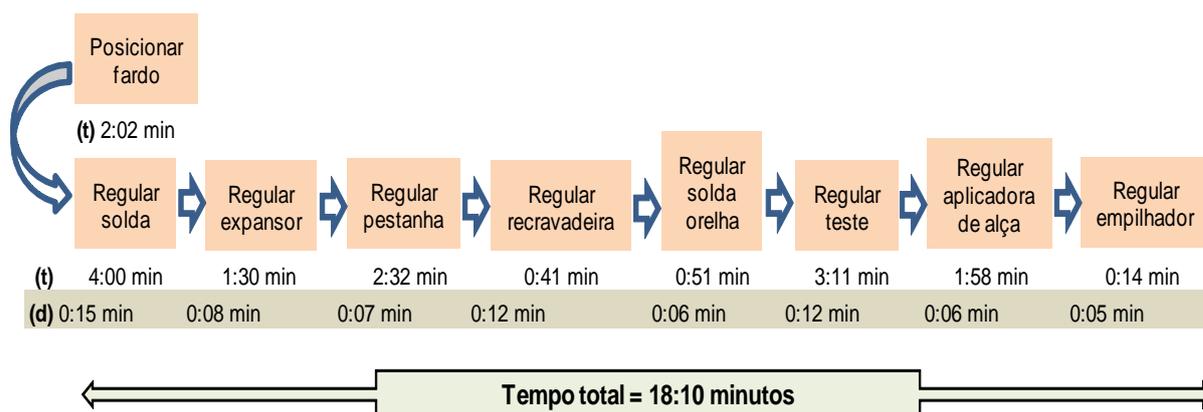


Figura 29 - Tempos de troca atuais.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Com a coleta dos dados dos tempos de cada atividade foi utilizado um gráfico de pareto (GRÁFICO 3) para uma melhor visualização das operações que possuem os ajustes mais demorados.

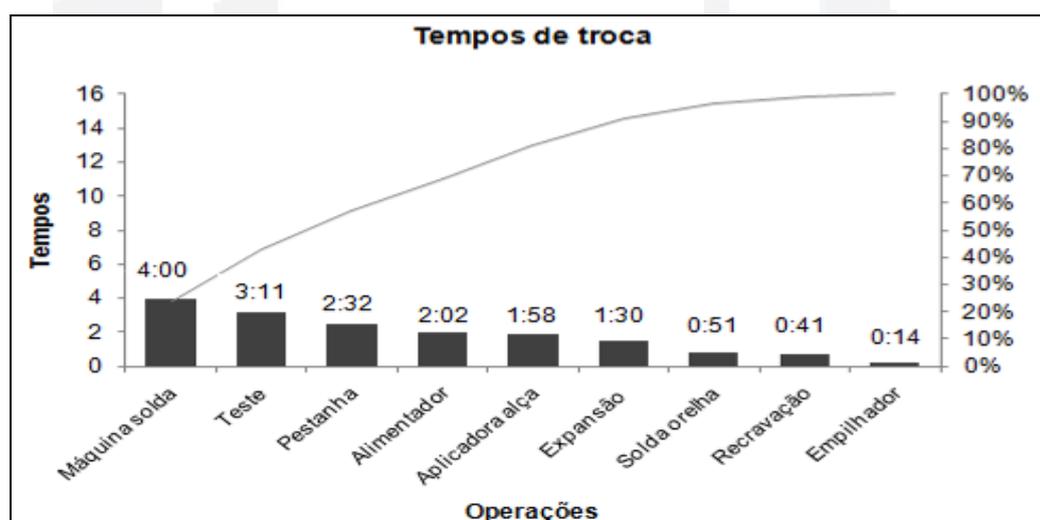


Gráfico 3 - Gráfico de Pareto dos tempos de troca.  
Fonte: elaborado pelo autor.

No gráfico verificam-se quatro principais operações que necessitam de um tempo maior de ajuste. As regulagens realizadas na máquina de solda possuem o maior tempo e correspondem a quatro minutos. O segundo maior tempo corresponde à máquina de teste que é efetuada em três minutos e onze segundos. A regulagem da pestanha representa o terceiro maior tempo de troca, de dois minutos e trinta e dois segundos. O alimentador de folhas da máquina de solda possui o quarto maior tempo, com dois minutos e dois segundos, sendo importante salientar que é a primeira atividade de troca na linha.

#### 4.4 Análise da operação

Com os dados levantados nos processos e acompanhamento da execução das atividades de troca, inicia-se a análise das operações buscando se distinguir as operações internas e externas, baseadas nas técnicas descritas no item 2.4.6. Esse estágio é determinante para a redução dos tempos, pois consiste em organizar quais as atividades podem ser realizadas com a máquina parada (*Setup Troca Interna - STI*) e quais as atividades que podem ser executadas antes da parada da máquina (*Setup Troca Externa - STE*). O Quadro 4 representa a classificação das operações em internas e externas.

Operações	Ajustes necessários	STI / STE
Solda	Posicionar fardo no alimentador	STI
	Regular máquina de solda	STI
Expansão	Regulagem de altura de expansão	STI
Pestanha	Regulagem da altura do cabeçote da pestanha	STI
	Regulagem dos formadores de friso	STI
Recravação	Regulagem da altura do cabeçote de recravação	STI
Solda orelha	Regulagem da altura da orelha	STI
	Regulagem do sensor posicionador	STI
Teste	Regulagem da altura das borrachas de vedação	STI
Aplicador de alça	Regulagem do posicionador da orelha	STI
	Regulagem da altura dos formadores de gancho	STI
Empilhador	Regulagem da quantidade de peças no empilhador	STI

Quadro 4 - Separação de operações internas e externas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Legenda: STI (troca interna); STE (troca externa).

Não foi identificada nenhuma atividade que pudesse ser executada com as máquinas em funcionamento, visto que todos os equipamentos necessitam apenas de regulagens que devem ser executadas quando parados. Na verificação foi observado que todos os materiais e equipamentos utilizados no *setup* encontram-se nos processos, não ocasionando perdas.

##### 4.4.1 Descrição do método de troca atual

Abaixo estão descritas algumas observações na análise das tarefas de troca da linha devido à falta de uma metodologia específica para o *setup*:

- As operações de troca são realizadas pelo mecânico da linha com o auxílio de mais quatro operadores que trabalham neste mesmo processo. Conforme entrevista feita com os operadores, eles possuem conhecimento suficiente sobre os ajustes necessários nas operações, porém não há uma sequência lógica e formal descrita de qual tarefa deve ser iniciada;

- O mecânico, na maioria das vezes, inicia a troca da máquina de solda tendo um carrinho com chaves próximo aos comandos de ajustes. O operador de tesoura (A) posiciona o fardo no alimentador. Para a regulagem do imã posicionador, utiliza uma chave combinada que se encontra no local. Algumas vezes, após a troca da máquina de solda, o mecânico necessita fazer ajustes no alimentador, porque as folhas não estão devidamente separadas ou o operador (A) ainda não terminou o posicionamento do fardo;

- Outro operador (B) inicia a regulagem da recravadeira e, posteriormente, a regulagem da pestanha e expansor. Se este operador termina essas regulagens, ele inicia a regulagem da solda de orelha. As regulagens são aproximadas, sendo necessário o término da regulagem de solda para ajuste final. Algumas vezes o expansor é regulado pelo mecânico que necessita de uma embalagem retirada da solda após o seu acerto. Outras vezes o operador (A) inicia a regulagem do expansor, porém, para ajuste final, também necessita aguardar uma embalagem para posicionar o limitador de altura;

- O operador (C) inicia a troca da máquina de teste quando termina de retirar as últimas embalagens do empilhador. Já o operador (D) faz a palletização e amarra o pallet com as embalagens e depois auxilia na troca da aplicadora de alça e empilhador;

- Na maioria das vezes a linha já esta pronta e produzindo, enquanto nas máquinas de teste e alça ainda não foram concluídos os ajustes finais, acumulando baldes ao lado da linha. Todos os ajustes finais das operações são realizados após a retirada de uma embalagem da máquina de solda, que serve de gabarito para testar as demais operações. O processo de montagem somente é iniciado quando todos os ajustes estão terminados. Um dos problemas mais comuns após o *setup* é

o *try out* que, por falta de maior precisão nas regulagens, demanda ainda por ajustes adicionais.

#### 4.5 Identificação das falhas

Á partir das observações feitas na descrição das atividades, nos tempos de trocas dos equipamentos da linha e na análise das operações, foi identificado os problemas mais críticos em conjunto com mecânicos responsáveis pela linha, bem como operadores do processo. No Quadro 5 são relacionados as operações e os problemas encontrados na execução das atividades e os ajustes de troca dos equipamentos.

Operações	Problemas identificados
Solda	Sistema posicionador do imã no fardo
	Dificuldade de liberar parafuso do carrinho
	Deslocamento do carrinho de solda
Expansor	Elevar e posicionar balde
	Regular limitador de altura
Pestanha	Regulagem das roscas frontais
	Posicionar altura do cabeçote
Recravadeira	Posicionar altura do cabeçote
Solda Orelha	Posicionar altura do cabeçote
Máquina de teste	Soltar e apertar sistema de fixação das guias
Máquina de alça	Regulagem de ajuste do prato posicionador
	Regulagem da altura do cabeçote

Quadro 5 - Problemas identificados nas operações.  
Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.6 Propostas de melhorias para redução do *setup*

De acordo com os dados levantados na empresa Brasilata S/A Embalagens Metálicas, junto com os coordenadores e mecânicos das linhas, a partir de observações efetuadas e tempos obtidos, buscaram-se eliminar os ajustes desnecessários, realizar maior precisão nas regulagens e a eliminar o uso de chaves, que podem simplificar a preparação, minimizando a possibilidade de erros. A formulação da proposta baseou-se nas técnicas de redução 2, 4 e 6 descritas no item 2.4.6, que buscam melhorar ou eliminar as atividades que não agregam valor.

Como propostas para redução do *setup* propõem-se uma série de melhorias nas operações e uma sequência lógica de troca das operações. Seguem as sugestões:

- modificar sistema posicionador de fardos, instalando prendedores de alavanca (ANEXO C) para soltar e prender o imã e limitadores para facilitar o seu posicionamento, eliminando o uso de chave;

- na regulagem da máquina de solda instalar prendedor alavanca para soltar e prender o carrinho da corrente de transporte e instalar motor para facilitar a movimentação do carrinho. Na operação de expansão instalar prendedores alavanca e instalar limitadores de altura para eliminar o uso de chave e a necessidade de posicionar uma embalagem;

- instalar régua escalonada na operação de pestanha, a fim de ter um controle de posicionamento com maior precisão na regulagem de altura do cabeçote e instalar limitadores de fim de curso nas roscas frontais de regulagem. Na recravadeira e na máquina de solda de orelha instalar régua escalonada para uma maior precisão no posicionamento do cabeçote de recravação. Modificar o sistema de fixação das guias da máquina de teste. Perde-se muito tempo para soltar e prender os parafusos de fixação. Instalar limitadores de curso e engate rápido para posicionar as guias;

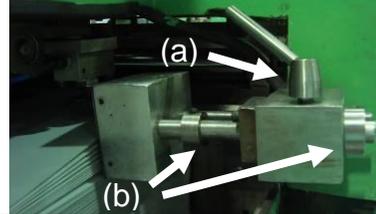
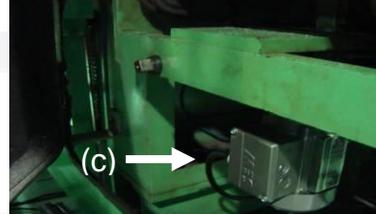
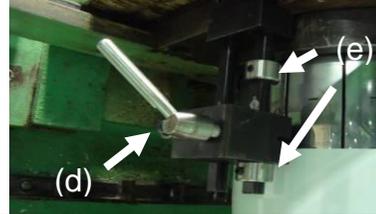
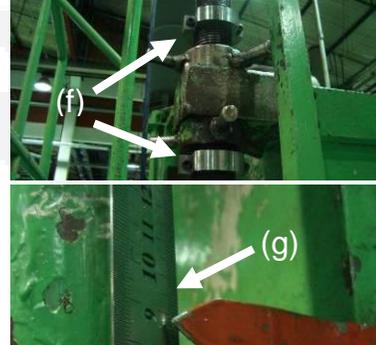
- na aplicadora de alça instalar limitadores de fim de curso no ajuste do posicionador para uma maior precisão na regulagem da altura. Na regulagem de altura do cabeçote instalar uma régua escalonada próxima ao operador para facilitar o seu posicionamento.

O Quadro 6 apresenta o plano de ação elaborado com base na ferramenta 5W 1H, propondo melhorias de redução do *setup*, listadas acima e originadas a partir da descrição das atividades de troca dos equipamentos, da análise dos tempos e falhas encontradas. Uma vez definidas na análise, as operações que podem ser melhoradas estão listadas na coluna “o que fazer?”, provindo a coluna do “como fazer?” da discussão com o grupo envolvido após o término da análise das causas fundamentais, em que são analisadas ações de como será feito, ou seja, detalhamento da ação.

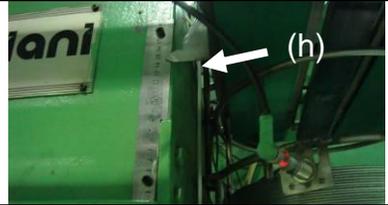
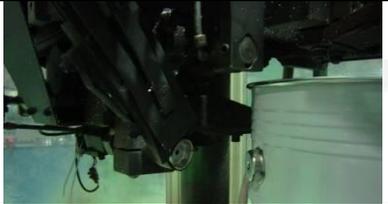
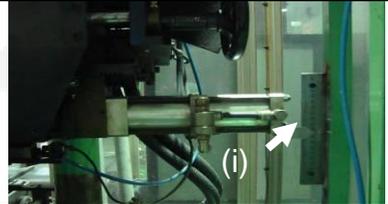
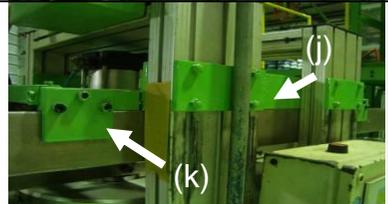
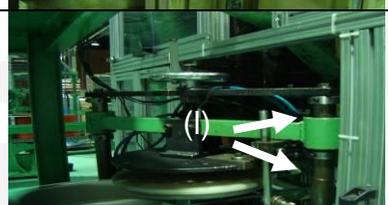
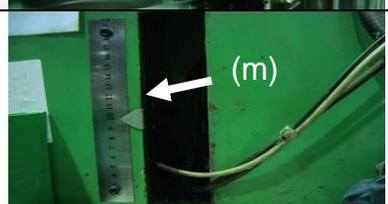
Onde?	O quê?	Por quê?	Como?	Quem?	Quando?
Alimentador da solda	- Posicionar do imã no alimentador	- Reduzir tempo de troca	- Confeccionar prendedor alavanca e limitador.	Equipe de manutenção	10/05/11
Solda	- Fixar parafuso de trava do carrinho	- Eliminar uso de chave	- Instalar prendedor alavanca	Mecânico da linha	10/05/11
Solda	- Regulagem do carrinho de solda	- Facilitar movimentação do carrinho e posicionamento	- Instalar motor com redutor	Equipe de manutenção	15/05/11
Expansor	- Soltar e fixar parafusos do limitador	- Reduzir o tempo de regulagem	- Instalar prendedor alavanca	Mecânico da linha	10/05/11
Expansor	- Regulagem rápida do limitador	- Eliminar a necessidade de posicionar uma embalagem	- Instalar limitadores no suporte da expansora	Mecânico da linha	10/05/11
Pestanha	- Regulagem das roscas frontais	- Alinhar regulagem dos prendedores	- Instalar suportes fim de curso	Mecânico da linha	17/05/11
Pestanha	- Regulagem de altura do cabeçote	- Reduzir tempo de regulagem	- Instalar régua escalonada	Mecânico da linha	17/05/11
Recravadeira	- Regulagem de altura do cabeçote	- Maior precisão no posicionamento do cabeçote	- Instalar régua escalonada	Mecânico da linha	17/05/11
Solda orelha	- Regulagem de altura do cabeçote	- Maior precisão no posicionamento do cabeçote	- Instalar régua escalonada	Mecânico da linha	17/05/11
Teste	- regulagem do sistema de fixação das guias	- Reduzir tempo de ajuste	- Instalar limitadores de curso das guias	Equipe de manutenção	20/05/11
Aplicadora de alça	- Regulagem do prato posicionador	- Maior precisão no ajuste do prato	- Instalar limitadores de fim de curso	Mecânico da linha	12/05/11
Aplicadora de alça	- Regulagem de altura do cabeçote	- Reduzir tempo de regulagem	- Instalar régua escalonada	Mecânico da linha	12/05/11

Quadro 6 - Plano de melhorias na linha.  
Fonte: elaborado pelo autor.

O Quadro 7 apresenta os problemas identificados nas operações e as melhorias implantadas em cada uma delas.

Operação	Antes	Depois	Melhoria
Empilhador			- Melhoria no sistema de posicionamento do imã com instalação de prendedor alavanca (a) e limitadores de fim de curso (b)
Solda			- Melhoria na movimentação das correntes de transporte com instalação de um motor elétrico (c) para movimentação e regulação do carrinho
Expansor			- Melhoria no sistema de expansão com instalação de prendedor alavanca (d) e limitadores de fim de curso (e)
Pestanha			- Melhoria na regulação da máquina de pestanhar com instalação de limitadores de fim de curso (f) e régua graduada para facilitar os ajustes (g)

Quadro 7 - Melhorias implantadas nas operações.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Operação	Antes	Depois	Melhoria
Recravadeira			- Melhoria no sistema de regulagem do cabeçote de recravação com instalação de régua graduada (h)
Solda Orelha			- Melhoria no sistema de regulagem do cabeçote da máquina de solda de orelhas com instalação de régua graduada (i)
Teste			- Melhoria na máquina de teste com instalação de limitador fixo de altura (j) e de cunhas de encaixe (k) para regulagem das duas alturas de embalagens
Aplicadora alça			- Melhoria no posicionador da orelha na máquina de alça com instalação de limitadores de fim de curso (l)
Aplicadora alça			- Melhoria da regulagem da altura do cabeçote com instalação de régua graduada (m)

Quadro 7 - Melhorias implantadas nas operações (continuação).  
Fonte: elaborado pelo autor.

Além das melhorias nas atividades de ajustes listadas, um ponto importante no *setup* da linha é a participação dos operadores na execução das atividades, seguindo-se o fluxograma da Figura 30. As pessoas envolvidas conhecem o processo e o envolvimento delas na implantação das melhorias demonstra a importância que essas pessoas possuem para o bom funcionamento das atividades de *setup* e as compromete-as com a eficácia das mudanças propostas. Como os operadores já participavam dos ajustes não é necessário um treinamento mais aprofundado e sim apenas orientação para a sequência ordenada das atividades.

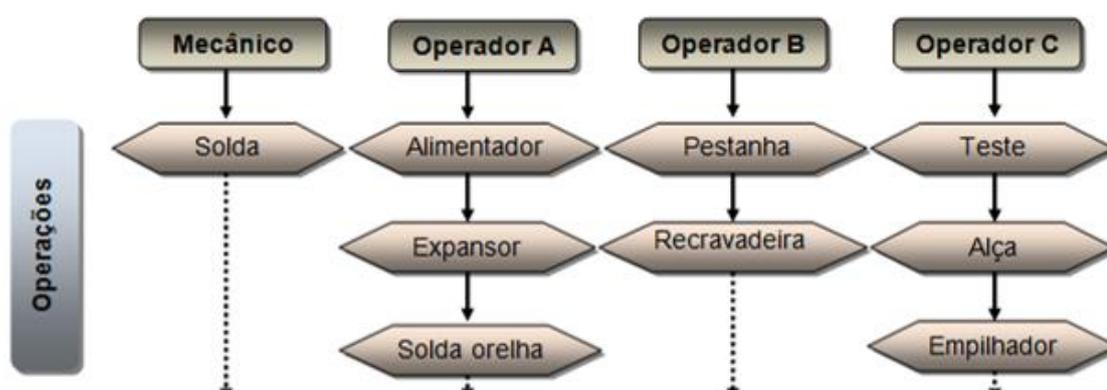


Figura 30 - Fluxograma de atividades de troca.  
Fonte: elaborado pelo autor.

O fluxograma apresenta o sequenciamento de execução de cada operação da linha baseada nos novos tempos de preparação e serve como padronização e responsabilidades nas atividades de troca. O Quadro 8 descreve as responsabilidades de cada integrante do processo:

Integrantes do processo	Responsabilidades
Mecânico	- Responsável pela troca da máquina de solda
Operador A	- Inicia as regulagens de troca do alimentador, do expansor e depois realiza as regulagens da máquina de solda de orelha
Operador B	- É responsável por regular a pestanha e após a recravadeira
Operador C	- É responsável por regular a máquina de teste, máquina de alça e empilhador
Operador D	- É responsável por terminar de palletizar e amarrar o pallet com os baldes do último lote

Quadro 8 - Descrição das responsabilidades.  
Fonte: elaborado pelo autor.

A proposta baseia-se no fato de que a máquina de solda é a operação gargalo da linha e esta deve ficar parada o menor tempo possível. A redução dos tempos de cada operação provenientes das melhorias de cada atividade de troca e uma maior precisão nas regulagens ocasionadas pela instalação de réguas graduadas nas máquinas eliminam a necessidade de aguardar uma embalagem da máquina de solda para que ocorram os ajustes finais. No momento em que o mecânico termina de regular a solda, a linha de produção pode começar a montagem do novo lote de produto, não necessitando de ajustes intermediários.

#### 4.6.1 Levantamento dos tempos após melhorias

A Figura 31 apresenta o fluxograma da linha com os tempos (t) necessários para a execução dos ajustes levantados após as melhorias implantadas. Vale lembrar que os tempos correspondem a apenas uma pessoa realizando a troca dos equipamentos e o levantamento dos tempos podem ser melhor visualizadas no Anexo B.

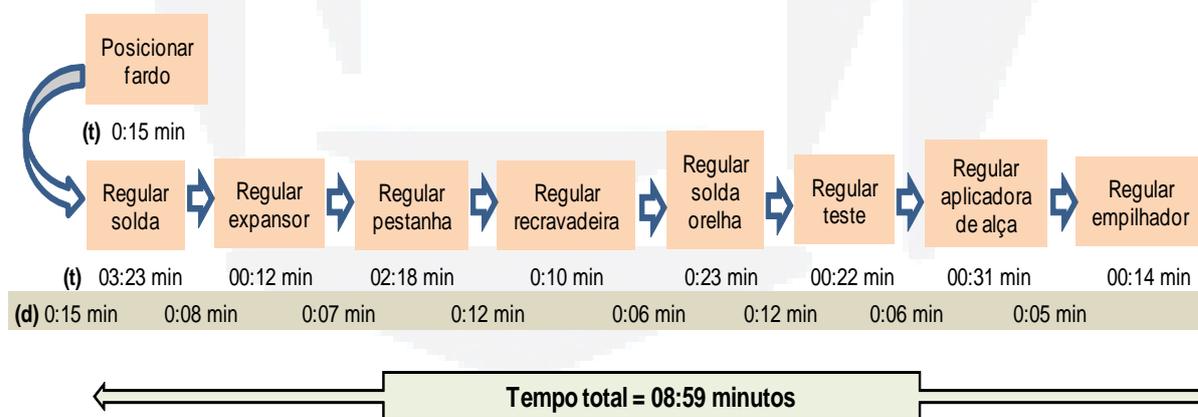


Figura 31 - Tempos de troca após melhorias.  
Fonte: elaborado pelo autor.

A Tabela 4 mostra um comparativo de redução dos tempos após a implantação das melhorias nos equipamentos. Nos tempos anteriores (Figura 29) e atuais (Figura 31) apresentados não estão incluídos os tempos de deslocamento do operador (d) entre um equipamento e outro. O objetivo é apresentar apenas o tempo ganho nos ajustes dos equipamentos.

Tabela 4 - Levantamento dos tempos das operações após melhorias

Ajustes necessários	Tempo anterior (minutos)	Tempo atual (minutos)	Ganho (minutos)
Posicionamento do fardo no alimentador	02:02	00:15	01:47
Regulagem da máquina de solda	04:00	03:23	00:37
Regulagem de altura de expansão	01:30	00:12	01:18
Regulagem da altura do cabeçote da pestanha	01:00	00:56	00:04
Regulagem dos formadores de friso	01:32	01:22	00:10
Regulagem da altura do cabeçote de recravação	00:41	00:10	00:31
Regulagem da altura da orelha	00:20	00:06	00:14
Regulagem do sensor posicionador	00:31	00:17	00:14
Regulagem da altura das borrachas de vedação	03:11	00:22	02:49
Regulagem do posicionador da orelha	00:36	00:11	00:25
Regulagem da altura dos formadores de gancho	01:22	00:20	01:02
Regulagem do empilhador	00:14	00:14	00:00
<b>Total =</b>	<b>16:59</b>	<b>07:48</b>	<b>09:11</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

A redução nos tempos de troca alcançada foi de 54%, levando-se em consideração a regulagem da linha, sendo realizada por apenas um operador. Isto é, antes das melhorias, a soma total da média dos tempos de ajustes nas operações de troca dos equipamentos era de 16 minutos e 59 segundos. Após as melhorias, a média dos tempos totais necessários para as regulagens dos equipamentos passou a ser de 7 minutos e 48 segundos, obtendo-se uma redução nos tempos de 9 minutos e 11 segundos.

#### 4.7 Resultados e discussão

Os indicadores de resultados em uma implantação de TRF podem ser comprovados pela medição do tempo de *setup* antes e depois das melhorias propostas, sendo o indicador de tempo de *setup* fácil de ser verificado. Vale lembrar que todas as propostas de melhorias implantadas de acordo com o conceito de TRF apresentadas no item 2.4.6 são ideias simples e sem custo elevado, sendo possíveis reduções significativas nos tempos. A adoção de medidas simples pode gerar, a curto prazo, uma grande redução no *setup* de uma máquina ou processo enquanto que no médio e longo prazo, através da melhoria contínua, esta redução

pode ser ainda maior. Comparando os dados antes e depois da implantação das melhorias (Gráfico 4), podem-se visualizar a aplicabilidade e a eficiência na redução dos tempos de troca dos equipamentos.

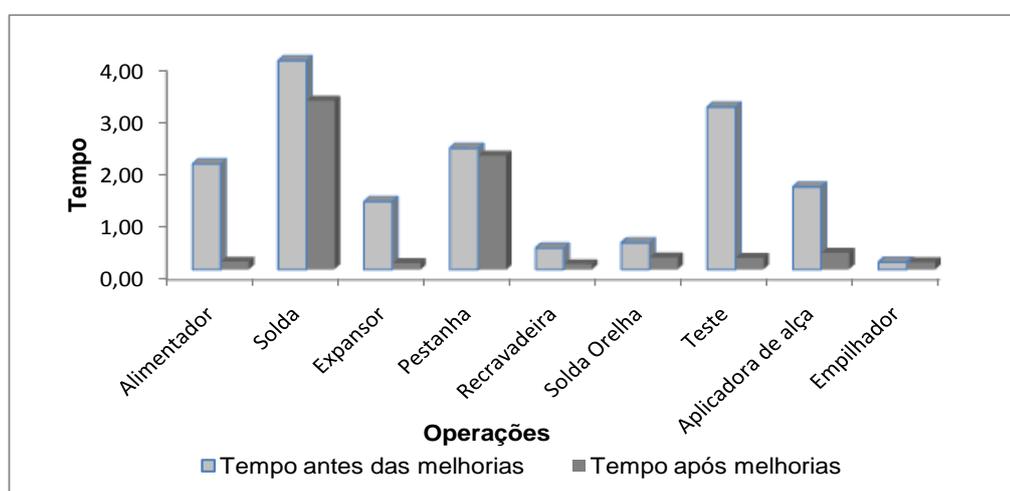


Gráfico 4 - Variação de tempos antes e depois da aplicação das técnicas.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se que, com exceção da atividade de ajuste no empilhador, nas demais atividades ocorreram reduções de tempos. Na Tabela 5 visualizam-se os percentuais de redução dos tempos em cada operação.

Tabela 5 - Percentuais de redução nos tempos das operações

Operações	Tempo anterior (minutos)	Tempo atual (minutos)	Ganho (minutos)	Percentual de ganho
Alimentador de folhas	02:02	00:15	01:47	88 %
Máquina de solda	04:00	03:23	00:37	15 %
Expansor	01:30	00:12	01:18	87 %
Pestanha	02:32	02:18	00:14	9 %
Recravadeira	00:41	00:10	00:31	76 %
Solda da orelha	00:51	00:23	00:28	55 %
Máquina de teste	03:11	00:22	02:49	88 %
Aplicadora de alça	01:58	00:31	01:27	74 %
Regulagem do empilhador	00:14	00:14	00:00	0 %
	16:59	07:48	09:11	54 %

Fonte: elaborado pelo autor.

No estudo foram acompanhados os tempos de troca com apenas um operador executando as atividades de regulagens dos equipamentos para uma melhor visualização dos tempos de ajustes e para proposta das melhorias, bem

como os tempos efetivos de realização do *setup* para comprovação de que as melhorias foram eficazes.

Os resultados das melhorias nas operações podem ser observados no Gráfico 5, que apresenta o acompanhamento dos tempos de troca em sete *setups* realizados na linha após a implantação das melhorias.

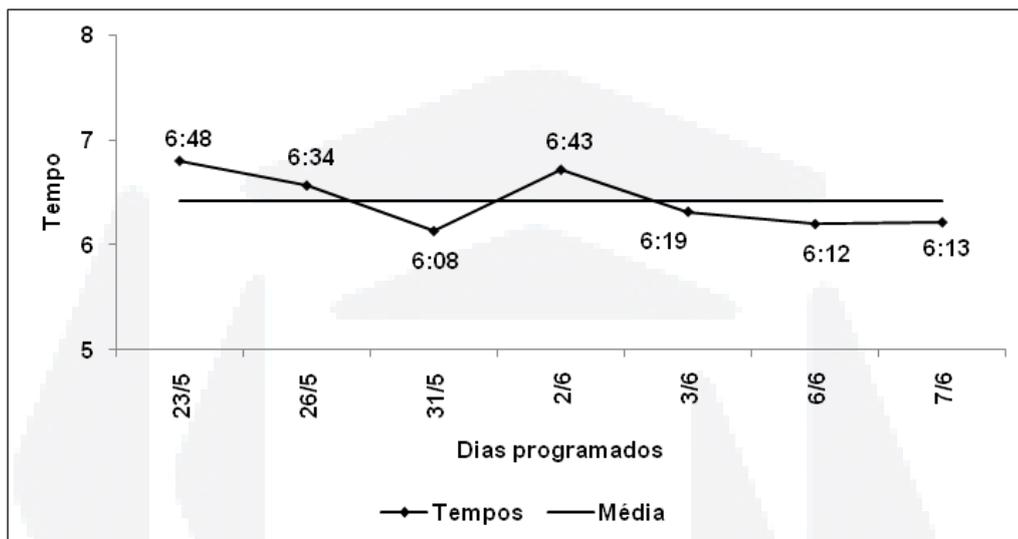


Gráfico 5 - Média dos tempos de troca da linha após melhorias.  
Fonte: elaborado pelo autor.

A média dos tempos de troca antes das melhorias implantadas correspondia a 14 minutos e 49 segundos e após as melhorias a média de troca dos equipamentos passou a ser realizada em 6 minutos e 28 segundos. Com a redução dos tempos do *setup*, obtidos neste estudo de caso, tem-se um aumento da capacidade produtiva da linha de 26.052 embalagens anuais caso se mantenha a demanda média de produção e a necessidade média de 13 *setups* mensais no processo, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Redução de custo com a melhoria do *setup*

Média produção mensal	Produção minuto	Média de tempo dos <i>setups</i> anteriores	Média de tempo do <i>setup</i> atual	Média de <i>setups</i> mês	Ganho anual pçs	Preço médio unitário	Redução nos custos anual
250.000	20	14' 49"	6' 28"	13	26.052	R\$ 10,00	<b>R\$ 260.520,00</b>

Fonte: elaborado pelo autor

Considerando-se uma média de redução entre os *setups* anteriores e atuais de 8 minutos e 21 segundos e a média dos *setups* realizados como sendo de 13

trocas, conforme tabela 1, multiplicados pelo preço médio de venda das embalagens analisadas, tem-se uma redução nos custos de produção anual no valor de R\$ 260.520,00 referentes a redução no tempo de *setup* dessa linha analisada. Cabe salientar que o ideal no processo seria de que não ocorressem trocas durante o turno, porém sabe-se que inevitavelmente estas ocorrem. Sendo assim, a maneira mais sensata é a de que se reduzam os tempos dos *setups*.

Para atingir os objetivos, realizou-se um acompanhamento dos processos e das atividades de troca dos equipamentos. Após foram analisadas as operações que poderiam ser feitas antes da parada da máquina e identificação das possíveis falhas. Uma vez levantados os problemas nos ajustes, listou-se uma série de melhorias com a participação das pessoas envolvidas no processo e desenvolvido um plano de ação.

A redução no tempo de *setup* alcançado nesse estudo, de 56%, se deve principalmente as melhorias alcançadas, nas operações de troca, com instalação de prendedores alavanca, eliminando uso de chaves para regulagens; régua graduada, que eliminou a perda de tempo em esperar uma embalagem soldada para completar os ajustes finos das operações; e, envolvimento e responsabilidade dos operadores na execução das atividades em paralelo.

Na operação da máquina de solda, embora tenha havido uma redução de 15% no tempo dessa atividade, seria necessário uma maior atenção e investimentos maiores para redução do tempo de ajuste, visto que esta operação representa a máquina gargalo da linha.

É importante lembrar que na descrição das responsabilidades não foram treinados os funcionários, pois esses já possuíam conhecimento e participavam dos *setups*. Para a implantação em outros processos é recomendável que se inclua a formação de equipes para a busca de ideias capazes de reduzir o *setup*. Uma vez introduzido, o novo método precisará ser documentado, de forma a permitir que todos os participantes no *setup* conheçam e observem o novo procedimento.

## 5 CONCLUSÃO

Passa-se, agora, à etapa de conclusão deste trabalho, procurando analisar se os objetivos propostos foram atingidos.

Este trabalho teve por objetivo descrever e propor melhorias para a redução dos tempos de *setup* em uma linha de embalagem utilizando o conceito de TRF e algumas técnicas, descritas por Shingo, que melhor se adaptassem aos processos de montagem. Os resultados foram satisfatórios, uma vez que todas as etapas planejadas foram realizadas. No desenvolvimento do trabalho observou-se a importância da redução dos tempos de *setup*, uma vez que, no mercado competitivo atual, as empresas cada vez mais buscam o melhor aproveitamento dos recursos, reduzindo assim custos de produção e grandes investimentos em equipamentos novos.

Sendo assim este estudo alcançou seus objetivos propostos, na medida em que reuniu os conhecimentos teóricos sobre o Sistema Toyota de Produção e o conceito de troca rápida de ferramentas com a implantação das técnicas de redução de desperdício, bem como a redução do *setup* para um dígito. O êxito no estudo se deve, em parte, ao referencial teórico, no qual se buscaram apresentar conceitos e ideias considerados relevantes para a realização das etapas. Conclui-se ainda que a metodologia adotada possa ser estendida para os demais processos da empresa, por ser de fácil utilização e por apresentar objetividade nos resultados.

A descrição do processo produtivo da linha e a maneira como são programados e realizados os *setups*, possibilitaram uma visão da sistemática de análise e confirmação dos pedidos e a necessidade de serem programados pequenos lotes e *setups* durante os processos. Existem questionamentos e muitas vezes conflitos internos entre os setores de produção e programação, na empresa, sobre a necessidade ou não de *setups* durante os processos. O que ocorre na realidade é a necessidade de trocas durante os processos devido às necessidades dos clientes ou por ineficiência dos processos que acabam gerando mudanças durante o turno para atender aos pedidos. A busca por *setups* mais rápidos torna a produção mais flexível para atender essas situações.

No que tange aos objetivos de desempenho, Slack (2002) salienta a importância da função produção para os negócios e o bom desempenho nas operações, que significa não cometer erros e que, se realizada corretamente, os empregados poderão realizar outras tarefas:

- quanto ao objetivo de desempenho de qualidade, as melhorias alcançadas nas operações de *setup* possibilitarão uma redução na quantidade de refugos e falhas nas operações, devido a uma maior precisão nos ajustes;
- quanto à rapidez, a redução dos tempos de *setup* pode possibilitar um menor intervalo de tempo entre o início do processo e a entrega para o cliente, reduzindo estoques e possibilitando o cumprimento dos prazos estabelecidos;
- com operações mais confiáveis economizam-se tempo e dinheiro, podendo honrar e cumprir as promessas de entrega com *setups* mais rápidos, aumentar a confiabilidade dos clientes da empresa e contribuir para aumentar a confiança entre os clientes internos;
- a diminuição dos tempos irá proporcionar um aumento de flexibilidade no processo e a possibilidade de produzir lotes com prazos mais curtos. A disponibilidade do equipamento irá auxiliar a empresa a produzir com menores custos e possibilitar que ela mantenha preços apropriados ao mercado com retorno financeiro para a organização.

Após a análise dos resultados, pode-se afirmar que os objetivos propostos foram atingidos, concluindo-se que a redução dos tempos do *setup* da linha em questão de 56% trouxe benefícios à empresa, tanto em custo quanto em rendimento no processo produtivo, uma vez que os tempos de execução das atividades e de ajustes nas operações foram reduzidos. Um ponto específico que pode ser concluído no estudo é de que não há a necessidade de se copiar todas as técnicas, pois elas muitas vezes não se aplicam a todas as organizações, mas implantar os princípios. É importante destacar que, com as melhorias implantadas, se tem uma melhora ergonômica e motivacional das pessoas envolvidas.

Um ponto positivo que deve ser salientado neste trabalho é o apoio da empresa na implantação de novas ideias. Outro são os inventores (designação que a empresa dá a seus funcionários) que auxiliaram o autor a coletar informações e implementar as atividades, e que foram de fundamental importância para que o trabalho pudesse ser realizado. A troca de informações e experiências permitiu ao autor maior crescimento pessoal e profissional em termos de liderança e trabalho em equipe.

O cenário atual, em que as empresas necessitam atender a lotes cada vez menores, faz com que se busque a redução de todo e qualquer desperdício. Com *setup* rápido produzem-se lotes menores e maior variedade. A TRF torna o *setup* mais confiável, garantindo que se produza com qualidade desde o reinício da produção. Vale destacar que a aplicação do conceito foi baseada no *setup* mais freqüente da linha, sendo que as demais mudanças nesse processo para a fabricação de outros produtos, em desenvolvimento nesta mesma linha, também serão beneficiados em algumas operações.

Como sugestões para trabalhos futuros, a partir do assunto TRF discutido neste trabalho, apresentam-se: a) análise do impacto dos *setups* nas perdas do processo produtivo - estudo que possa mensurar e avaliar os benefícios associados à implantação da TRF em toda a fábrica; b) estudo e implementação dos conceitos de TRF nos projetos de novos equipamentos buscando a otimização das operações e preparação; c) criar um indicador para medir a eficiência do *try out* no turno de produção depois de executado o *setup*.

## REFERÊNCIAS

ALVES, João M.; REIS, Mário E. P. **Um estudo de caso: um guia para se calcular o ganho originado pela redução do tempo de *setup***. XXVI ENEGEP, Fortaleza, 2006. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br>>. Acesso em: 21 ago. 2010.

ANTUNES, Junico. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BACCI, Murilo D. N. **Proposta de modelo de tomada de decisão para aplicação da metodologia SMED**, 2005. Disponível em: <<http://www.Simpep.feb.unesp.br/>> Acesso em: 21 ago. 2010.

BARNES, Ralph B.; ASSIS, Sergio Luiz Oliveira; AZEVEDO, José S. Guedes. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BARROS, Hugo Santiago. **Utilização de ferramentas da manufatura enxuta na melhoria dos resultados da GM Powertrain de São José dos Campos**, 2005. Disponível em: <[http://www.automotiva-poliusp.org.br/mest/banc/pdf/barros\\_hugo.pdf](http://www.automotiva-poliusp.org.br/mest/banc/pdf/barros_hugo.pdf)> Acesso em: 06 set. 2010.

COX, James F. **Manual da teoria das restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DAY, George S. **A empresa orientada para o mercado: compreender, atrair e manter clientes valiosos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FAGUNDES, Paulo R. M. **Sistemática para redução do tempo de *setup* na indústria moveleira**, 2002. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3246>> Acesso em: 07 set. 2010.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; FAGUNDES, Paulo Ricardo Motta. **Troca rápida de ferramentas**: proposta metodológica e estudo de caso. *Gest. Prod.* [online]. 2003, vol.10, n.2, pp. 163-181. ISSN 0104-530X. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v10n2/a04v10n2.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2010.

GHINATO, Paulo. **Um modelo para o sistema de construção enxuta a partir do Sistema Toyota de Produção**, 2003. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP\\_2003\\_TR0110\\_0909.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP_2003_TR0110_0909.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2010.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

HARMON, Roy L. **Reinventando a fábrica**: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. **Mapas estratégicos - Balanced Scorecard**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2004.

KLIPPEL, Marcelo et al. **Produção, estratégia e tecnologia em busca da vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

LEITE, Washington Ribeiro. **Sistema de administração da produção Just in time (Jit)**, 2006. Disponível em: <<http://www.ietecnet.com.br/supervisores/artigos/Produ%C3%A7%C3%A3o/Sistema%20de%20Adm%20da%20Produ%C3%A7%C3%A3o/JIT.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2010.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005-2008.

LOPES, Raul; NETO, Carlos; PINTO, João P. **Aplicação prática do método SMED**, 2006. Disponível em: <[http://www.leanthinkingcommunity.Org/livros\\_recursos/artigo\\_quickchangeover.pdf](http://www.leanthinkingcommunity.Org/livros_recursos/artigo_quickchangeover.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2010.

MARDEGAN, Ronaldo. **Estudo de caso de implementação de troca rápida de ferramenta em uma empresa metal mecânica**, 2006. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006TR4503017971.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2010.

MAXIMIANO, Antonio C. A. **Administração de projetos**: como transformar ideias em resultados. São Paulo: Atlas, 2002.

MEIRELLES, Fabrício Menegoni. **Implantação da troca rápida de ferramentas em uma indústria siderúrgica**, 2004. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/7344>. Acesso em: 13 ago. 2010.

MOURA, Reinaldo A. **Redução do tempo de setup**: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas. São Paulo: IMAM, 1996.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Rodrigo J. et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

PEREIRA, António Pedro Alves - **Simulação de Sistemas de Produção Lean**, 2009. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~ee01260/tese/Simulacao%20de%20Sistemas%20de%20Producao%20Lean%20%20ee01260%20%20versao%20final.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2010

POZO, Hamilton. **Administração de recursos materiais e patrimoniais**: uma abordagem logística. São Paulo: Atlas, 2002.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. São Paulo: Atlas, 1999.

ROTHER, Mike. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

RUSSOMANO, Victor Henrique. **PCP**: planejamento e controle da produção. São Paulo: Pioneira, 1995.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

\_\_\_\_\_. **Sistema de troca rápida de ferramenta**: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman-Bookman, 2003-2008.

SLACK, Nigel. **Vantagem competitiva em manufatura**: atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo: Atlas, 1993.

\_\_\_\_\_. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

\_\_\_\_\_. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SUGAI, Miguel; MCINTOSH, Richard Ian; NOVASKI, Olívio. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED)**: análise crítica e estudo de caso. *Gest. Prod.* [online]. 2007, vol.14, n.2, pp. 323-335.

TOLEDO J., Itys-Fides Bueno de. **Cronoanálise**. Campinas: O & M Itys-Fites, 2004.

TUBINO, Dalvio F.. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.



**ANEXOS**

## ANEXO A - Planilha dos tempos cronometrados no processo

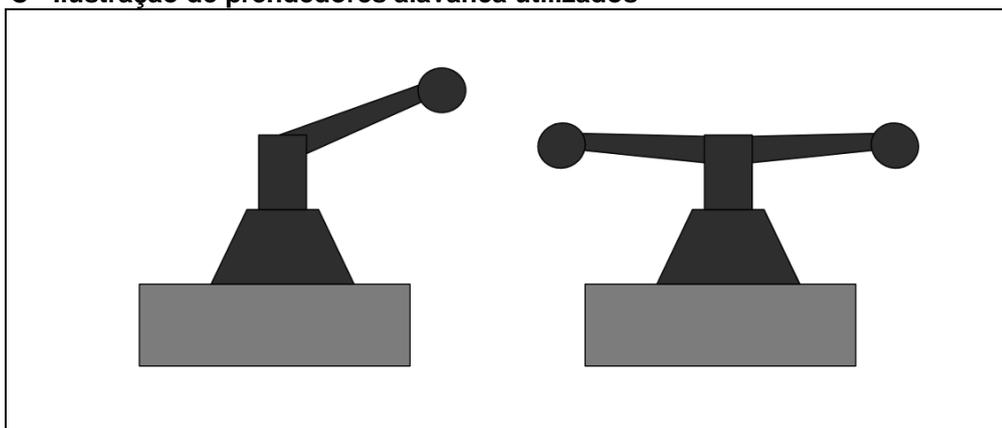
TAREFAS		DELIMITAÇÃO DAS TAREFAS		TEMPOS						Tempo minutos	Desvio padrão
Operação	Atividade	Início	Fim	1	2	3	4	5	6		
Solda	Posicionar fardo no empilhador	Colocar fardo	Terminar de posicionar o fardo	0:00:11	0:00:11	0:00:09	0:00:10	0:00:09	0:00:10	<b>0:00:10</b>	0:00:01
		Começar a regular o imã	Terminar de posicionar imã	0:01:42	0:01:58	0:01:55	0:01:45	0:01:59	0:01:53	<b>0:01:52</b>	0:00:07
	Deslocar-se até máquina solda	Caminhar do empilh. de fardo	Chegar em frente à solda	0:00:16	0:00:15	0:00:16	0:00:13	0:00:14	0:00:17	<b>0:00:15</b>	0:00:01
	Regulagem solda	Regular os parâmetros	Soldar primeiro balde	0:04:03	0:04:22	0:03:30	0:04:07	0:03:58	0:04:00	<b>0:04:00</b>	0:00:17
Expansão	Deslocar-se até a expansora	Deslocar-se da solda	Até a expansora	0:00:08	0:00:06	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:08	<b>0:00:08</b>	0:00:01
	Regulagem expansor	Colocar um balde	Erguer um balde na posição	0:00:18	0:00:16	0:00:17	0:00:17	0:00:18	0:00:16	<b>0:00:17</b>	0:00:01
		Soltar o posicionador / prender	Descer balde	0:01:16	0:01:14	0:01:10	0:01:11	0:01:13	0:01:14	<b>0:01:13</b>	0:00:02
Pestanha	Deslocar-se até pestanha	Deslocar-se da expansora	Até a pestanha	0:00:10	0:00:08	0:00:06	0:00:06	0:00:05	0:00:07	<b>0:00:07</b>	0:00:02
	Regulagem pestanha	Acertar altura do cabeçote	Terminar de posicionar cabeçote	0:01:02	0:01:04	0:00:57	0:00:57	0:00:58	0:01:02	<b>0:01:00</b>	0:00:03
		Começar a trocar castanhas	Terminar de trocar as castanhas	0:01:25	0:01:20	0:01:17	0:01:24	0:01:21	0:01:25	<b>0:01:22</b>	0:00:03
		Pestancar um balde	Retirar um balde	0:00:09	0:00:12	0:00:09	0:00:10	0:00:11	0:00:09	<b>0:00:10</b>	0:00:01
Recravação	Deslocar-se até recravadeira	Deslocar-se da pestanha	Até a recravadeira	0:00:11	0:00:12	0:00:11	0:00:14	0:00:13	0:00:11	<b>0:00:12</b>	0:00:01
	Regulagem da recravadeira	Acertar altura do cabeçote	Terminar de posicionar cabeçote	0:00:22	0:00:22	0:00:22	0:00:25	0:00:21	0:00:20	<b>0:00:22</b>	0:00:02
		Recravar um balde	Retirar um balde	0:00:19	0:00:18	0:00:18	0:00:18	0:00:20	0:00:22	<b>0:00:19</b>	0:00:02
Solda orelha	Regulagem da solda de orelha	Deslocar-se da recravadeira	Até máquina de solda da orelha	0:00:07	0:00:06	0:00:06	0:00:06	0:00:06	0:00:06	<b>0:00:06</b>	0:00:00
		Acertar sensor posicionador	Retirar um balde	0:00:18	0:00:23	0:00:18	0:00:21	0:00:19	0:00:21	<b>0:00:20</b>	0:00:02
		Acertar altura da orelha	Terminar de acertar altura da orelha	0:00:21	0:00:18	0:00:22	0:00:20	0:00:22	0:00:23	<b>0:00:21</b>	0:00:02
		Passar um balde	Retirar um balde	0:00:09	0:00:10	0:00:10	0:00:11	0:00:09	0:00:11	<b>0:00:10</b>	0:00:01
Teste	Deslocar-se até a máq. de teste	Deslocar-se da solda de orelha	Até a máquina de teste	0:00:10	0:00:11	0:00:13	0:00:11	0:00:14	0:00:12	<b>0:00:12</b>	0:00:01
	Regulagem das placas de vedação	Soltar as porcas das guias	Até terminar de soltar as porcas	0:01:20	0:01:18	0:01:19	0:01:22	0:01:19	0:01:22	<b>0:01:20</b>	0:00:02
		Erguer guias	Acertar a altura correta das guias	0:00:11	0:00:09	0:00:10	0:00:08	0:00:07	0:00:09	<b>0:00:09</b>	0:00:01
		Apertar as porcas	Terminar de apertar as porcas	0:01:18	0:01:20	0:01:19	0:01:23	0:01:20	0:01:20	<b>0:01:20</b>	0:00:02
		Passar baldes na máquina	Até testar furos padrões	0:00:25	0:00:22	0:00:21	0:00:21	0:00:22	0:00:21	<b>0:00:22</b>	0:00:02
Máquina de alça	Deslocar-se até aplicadora	Deslocar-se da máquina de teste	Até a máquina aplicadora de alça	0:00:06	0:00:06	0:00:07	0:00:06	0:00:05	0:00:06	<b>0:00:06</b>	0:00:01
	Regulagem da aplicadora de alça	Acertar posicionador de orelhas	Retirar um balde	0:00:39	0:00:38	0:00:36	0:00:35	0:00:34	0:00:34	<b>0:00:36</b>	0:00:02
		Acertar altura do cabeçote	Terminar de posicionar cabeçote	0:01:25	0:01:23	0:01:20	0:01:23	0:01:22	0:01:19	<b>0:01:22</b>	0:00:02
Empilhador	Deslocar-se até empilhador	Deslocar-se da aplicadora	Até empilhador	0:00:06	0:00:05	0:00:04	0:00:04	0:00:05	0:00:06	<b>0:00:05</b>	0:00:01
	Regulagem do empilhador	Ajuste de parâmetros no painel	Disponibilizar para operar	0:00:16	0:00:13	0:00:15	0:00:14	0:00:13	0:00:14	<b>0:00:14</b>	0:00:01
<b>Total em minutos =</b>				<b>0:18:23</b>	<b>0:18:40</b>	<b>0:17:25</b>	<b>0:18:09</b>	<b>0:18:05</b>	<b>0:18:18</b>	<b>0:18:10</b>	0:00:25

Fonte: elaborado pelo autor.

## ANEXO B - Planilha dos tempos cronometrados no processo após melhorias

TAREFAS		DELIMITAÇÃO DAS TAREFAS		TEMPOS						Tempo minutos	Desvio padrão	
Operação	Atividade	Início	Fim	1	2	3	4	5	6			
Solda	Posicionar fardo no empilhador	Colocar fardo	Terminar de posicionar o fardo	0:00:08	0:00:07	0:00:08	0:00:07	0:00:07	0:00:07	0:00:07	0:00:07	0:00:01
		Começar a regular o imã	Terminar de posicionar imã	0:00:09	0:00:10	0:00:07	0:00:06	0:00:08	0:00:07	0:00:07	0:00:08	0:00:01
	Deslocar-se até máquina solda	Caminhar do empilh. de fardo	Chegar em frente à solda	0:00:16	0:00:14	0:00:15	0:00:14	0:00:14	0:00:17	0:00:17	0:00:15	0:00:01
	Regulagem solda	Regular os parâmetros	Soldar primeiro balde	0:03:24	0:02:51	0:03:35	0:03:32	0:03:17	0:03:37	0:03:37	0:03:23	0:00:17
Expansão	Deslocar-se até a expansora	Deslocar-se da solda	Até a expansora	0:00:07	0:00:06	0:00:09	0:00:07	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:01
	Regulagem expansor	Colocar um balde	Erguer um balde na posição	Ajuste excluído								
		Soltar o posicionador	Prender posicionador	0:00:12	0:00:14	0:00:10	0:00:15	0:00:12	0:00:11	0:00:11	0:00:12	0:00:02
Pestanha	Deslocar-se até pestanha	Deslocar-se da expansora	Até a pestanha	0:00:10	0:00:09	0:00:06	0:00:05	0:00:05	0:00:07	0:00:07	0:00:07	0:00:02
	Regulagem pestanha	Acertar altura do cabeçote	Terminar de posicionar cabeçote	0:01:00	0:00:55	0:00:50	0:00:57	0:00:54	0:00:57	0:00:57	0:00:56	0:00:03
		Começar a trocar castanhas	Terminar de trocar as castanhas	0:01:26	0:01:20	0:01:21	0:01:24	0:01:20	0:01:22	0:01:22	0:01:22	0:00:02
		Pestancar um balde	Retirar um balde	Ajuste excluído								
Recravação	Deslocar-se até recravadeira	Deslocar-se da pestanha	Até a recravadeira	0:00:11	0:00:11	0:00:11	0:00:13	0:00:13	0:00:11	0:00:11	0:00:12	0:00:01
	Regulagem da recravadeira	Acertar altura do cabeçote	Terminar de posicionar cabeçote	0:00:14	0:00:12	0:00:09	0:00:08	0:00:10	0:00:09	0:00:09	0:00:10	0:00:02
		Recravar um balde	Retirar um balde	Ajuste excluído								
Solda orelha	Regulagem da solda de orelha	Deslocar-se da recravadeira	Até máquina de solda da orelha	0:00:07	0:00:05	0:00:06	0:00:05	0:00:07	0:00:06	0:00:06	0:00:06	0:00:01
		Acertar sensor posicionador	Retirar um balde	0:00:20	0:00:15	0:00:16	0:00:17	0:00:18	0:00:19	0:00:19	0:00:17	0:00:02
		Acertar altura da orelha	Terminar de acertar altura da orelha	0:00:08	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:07	0:00:05	0:00:05	0:00:06	0:00:01
		Passar um balde	Retirar um balde	Ajuste excluído								
Teste	Deslocar-se até a máq. de teste	Deslocar-se da solda de orelha	Até a máquina de teste	0:00:10	0:00:12	0:00:12	0:00:12	0:00:13	0:00:12	0:00:12	0:00:12	0:00:01
	Regulagem das placas de vedação	Soltar as porcas das guias	Até terminar de soltar as porcas	Ajuste excluído								
		Erguer guias	Acertar a altura correta das guias	0:00:25	0:00:22	0:00:23	0:00:21	0:00:20	0:00:20	0:00:20	0:00:22	0:00:02
		Apertar as porcas	Terminar de apertar as porcas	Ajuste excluído								
		Passar baldes na máquina	Até testar furos padrões	Ajuste excluído								
Máquina de alça	Deslocar-se até aplicadora	Deslocar-se da máquina de teste	Até a máquina aplicadora de alça	0:00:06	0:00:07	0:00:07	0:00:05	0:00:05	0:00:06	0:00:06	0:00:06	0:00:01
	Regulagem da aplicadora de alça	Acertar posicionador de orelhas	Terminar de acertar posicionador	0:00:14	0:00:10	0:00:12	0:00:10	0:00:12	0:00:11	0:00:11	0:00:11	0:00:02
		Acertar altura do cabeçote	Terminar de posicionar cabeçote	0:00:23	0:00:21	0:00:19	0:00:20	0:00:18	0:00:20	0:00:20	0:00:20	0:00:02
Empilhador	Deslocar-se até empilhador	Deslocar-se da aplicadora	Até empilhador	0:00:07	0:00:04	0:00:04	0:00:06	0:00:05	0:00:06	0:00:06	0:00:05	0:00:01
	Regulagem do empilhador	Ajuste de parâmetros no painel	Disponibilizar para operar	0:00:13	0:00:12	0:00:16	0:00:12	0:00:14	0:00:14	0:00:14	0:00:14	0:00:02
<b>Total em minutos =</b>				<b>0:09:30</b>	<b>0:08:23</b>	<b>0:09:01</b>	<b>0:09:02</b>	<b>0:08:47</b>	<b>0:09:12</b>	<b>0:08:59</b>	<b>0:08:59</b>	0:00:23

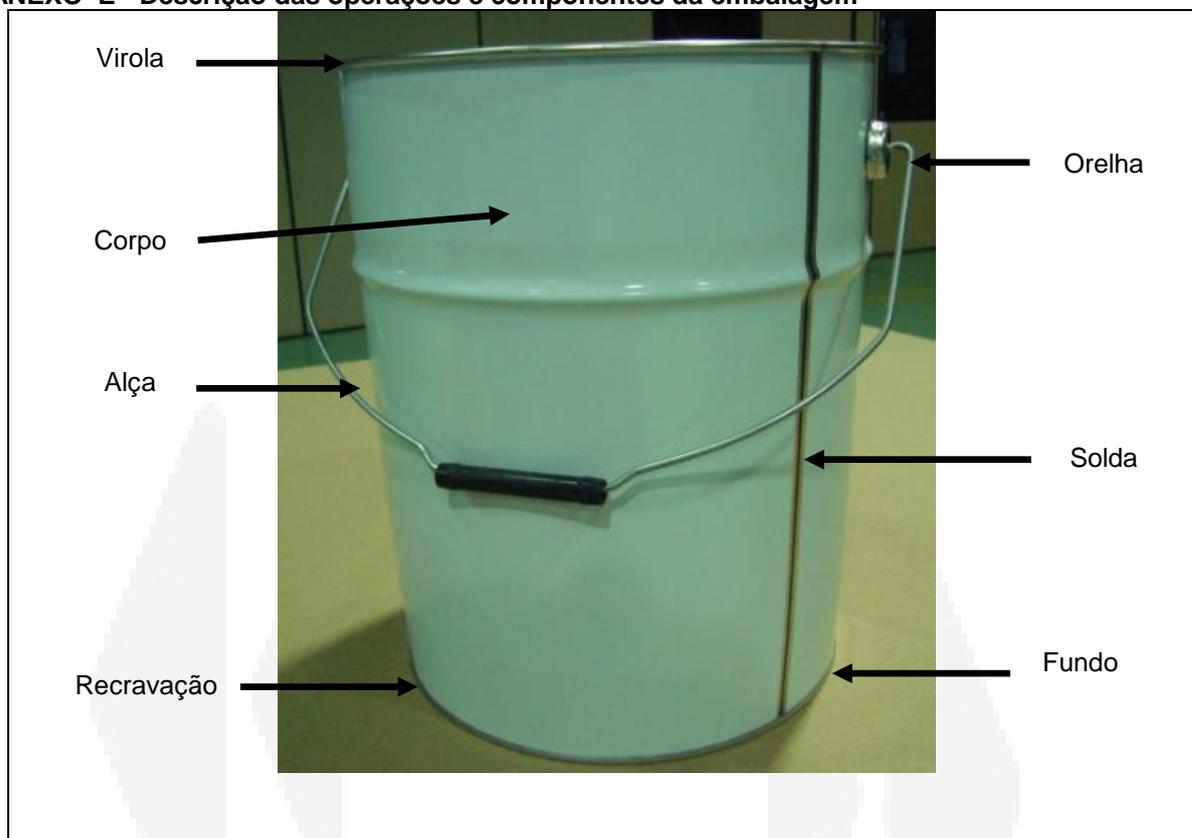
Fonte: elaborado pelo autor.

**ANEXO C - Ilustração de prendedores alavanca utilizados**

Fonte: elaborado pelo autor.

**ANEXO D - Cronômetro digital utilizado**

Fonte: empresa.

**ANEXO E - Descrição das operações e componentes da embalagem**


<b>Operação</b>	<b>Descrição</b>
Solda	Operação que consiste em soldar as duas extremidades da chapa metálica, formando um corpo
Expansão	Operação na qual se expande um corpo soldado cilíndrico em dimensões maiores deixando, no caso, a embalagem cônica de acordo com especificação
Pestanha	Dobras na extremidade superior (virola) para encaixe da tampa e inferior (pestanha) para recravação do fundo
Recravadeira	Método de fechamento da embalagem no qual o corpo e o fundo são recurvados e compactados juntos
Solda orelha	Operação que une duas orelhas (componente metálico para encaixe da alça) ao corpo da embalagem, através de solda
Máquina de teste	Operação que verifica a embalagem quanto à estanqueidade (isento de vazamento), através da introdução de ar comprimido
Aplicadora de alça	Operação na qual se encaixa os ganchos da alça nos orifícios das orelhas
Empilhador	Operação que encaixa as embalagens uma dentro da outra formando pilhas

Fonte: elaborado pelo autor.