

ALEX LOURENÇO BARBOSA

**REDUÇÃO DE TEMPOS DE *SETUP*: APLICAÇÃO DE TROCA
RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Materiais da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro

Guaratinguetá
2015

B238r Barbosa, Alex Lourenço
Redução de tempos de setup : aplicação de troca rápida de
ferramentas em indústria de bebidas / Alex Lourenço Barbosa –
Guaratinguetá, 2015
45 f. : il.
Bibliografia: f. 43-45

Trabalho de Graduação em Engenharia de Materiais – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015
Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro

1. Produção enxuta 2. Produtividade 3. Custo industrial I.Título

CDU 658.5

REDUÇÃO DE TEMPOS DE *SETUP*: APLICAÇÃO DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM INDÚSTRIA DE BEBIDAS


ALEX LOURENÇO BARBOSA

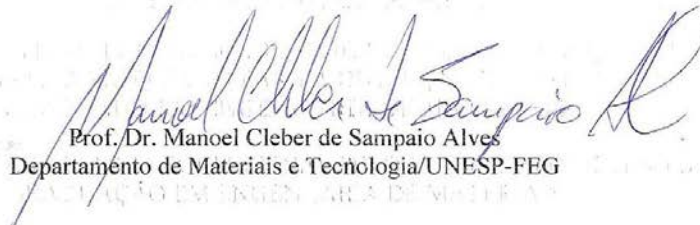
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS**


APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS


Prof. Dr. Miguel Angel Ramirez Gil
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro
Orientador/Departamento de Materiais e Tecnologia/UNESP-FEG


Prof. Dr. Manoel Cleber de Sampaio Alves
Departamento de Materiais e Tecnologia/UNESP-FEG


Prof. Dr. José Vitor Cândido de Souza
Departamento de Materiais e Tecnologia/UNESP-FEG

Novembro de 2015

DADOS CURRICULARES

ALEX LOURENÇO BARBOSA

NASCIMENTO	22.02.1988 – APARECIDA / SP
FILIAÇÃO	Jorge Antão Lourenço Barbosa Maria Helena de Freitas Lourenço Barbosa
2007/2015	Curso de Graduação Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá - Universidade Estadual Paulista

DEDICATÓRIA

À minha mãe Helena e ao meu irmão, Diego, pelo constante apoio, motivação e incentivo e, ao meu falecido pai Jorge que sempre foi minha inspiração, onde quer que esteja.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que acreditaram em minha jornada desde meu início em 2007 até nesse tão esperado fim em 2015.

Agradeço à UNESP pela oportunidade de evoluir profissionalmente e conseguir ajudar no crescimento de nosso país de forma proveitosa.

Agradeço aos meus orientadores nesse período: Prof. Dra. Ana Paula Rosifini Alves Claro; Prof. Dr. Edson Cocchieri Botelho; Dra. Silvia Sizuka Oishi e ao Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro nesse último trabalho dessa etapa.

Aos envolvidos na empresa pela execução do trabalho e auxílio na análise dos dados.

Agradeço também aos funcionários da UNESP envolvidos em minha formação e na elaboração deste trabalho.

“Ser o homem mais rico do cemitério não me interessa. Ir para a cama à noite dizendo que fiz alguma coisa maravilhosa é o que importa para mim.”

Steve Jobs

BARBOSA, A. L. **Redução de tempos de *setup***: aplicação de troca rápida de ferramentas em indústria de bebidas. 2015. 45 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

O atual mercado competitivo exige que as empresas se adaptem para que possam suprir as necessidades dos clientes de maneira ágil e visando o menor custo possível em sua manufatura, seja ela de um bem ou serviço. O Sistema Toyota de Produção visa maiores lucros por meio de práticas enxutas de fabricação com redução de gastos, menores lotes e estoques, originados pela demanda do mercado. A variedade de produtos torna o *setup* dos equipamentos um ponto crítico e que deve ser reduzido ao máximo possível para que não afete na produtividade. A troca rápida de ferramentas permite que com poucas ações e modificações esse tempo não ultrapasse um dígito em seu tempo total. No presente trabalho, um estudo de caso mostrou que apenas com padronização e utilização de melhorias baratas, foi possível reduzir o tempo de *setup* em uma máquina rotuladora de garrafas de 98 minutos para um tempo final de aproximadamente 10 minutos com pouco investimento, demonstrando a viabilidade da ferramenta apresentada e um ganho mensal em garrafas em aproximadamente 120.000, gerando um ganho de desempenho e orçamento em aproximadamente R\$94.000,00 mensais.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Toyota de Produção. SMED. TRF. JIT. *Setup*. Indústria de Bebidas. Redução de custo. Produtividade.

BARBOSA, A. L. **Reducing *setup***: quick change over application tools in beverage industry. 2015. 45 f. Graduate Work (Graduate in Materials Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

The current competitive market requires companies to adapt so that they can meet the needs of customers in an agile manner and aimed at the lowest possible cost in their manufacture, be it a product or service. The Toyota Production System is aimed at higher profits through lean manufacturing practices with reduced spending, smaller lots and inventories, generated by market demand. The variety of products makes the *setup* of the equipment a critical point and it should be reduced as much as possible so it does not affect productivity. The rapid exchange of tools allows with few actions and a modification that time does not exceed one digit on your total time. In this study, a case study showed that only with standardization and use of cheap improvements made it possible to reduce *setup* time in bottle labeling machine by 98 minutes for a final time of approximately 10 minutes with little investment, demonstrating the feasibility the displayed and a monthly gain tool in bottles at approximately 120,000, generating a performance gain and budget of approximately R\$ 94,000.00 per month.

KEYWORDS: Toyota Production System. SMED. JIT. *Setup*. Beverage industry. Cost reduction. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Índice de produção física da indústria geral e indústria de bebidas nos últimos 20 anos.....	12
Figura 2.1 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	16
Figura 2.2 – Gráfico “Saída de linha por Tempo”, definindo o conceito de <i>Setup</i>	20
Figura 3.1 – Fluxo da Linha de Produção Estudada.....	26
Figura 3.2 – Gráfico “V” da Linha de Produção Estudada.....	28
Figura 4.1 – Evolução do tempo de <i>setup</i> após padronização e investimentos.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SMED - *Single Minute Exchange of Die* – Sigla em inglês para “troca rápida de ferramentas”.

Lean Production – Produção enxuta.

Buffered Production – Produção em massa.

TPS – Toyota Production System – Sigla em inglês para “Sistema Toyota de Produção”.

IMVP – *Internacional Motor Vehicle Program* – Grupo de pesquisas.

MIT – *Massachussets Institute of Technology* – Instituto de Tecnologia de Massachussets.

JIT – *Just In Time* – Entrega no tempo exato minimizando estoque.

Jidoka – Automação (automação com um toque humano) e é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção.

Lead Time – É o período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e o seu término.

Takt Time – É o tempo disponível para a produção dividido pela demanda de mercado.

Poka-Yoke – É um dispositivo a prova de erros destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos.

Heijunka – É um conceito relacionado a programação da produção, e um programa nivelado é obtido pelo sequenciamento dos pedidos.

Kaizen – Prática comercial japonesa de melhoria contínua no desempenho e produtividade.

TRF – Troca Rápida de Ferramentas.

STP – Sistema Toyota de Produção.

CO₂ – Gás Carbônico.

HDE – Sistema de expulsão de oxigênio residual utilizando água quente em envasamento de cerveja.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

ECRS – Eliminar, Combinar, Reduzir e Simplificar.

SUMÁRIO

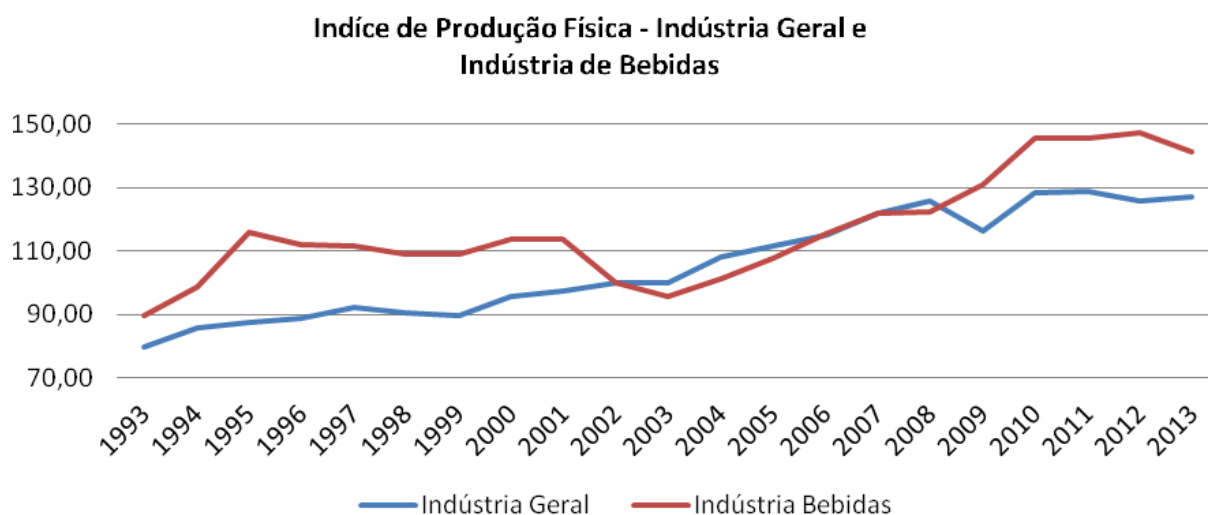
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 MOTIVAÇÃO.....	13
1.2 OBJETIVO.....	13
1.3 ESTRUTURA.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL.....	14
2.1 HISTÓRIA DA MANUFATURA ENXUTA.....	14
2.2 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	15
2.3 JUST IN TIME.....	16
2.4 SMED/TRF.....	19
2.5 DIFUSÃO DA METODOLOGIA SMED NO BRASIL.....	22
3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	23
3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO.....	23
3.2 MEDIÇÃO PELO "GRÁFICO V".....	24
3.3 IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO CRÍTICO PARA <i>SETUP</i>	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
5 CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

A expansão do mercado globalizado eleva a competitividade e exige inovação e difusão de novas técnicas em todo mundo, visando o aumento da produtividade com o atendimento ao cliente, buscando maior flexibilidade e eficiência de produção.

O crescimento da indústria de bebidas vem aumentando nos últimos anos. Durante a década de 90, apresentou valores de crescimento superiores a da indústria em geral, porém durante o início dos anos 2000, ocorreu uma queda na produção física desse setor, enquanto a indústria geral crescia continuamente. A recuperação da produção de bebidas só foi obtida a partir de 2003, ultrapassando a indústria geral em 2009, mantendo o resultado crescente ano após ano, apesar de 2013 ter havido uma queda, manteve-se superior em valores relativos à indústria geral, demonstrando o grande poder econômico desse setor ilustrado na Figura 1. (IBGE – SIDRA, 2015).

Figura 1 – Índice de produção física da indústria geral e indústria de bebidas nos últimos 20 anos.



Fonte: IBGE – SIDRA (2015).

O constante crescimento industrial no setor de bebidas apresentado nos últimos anos faz com que seja necessária a maior flexibilidade da indústria, sendo obtida de forma eficaz por meio de melhorias contínuas no processo fabril, visando rápida resposta às variações do mercado, possibilidade de produção em pequenos lotes, redução de custo e diminuição do lead time. Todos esses atributos podem ser obtidos utilizando a ferramenta SMED desenvolvida por Shigeo Shingo durante a década de 70 e disseminada até hoje, de acordo com Satolo & Calarge (2008).

1.1 Motivação

Com este estudo, poderão ocorrer melhorias nos tempos necessários para troca de ferramentas em máquina rotuladora de garrafas em indústria de bebidas aplicando ferramenta de troca rápida proveniente do Sistema Toyota de Produção, visando uma melhor produtividade, menores lotes e estoques e conseqüentemente um melhor atendimento ao cliente, gerando menores custos e maiores lucros.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é uma análise da implantação do sistema SMED – Troca Rápida de Ferramentas em uma rotuladora de garrafas em indústria de bebidas, visando ampliar a produtividade e oferecer uma maior variedade de produtos possíveis dentro do prazo esperado pelo cliente.

A meta determinada para sucesso desse trabalho é considerar uma redução de 35% no tempo entre a aplicação do *setup* atual e após implantação do método SMED.

1.3 Estrutura

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro é constituído pela introdução do tema, objetivo do trabalho e a justificativa do assunto estudado.

No segundo capítulo, é realizada uma abordagem do tema através da revisão bibliográfica. Apresenta o conceito da metodologia segundo o seu criador e a difusão no Brasil.

O terceiro capítulo apresenta a implantação da metodologia em uma linha de envasamento de garrafas de cerveja em uma empresa de grande porte.

No quarto capítulo, é apresentado o resultado da aplicação da metodologia.

O quinto e último capítulo traz as conclusões obtidas a partir do trabalho.

Capítulo 2 – Fundamentação teórico-conceitual

Capítulo 3 – Procedimento metodológico

Capítulo 4 – Resultados e discussões

Capítulo 5 – Conclusões

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1 História da manufatura enxuta

Segundo Albuquerque (2008), os japoneses passaram por grandes dificuldades após o fim da Segunda Guerra Mundial, devido à falta de recursos produtivos, como materiais, recursos financeiros e mão de obra. Sendo assim, tornou-se necessária a otimização dos poucos recursos existentes, visando aumentar as possibilidades de realização de trabalhos. O mercado interno japonês não era autossuficiente no período pós-guerra, ou seja, a maior parte da produção japonesa estava direcionada para o mercado mundial. Todos esses fatores contribuíram para que os executivos japoneses observassem os métodos americanos de produção e concluíssem que seriam impossíveis de ser adaptados para a realidade japonesa do final dos anos 40.

Como mostra Santos (2003), a indústria automobilística foi o principal alvo das transformações da produção industrial com as inovações organizacionais provenientes da Toyota, empresa japonesa produtora de automóveis que vinha desenvolvendo essas inovações desde metade da década de 1950. Krafcik (1988), *apud* Santos (2003), denominou os princípios da Toyota como *lean production* (produção enxuta) em oposição a *buffered production*, traduzida como produção em massa.

Dennis (2008), *apud* Anjos (2009), publicou que a produção enxuta iniciou-se quando Eiji Toyoda visitou a fábrica da Ford, chamada Rouge, em Detroit. Durante a visita, a Toyota Motor Company estava em crise. A título de comparação, após treze anos de esforços da Toyota, foram produzidos 2.685 automóveis enquanto a fábrica Rouge da Ford produzia 7.000 unidades por dia. Para complicar ainda mais, a Toyota passou por diversas divergências com os sindicatos dos trabalhadores. O presidente da empresa, Kiichiro Toyoda, propôs demitir um quarto da mão de obra da empresa em função da crise, porém, as leis trabalhistas aprovadas em 1946, e com o incentivo do governo, os trabalhadores, junto com os sindicatos, realizaram uma paralisação e conseguiram um acordo nunca visto em uma empresa mundial: a renúncia do presidente Sr. Kiichiro Toyoda, assumindo o fracasso no período. A renúncia não afetou a decisão da demissão, porém os que continuaram na empresa tiveram garantia de emprego vitalício e pagamento diretamente vinculado à senioridade e à lucratividade da empresa através de bônus, além de moradia e recreação, ou seja, a empresa e os trabalhadores haviam se tornado parceiros.

Analisando a diferença quantitativa entre o mercado de automóveis japonês e o americano, a produção de um dia e meio de trabalho americano era equivalente a toda

produção anual japonesa, dessa forma, o maior problema da Toyota era em como produzir mais variedade de modelos em pequenas quantidades e de maneira competitiva, conforme relato de Sayer & Walker (1992), *apud* Santos (2003).

Ohno (1997) diz que o preço de venda de um produto é definido pelo próprio produtor, estipulando seu lucro desejado acrescentado ao custo da produção. Dessa forma, o preço será igual ao custo mais o lucro.

Esse ponto de vista demonstra que, para a empresa aumentar seus lucros, o preço para o cliente deveria ser aumentado também, pois os custos de produção seriam os mesmos, ou seja, qualquer alteração na igualdade de custo e lucro seria repassada para o cliente com um aumento do preço do produto.

De acordo com Shingo (2000), o pensamento enxuto se fundamenta com uma lógica diferente, na qual a composição do preço de um produto é definida como a diferença entre o preço e o custo, resultando no lucro, ou seja, quanto menor o custo de produção, maior será o lucro obtido. Essa definição de lucro é estabelecida devido ao mercado atual, em que o consumidor tem opções de produtos semelhantes de fabricantes diferentes, e, dessa forma, o preço é definido pelo mercado, sendo necessário, para as empresas, a maximização da gestão de seus processos para que minimizem os custos visando um lucro maior e sua sobrevivência no mercado.

2.2 Sistema Toyota de Produção

Ghinato (2000) publicou que o *Toyota Production System* (TPS) tem sido referenciado como “Sistema de Produção Enxuta”. O sistema *lean* foi um termo criado no final dos anos 80 pelos pesquisadores do IMVP (*International Motor Vehicle Program*), um grupo de pesquisas ligado ao MIT, para designar uma produção mais eficiente, flexível, ágil e completa do que a produção em massa naturalmente conhecida pelos americanos. A principal característica do sistema *lean* está em enfrentar de maneira mais concreta as alterações de um mercado em constante mudança.

De acordo com Ohno (1997), a base do Sistema Toyota de Produção é a eliminação total de desperdício, e os dois principais fatores necessários à utilização do sistema são: *Just In Time* e Automação (ou automação com um toque humano, *Jidoka*).

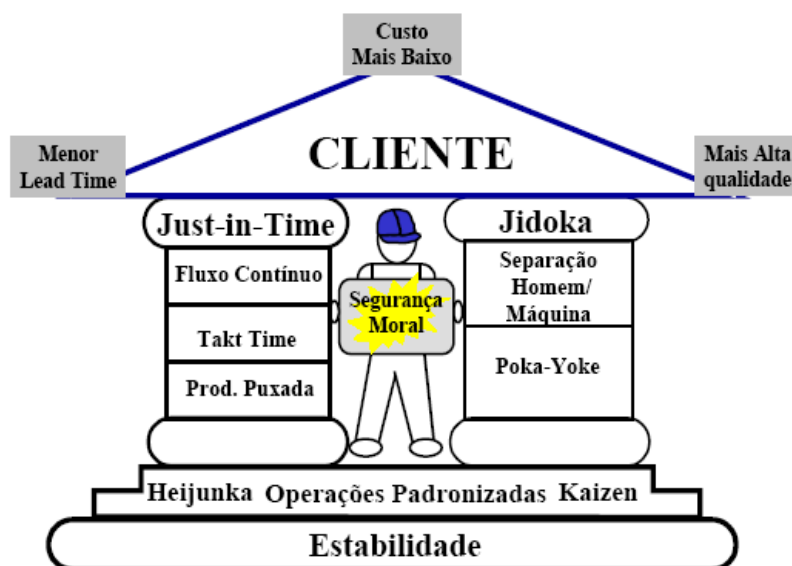
Baseado no estudo realizado por Anjos (2009), podemos afirmar que os principais fatores do TPS sejam pilares formadores de toda uma estrutura, conforme a Figura 2.1. A casa de produção *lean* é formada por:

- Base da sustentação: estabilidade e padronização

- Paredes: sistema de entrega *just in time* e automação
- Telhado: atendimento com foco em satisfazer as necessidades dos clientes

Com esse tipo de classificação, é possível afirmar que o TPS destina-se ao fornecimento de produtos e serviços com a mais alta qualidade ao mais baixo custo e no menor *lead time* possível. Tudo isso sendo realizado garantindo a segurança e a moral dos trabalhadores.

Figura 2.1 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção.



Fonte: ANJOS, 2009

A redução dos custos através da eliminação das perdas no TPS é obtida através do detalhamento do fluxo de valor, isto é, a sequência de processos pela qual passa o material, desde o estágio de matéria-prima até ser transformado em produto acabado. O processo sistemático de identificação e eliminação das perdas passa ainda pela análise das operações, focando na identificação dos componentes do trabalho que não adicionam valor.

Segundo Shingo (1996), a Toyota identificou sete grandes tipos de desperdícios sem agregação de valor em produtos e serviços. Há um oitavo tipo de perda, incluído por Liker (2004):

- Superprodução: produção superior à demanda, gerando perda por estoque, excesso de mão de obra e custos de transporte desnecessários.

- Superprocessamento ou processamento incorreto: produção com qualidade superior àquela esperada pelo cliente, ou seja, se gasta a mais com controle de qualidade e processamento não havendo a necessidade para que atinja o mercado.
- Movimento Desnecessário: qualquer tipo de movimento desnecessário no qual o funcionário deva fazer para cumprir sua tarefa.
- Transporte ou Movimentação Desnecessários: movimentações por longas distâncias, transporte de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos.
- Excesso de Estoque: estoques desnecessários sendo de matéria-prima, em processo ou de produtos acabados, causando *lead times* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos de transporte e de armazenagem e atrasos.
- Defeitos: produção de peças defeituosas que geram necessidade de consertar ou retrabalhar, descartar ou substituir a produção e inspecionar significam perdas de manuseio, tempo e esforço.
- Espera (Tempo sem Trabalho): a ociosidade do trabalhador esperando uma máquina pelo próximo passo ou vigiando uma máquina automática.
- Desperdício da Criatividade dos Funcionários: perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários.

2.3 Just in Time

A expressão *Just in Time* surgiu no Japão, e o início de sua aplicação é desconhecida. Ohno (1997) citou que a produção *Just in Time* (JIT) surgiu através de Kiichiro Toyoda, proveniente de suas viagens realizadas pelos Estados Unidos e pela Europa em 1930. Após seu retorno ao Japão, Kiichiro Toyoda ficou entusiasmado e decidiu financiar a implantação de suas pesquisas no ramo automobilístico.

Ohno (1997) explica o JIT como um meio de olhar para o processo de seu fim até o começo e considerar apenas as atividades do processo que necessitam de componentes, dessa forma, as atividades iniciais apenas produzem se as atividades finais demandarem. Esse fluxo é chamado de Kanban.

O fluxo contínuo de produção surgiu da necessidade de se reduzir o *lead time*, ou seja, a implementação deste fluxo requeria mudanças no *layout* fabril, convertendo o tradicional *layout* funcional para células de manufatura composta dos diversos setores de fabricação de

uma determinada família de produtos em um sistema com a capacidade de desenvolver um fluxo unitário de produção (um a um), em que, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados.

Segundo Anjos (2009), existem algumas regras simples que guiam a produção *Just in Time*:

- Não produzir um item sem que exista um pedido do cliente
- Nivelar a produção
- Utilizar o Kanban
- Maximizar a flexibilidade de pessoas e máquinas

Para Anjos (2009), o sistema JIT necessita de uma gestão de pessoas conforme a Qualidade Total, garantindo a participação, o comprometimento e não conformismo do indivíduo. As metas propostas pelo JIT não são alcançadas rapidamente, mas em um movimento contínuo de aperfeiçoamento, denominado Kaizen, que engloba os seguintes aspectos:

- Zero defeitos
- Tempo zero de preparação
- Estoques zero
- Movimentação zero
- Quebra zero
- *Lead time* zero
- Lote unitário (uma peça de cada vez)

Um sistema JIT bem dimensionado se sustenta em vários aspectos ou ferramentas, dentre eles:

- Kanban: chave da produção puxada faz com que o processo subsequente demande o processo anterior, fazendo com que o processo continue apenas com demanda.

- Tempo de Preparação: reduzir os tempos de preparação ao máximo, isto é, em algumas situações, a produção uma a uma será inviável, sendo necessário o menor desperdício possível durante a preparação.

- Colaborador Multifuncional: adaptação dos funcionários em atividades multifuncionais fazendo com que trabalhem em mais de um posto de trabalho, reduzindo a necessidade de um preparador de máquina e um operador de máquina e sim de um operador mantenedor.

- *Layout*: o *layout* de qualquer fábrica é muito diferente com o sistema *Just in Time*, já que o estoque é mantido no chão da fábrica entre as estações de trabalho, mesmo de forma reduzida.

- Qualidade: a qualidade é essencial ao sistema *Just in Time*. Um erro no processo, além de gerar perdas e desperdícios, pode gerar uma parada devido à falta de estoque em processo.

- Fornecedores: os relacionamentos com o fornecedor são de extrema importância, podendo se fazer necessária a instalação próxima do fornecedor para que garanta o prazo de entrega.

O *Just in Time*, conforme observado por Anjos (2009), afeta quase todos os elementos da operação de uma estrutura de manufatura: tamanho dos lotes, programação, qualidade, *layout*, fornecedores, relações trabalhistas, entre outros. As principais vantagens dessas alterações são: giros de estoque mais rápidos, qualidade superior e substanciais vantagens de custos.

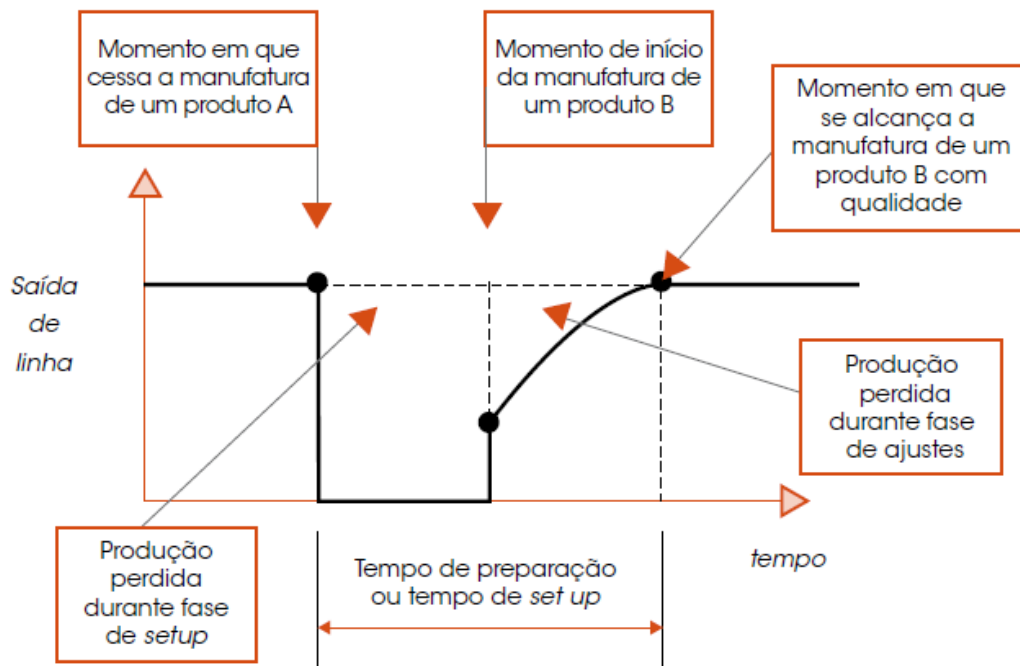
2.4 Metodologia SMED/TRF

As técnicas de troca rápida de ferramentas (TRF), também conhecidas como SMED (*Single Minute Exchange of Die*) partiu de estudos de um engenheiro japonês chamado Shigeo Shingo.

Sofrendo forte influência pelas teorias da administração científica de Taylor, durante 19 anos (1950 à 1969), Shigeo Shingo desenvolveu técnicas que possibilitariam reduzir qualquer tempo de *setup* em tempos inferiores a 10 minutos se aplicadas corretamente (SHINGO, 2000).

Os tempos de *setup* são definidos por Satolo & Calarge (2008), como o tempo decorrente entre a produção da última peça boa do lote anterior e a primeira peça boa do lote seguinte, dentro do coeficiente normal de produção, conforme Figura 2.2. Tradicionalmente, esses tempos são longos, os quais estimulam a produção em lotes maiores e conseqüentemente à superprodução e ao aumento dos desperdícios e estoques.

Figura 2.2 – Gráfico “Saída de linha por Tempo”, definindo o conceito de *Setup*.



Fonte: SATOLO & CARLAGE, 2008.

Vários autores já abordaram a metodologia SMED e as hipóteses do surgimento e desenvolvimento da metodologia (SUGAI; McINTOSH; NOVASKI, 2007).

[...] O sistema Toyota de produção (STP), criado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno na década de 1950, ganhou seus primeiros contornos na literatura acadêmica com o professor Yasuhiro Monden. Com o STP busca-se, principalmente, a eliminação de desperdícios, e para tal, foram criadas técnicas como: a produção em pequenos lotes, redução de estoques, alto foco na qualidade, manutenção preventiva, entre outras. A produção em pequenos lotes e a redução de estoques incentivam enormemente ações no sentido da redução do tempo de *setup*, um capacitador da produção puxada, de acordo com Godinho Filho e Fernandes (2004).

As técnicas aplicadas na Toyota foram todas desenvolvidas internamente, com exceção do SMED, sistema para redução de tempo de *setup* de máquinas, elaborado em colaboração com o consultor Shigeo Shingo (WOMACK; JONES, 1998). Ao realizar as primeiras análises sobre o STP, Monden (1984) apontava que o sistema de Shingo, além de ser um conceito inovador genuinamente japonês, seria também uma teoria muito comum cuja prática seria difundida na engenharia industrial em todo o mundo. Cusumano (1989), porém, comentava que o *setup* rápido é originário dos Estados Unidos. Conforme este autor, Ohno conheceu em meados dos anos 1950 as prensas de *setup* rápido da *Danly Machine* em Chicago e descobriu a

grande solução que a redução do tempo de *setup* oferecia para a produção em pequenos lotes e redução de estoques. Contratou Shingo para desenvolver a metodologia na Toyota.

A metodologia SMED foi criada para diminuir ao máximo o tempo de *setup*. Segundo Shingo (2000), a metodologia foi desenvolvida em um período de aproximadamente 19 anos, por meio de vários resultados de exames detalhados de aspectos teóricos e práticos (REIS; ALVES, 2010).

A visão principal da metodologia SMED está na visualização das operações e na divisão das mesmas entre o *setup* interno e externo, com a finalidade de diminuir o tempo total de máquina parada e, com isso, diminuir o tempo de *setup*.

A metodologia SMED pode ser dividida em 4 etapas principais durante a sua implantação no respectivo equipamento (REIS;ALVES,2010):

- 1ª Etapa – Visualização do processo de *setup* atual e ir observando quais são as operações que fazem parte do *setup* externo (todas as atividades que fazem parte do *setup* e que podem ser executadas sem que haja interrupção da produção) e que estão sendo realizadas juntamente com as operações de *setup* interno (abrange todas as atividades que fazem parte do *setup* e que não podem ser executadas sem que haja interrupção da produção) e com isso fazendo com que as máquinas fiquem paradas por um tempo superior ao ideal, além de realizar discussões informais com os operadores para conseguir os dados que serão de extrema importância na implantação da metodologia.

- 2ª Etapa – Fazer a separação das operações de *setup* entre *setup* interno e externo, essa separação gera uma diminuição considerável nos tempos totais de *setup*.

[...] se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre *setup* interno e externo é o passaporte para atingir o SMED. (SHINGO *et al*, 1985, *apud* Sugai; McIntosh; Novaski ,2007).

- 3ª Etapa – Realizar a conversão ao máximo de operações de *setup* interno em *setup* externo, exemplo trazer os insumos de outras áreas para uma área mais próxima do equipamento, pois é uma operação que pode ser realizada antes de parar a máquina.

- 4ª Etapa – Colocar em prática todas as modificações organizacionais durante o *setup* e observar os ganhos em relação ao tempo de *setup*.

Outros autores ainda colocam mais uma etapa posterior á implantação da metodologia SMED, que seria a visualização e implantação de projetos com a finalidade de facilitar as operações de *setup* e com isso conseguir economizar ainda mais tempo no processo de *setup*,

no entanto essas melhorias esbarram nas questões financeiras, pois diferentemente da metodologia SMED que são medidas organizacionais, essas requerem investimentos para serem implantadas e por isso precisam ser estudadas para observar a viabilidade do projeto (FERREIRA; PIRES, 2006).

2.5. Difusão da metodologia SMED no Brasil

A 1ª versão do livro de Shingo foi publicada no Brasil no ano de 2000, com o título “Sistema de Troca de Ferramentas” (SHINGO, 2000). Outros autores confirmaram que já faziam aplicações no Brasil de alguns conceitos de redução de tempo gasto em *setup* com referência aos conceitos de SMED, como Silva e Duran *et al.* (1998, *apud* SUGAI; MCINTOSH; NOVASKI, 2007) que aplicaram os conceitos organizacionais da metodologia em uma fábrica de freios. Vários autores abordam os conceitos da metodologia com o nome de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), como exemplo os autores FERREIRA e PIRES (2006) que aplicaram a metodologia em uma fábrica de móveis em Minas Gerais, outros autores abordaram a redução do tempo de *setup* em diferentes setores da indústria como Ruy Victor Barbosa de Souza que aplicou técnicas de redução do tempo de *setup* para aumentar a produtividade nas indústrias gráficas SOUZA (2009) e NAVARRO (2004) que aplicou os conceitos de SMED na indústria automobilística.

Outros autores que abordaram assuntos semelhantes ao SMED e que facilitaram o entendimento dos diversos sistemas de produção, também foram abordados, Carlos Aparecido dos Santos que confeccionou uma proposta para implementação da produção enxuta em uma multinacional SANTOS (2003) e Matheus de Carvalho Dias que abordou em seu trabalho a produção enxuta e o planejamento e controle da produção DIAS (2009).

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

3.1 Descrição do processo produtivo

O processo produtivo de envasamento de garrafas de cerveja é dividido em várias etapas e passa por diversas máquinas distribuídas em um *layout* que realmente lembra uma linha reta. Segue um fluxo contínuo e de dependência de uma máquina para com a outra para que o processo seja completo.

Tudo começa no recebimento dos paletes vindos do mercado. A área de logística da fábrica recebe estes paletes vindos de diversos distribuidores e os armazena em seu estoque. Estes paletes, com 1008 garrafas vazias dispostas em seis camadas de sete caixas, são uma das entradas do processo de envasamento. O abastecimento se dá por empilhadeiras que os colocam em transportadores de roletes tracionados por corrente que conduzem estes paletes até a despaletizadora. Nesta máquina, os paletes serão “desmontados” camada por camada em uma mesa que se encarrega de empurrar as caixas, por meio de réguas metálicas, até o virador. Nessa etapa do virador, o objetivo da máquina é que as caixas sejam posicionadas da forma correta e sigam adiante na mesma posição em transportadores de esteiras de inox tracionadas. Estes transportadores estão presentes em toda a extensão da linha para o transporte de caixas e para o transporte de garrafas, sendo a ligação entre cada maquinário.

As caixas são transportadas até a desencaixotadora, onde acontece a separação das garrafas e das caixas. Nesta máquina, as caixas entram em duas fileiras de quatro e são posicionadas embaixo do cabeçote pegador de garrafas. Este cabeçote possui canetas com membranas de borracha nas pontas que são expandidas e contraídas por ar comprimido. Como ocorre o encaixe perfeito do cabeçote nas caixas, quando as membranas são infladas com ar comprimido, já dentro das caixas, as garrafas ficam presas às canetas e retiradas de dentro das caixas. Um movimento contrário é realizado e as garrafas são depositadas em uma mesa de esteiras, igualmente tracionadas, como mencionado anteriormente, para que sejam conduzidas à próxima máquina.

As caixas, agora vazias, são transportadas até a entrada da encaixotadora, para que o processo inverso seja realizado, mas agora com garrafas cheias e prontas para o mercado. No percurso para esta máquina, as caixas passam por uma lavadora de caixas que, por meio de jatos de água, retiram excesso de sujeira vinda do mercado.

As garrafas seguem para a lavadora de garrafas, onde serão preparadas para o momento do envasamento. Nesta máquina, composta por oito tanques, as garrafas, por aproximadamente 45 minutos, passam por um processo de limpeza, combinando a ação química da soda cáustica e água em alta temperatura com a ação mecânica de remoção da sujeira interna e externa da garrafa, por meio de esguichos muito bem posicionados e agitação dentro dos tanques, provocadas por turbinas. Essa limpeza se faz necessária para que toda sujeira, interna e externa, e os micro-organismos presentes nas garrafas sejam eliminados, e a qualidade do produto a ser envasado seja mantida. Nos quatro últimos tanques da máquina, é feito o enxágue de todas as garrafas, para que não haja resíduos de nenhum produto químico.

Ao sair da lavadora, as garrafas são conduzidas ao inspetor eletrônico. Última barreira de segurança antes do envasamento, esta máquina inspeciona interna e externamente as garrafas de forma muito rápida e eficiente, tirando fotos das garrafas em várias posições e por diferença de contraste de imagens, separando aquelas que não possuem defeito, sujeira interna, para que sigam no processo. As garrafas rejeitadas com sujeira interna retornam para a lavadora para uma nova limpeza (após inspeção visual de um operador posicionado na saída do inspetor) e as garrafas com defeito ou com pequenas quebras ou trincas são segregadas e devolvidas à área de logística para posterior quebra. O resíduo gerado após a quebra destas garrafas é enviado a uma das fábricas de garrafas da companhia, onde é aproveitado na fabricação de novas garrafas.

As garrafas que foram aprovadas na inspeção são destinadas às enchedoras. É injetado, nas garrafas vazias, CO₂ para forçar a saída do oxigênio presente nas garrafas, já que este gás oxida a cerveja e acaba alterando o seu sabor. Com a garrafa presa no bocal da máquina, o enchimento se inicia. O chope (só é cerveja depois que o chope é pasteurizado) começa a ser envasado descendo pela parede de um tubo de ar que está dentro da garrafa, preso ao bocal de enchimento. O oxigênio continua sendo retirado da garrafa pela parte interna do tubo. Ao descer pela parede do tubo, o líquido é espalhado em forma de leque para a parede da garrafa por meio de uma aba cônica, fixa no tubo, para evitar a formação excessiva de espuma. Quando a extremidade do tubo é fechada pelo produto, o oxigênio para de ser retirado e o enchimento é suspenso. As garrafas são então liberadas dos bocais, passam por um fino jato de água quente, chamado HDE, para retirar o restante de oxigênio e controlar a espuma, a fim de que seja cumprido o volume determinado e analisado pelo INMETRO. As garrafas são então lacradas no arrolhador e destinadas à próxima etapa, que é a pasteurização.

O pasteurizador é uma máquina que possui nove tanques, cada um a uma temperatura específica e com esguichos que molham as garrafas por toda a extensão da máquina. A pasteurização é necessária para garantir a estabilidade microbiológica do produto, e é o processo pelo qual o chope passa a ser cerveja. As temperaturas se elevam e reduzem gradativamente durante este processo. Precisa ser uma mudança gradativa para que não ocorra um choque térmico muito acentuado e prejudique a qualidade do produto ou ocasione o estouro de garrafas dentro da máquina.

As garrafas saem do pasteurizador por um transportador de esteiras até as rotuladoras. Nelas, as garrafas recebem sua identidade final com os rótulos de corpo (*front*) e no gargalo (*neck*), além da impressão da data de validade e identificação da unidade de fabricação do produto. É um processo rápido de transferência de rótulos por meio de um cilindro de pinças e cola aplicada na medida certa. Tudo precisa ser muito bem sincronizado e acompanhado pelos operadores, para que não haja problemas na rotulagem e paradas de máquina para ajustes.

Mais uma vez transportadas em esteiras, as garrafas, agora devidamente identificadas, partem para a encaixotadora, máquina cujo princípio de funcionamento é o mesmo da desencaixotadora, porém colocando as garrafas dentro das caixas, já lavadas.

As caixas seguem para o final da linha de produção, passando por outro inspetor eletrônico, que verificará se as caixas estão completas com 24 garrafas. As caixas que não estão completas são expulsas para uma mesa de seleção, e ficam aí até que o operador as complete. As caixas completas são transportadas até a paletizadora.

A paletizadora segue o mesmo princípio da despaletizadora, porém, formando os paletes para serem estocados no armazém da logística até que sejam carregados e distribuídos no mercado.

3.2 Medição pelo gráfico V

As linhas de produção da empresa são dimensionadas seguindo uma ideia de gráfico em formato de “V”. Cada uma das máquinas possui uma velocidade nominal que seja possível manter a produção total a partir de sobrevelocidades em relação ao equipamento gargalo da linha, posicionado no vértice deste gráfico.

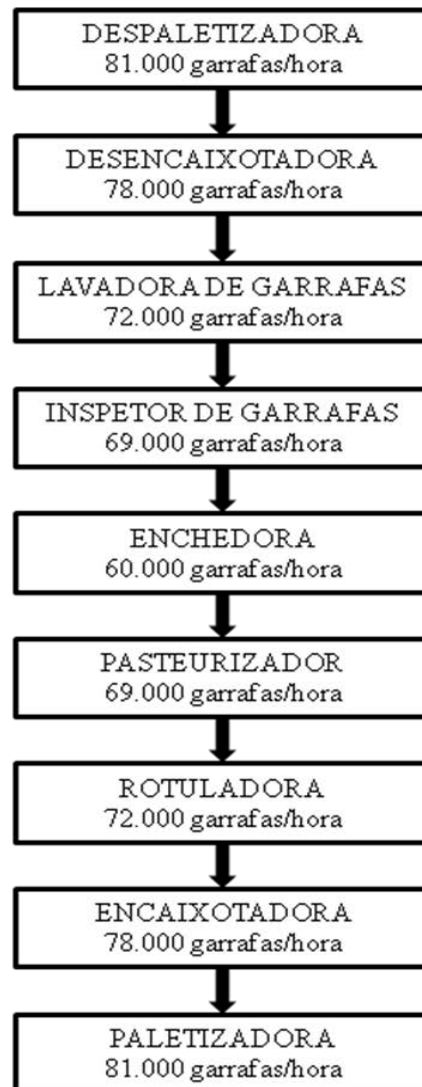
No caso da linha onde foi aplicado o estudo, as máquinas gargalo são as enchedoras, ou seja, o ritmo de produção é dado em função da velocidade destas máquinas. São duas em cada uma das linhas de envasamento, proporcionando uma cadência de produção de 60.000 garrafas envasadas por hora.

O monitoramento das velocidades das máquinas é gerenciado por um coletor de dados automatizado que alimenta um sistema corporativo de produção. Este sistema recebe periodicamente a informação se a máquina gargalo está produzindo. Os operadores justificam manualmente todos os eventos que ocasionaram uma parada de máquina e, por consequência, da linha de produção.

Para que a linha de produção possa produzir o esperado, a máquina gargalo não pode parar. É preciso ter garrafas o suficiente na entrada da máquina para que ela funcione sem interrupções por falta de garrafas e, em contrapartida, é preciso ter espaço (pulmão, como é chamado) à frente da máquina, para que ela não pare por acúmulo de garrafas na saída. Tudo precisa ser muito bem sincronizado e recebe ajustes automáticos de modulação tanto dos transportes quanto das máquinas.

A Figura 3.1 ilustra, de forma ordenada, as máquinas envolvidas no processo desta linha de envasamento e com suas respectivas velocidades nominais.

Figura 3.1 – Fluxo da Linha de Produção Estudada.



Fonte: Autor

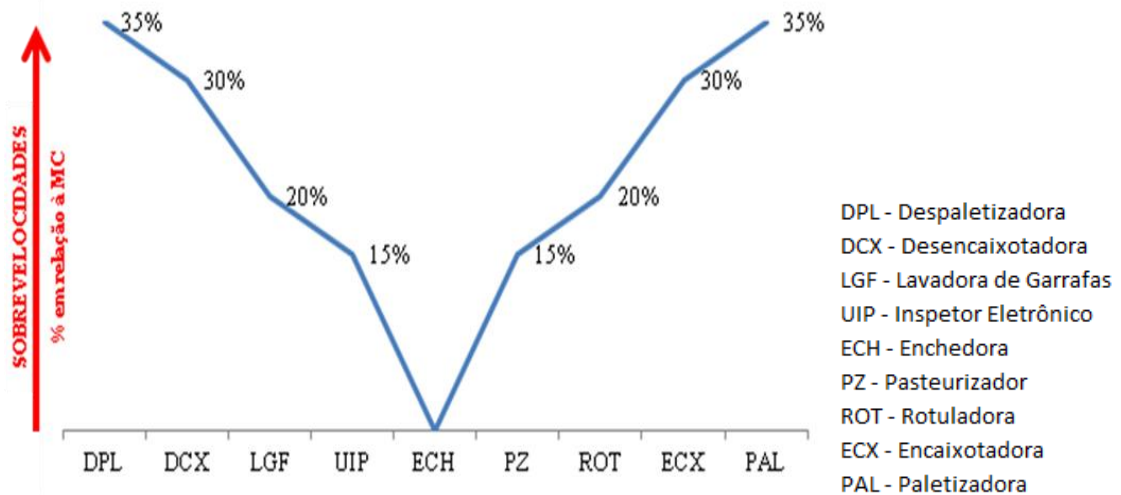
Para atender ao Gráfico V da linha de produção e manter o equipamento gargalo operando plenamente em sua velocidade nominal, os outros equipamentos foram dimensionados da seguinte forma:

- DESPALETIZADORA – são duas máquinas com capacidade nominal de despaletizar 40.500 garrafas por hora, ou seja, entregando por hora 81.000 garrafas em uma das pontas do processo; 35% mais garrafas do que a máquina gargalo é capaz de absorver por hora.
- DESENCAIXOTADORA – uma máquina com capacidade nominal de retirar 78.000 garrafas das caixas por hora; 30% mais garrafas do que a máquina gargalo é capaz de absorver por hora.

- LAVADORA DE GARRAFAS – uma máquina com capacidade nominal de lavar 72.000 garrafas por hora; 20% mais garrafas do que a máquina gargalo é capaz de absorver por hora.
- INSPETOR ELETRÔNICO – uma máquina com capacidade de inspecionar 69.000 garrafas por hora; 15% mais garrafas do que a máquina gargalo é capaz de absorver. Normalmente, a quantidade de garrafas rejeitadas após a inspeção gira em torno de 5%, sendo assim, esta máquina está com uma capacidade de abastecimento 10% acima do que a máquina gargalo é capaz de absorver por hora.
- ENCHEDORA – são duas máquinas com capacidade de envasar 30.000 garrafas por hora cada uma, ou seja, 60.000 garrafas por hora. São as máquinas gargalo do processo e responsáveis pelo nominal produtivo da linha. Este é o vértice do Gráfico V.
- PASTEURIZADOR – uma máquina em forma de túnel com capacidade de pasteurizar 69.000 garrafas por hora; 15% mais garrafas do que as enchedoras são capazes de envasar por hora.
- ROTULADORA – são duas máquinas com capacidade de rotular e codificar 36.000 garrafas por hora, ou seja, 72.000 garrafas por hora; 20% mais garrafas do que as enchedoras são capazes de envasar por hora.
- ENCAIXOTADORA - uma máquina com capacidade nominal de colocar 78.000 garrafas nas caixas por hora; 30% mais garrafas do que as enchedoras são capazes de envasar por hora.
- PALETIZADORA – são duas máquinas com capacidade nominal de paletizar 40.500 garrafas por hora, ou seja, entregando por hora 81.000 garrafas para o armazém, desafogando a linha e finalizando o processo; 35% mais garrafas do que as enchedoras são capazes de envasar por hora.
- TRANSPORTADORES – entre cada um dos maquinários, os transportadores possuem uma modulação tal que permita sempre que, antes do equipamento crítico, enchedoras, todo o espaço seja tomado por garrafas e caixas e, após o equipamento crítico, haja sempre um espaço de aproximadamente 50% para que sejam preenchidos sem que as enchedoras parem por acúmulo.

A Figura 3.2 ilustra como ficou o Gráfico V da linha de produção em questão com a indicação do percentual da sobrevelocidade de cada equipamento.

Figura 3.2 – Gráfico “V” da Linha de Produção Estudada.



Fonte: Autor

Para um bom rendimento da linha, os equipamentos devem performar conforme os números indicados no Gráfico V. A operação e a equipe de mantenedores são vitais para o sucesso desta análise. Manter os equipamentos em ordem cumprindo com os planos de manutenção preventiva e verificações diárias são essenciais.

No momento do estudo, foram observadas várias oportunidades:

- Falha na modulação dos transportadores de garrafas - o que ocasionava parada excessiva em determinados trechos, acumulando garrafas na saída de alguma máquina e faltando garrafa na entrada de outra. Muitos trechos em que não havia parada por acúmulo de garrafas, causando um desgaste desnecessário dos materiais e queda de garrafas no chão.
- Trechos de transportadores com esteiras travadas ou rodas de tração danificadas – também ocasionavam acúmulo desnecessário e queda em alguns pontos da linha.
- Dois trechos de transportador com chapa de passagem de garrafas danificadas – ocasionando queda e travamento de garrafas nos próprios transportadores.
- Estouro de garrafas na entrada das rotuladoras – caracol de condução das garrafas estava com muito desgaste, e a folga ocasionava muita vibração na entrada de garrafas da máquina.

- Operador destreinado operando o equipamento – um dos operadores reveza não tinha sido treinado adequadamente nos padrões operacionais.

Cada uma destas oportunidades fazia com que as máquinas não atingissem a sua velocidade nominal e, por consequência, a linha não produzia aquilo que era esperado. Além de tornar o ambiente de trabalho mais inseguro, devido aos estouros de garrafas de vidro.

Para todos os pontos levantados, foi elaborado um plano de ação em conjunto com a equipe de engenharia para que, nas paradas semanais para manutenção, os trabalhos necessários fossem executados.

3.3 Identificação do equipamento crítico do *setup*

O cenário apresentado anteriormente é o desta linha de produção em questão em produção plena, mas isso não ocorre em 100% do tempo. É necessário buscar o maior valor de produtividade possível sendo eficiente e atendendo ao mercado, por isso, o número de *setups* nesta linha se tornou cada vez maior.

Realizar uma troca de produto gastando muito tempo interfere diretamente no resultado de produtividade da linha. De nada adianta ter uma linha que opere dentro do estipulado pelo Gráfico V se, nos momentos em que é preciso trocar de produto, leva-se um tempo exorbitante para tal.

Como descrito por Ohno, um dos idealizadores do sistema Toyota de produção, há necessidade cada vez maior de as empresas ficarem mais próximas da demanda real do mercado consumidor, e não mais produzir por produzir (OHNO, 1997). Este é o raciocínio que pode explicar o porquê dos *setups*. A mudança do perfil de consumo, o aumento das exigências dos consumidores e a crescente disputa entre os concorrentes forçam as empresas a estarem sempre buscando inovações e novos atrativos que potencializem o consumo de seus produtos.

Diferente do conceito de equipamento crítico, ou gargalo, para a produção, o equipamento crítico no momento de *setup* é aquele em que se desprende mais tempo durante toda a atividade de troca de produto desde o final de produção do lote anterior até a primeira unidade produzida do novo produto.

Analisando a execução desta atividade, constatou-se que o gargalo, no momento de *setup*, é a rotuladora da linha de produção. A troca de produto nas duas máquinas exige muito ajuste manual, troca de subconjuntos da máquina que realizam a rotulagem, utilização de ferramental específico, pois cada produto possui um insumo com formato diferente.

Observou-se que os operadores executavam as seguintes tarefas durante o *setup*:

- Transporte das caixas com os rótulos a serem utilizados da área de insumos para próximo às rotuladoras.
- Revisar e lubrificar, com ferramentas manuais, os cilindros de transferência de rótulos.
- Revisar, lubrificar e alinhar as unhas dos castelos de rótulos.
- Lubrificar os paletes de rotulagem.
- Abastecer as calhas das máquinas com os rótulos que serão utilizados, tanto as calhas de rótulo *front* como as de rótulo *neck*.
- Constantemente pegar ferramentas no armário de ferramentas da área.
- Liberar as garrafas do novo produto para dentro da máquina e observar se a rotulagem está conforme o padrão corporativo.
- Abastecer as calhas reservas das máquinas com os rótulos.
- Agrupar os rótulos da produção anterior em pacotes presos por elásticos e encaixotá-los para posterior utilização.
- Limpar os paletes de rotulagem e os castelos de rótulo utilizados na última produção com água morna e sabão.
- Guardar os paletes de rotulagem e os castelos de rótulo.
- Limpar os cilindros transferência utilizados na última produção com pano e água morna.
- Guardar os cilindros de transferência.
- Guardar as ferramentas manuais utilizadas.

Tendo em mãos quais eram as tarefas desenvolvidas durante o *setup* das rotuladoras, avaliou-se qual o tempo gasto em cada uma delas e, por consequência, qual o tempo total da atividade nestas máquinas. Nesta etapa, também foi possível identificar quais as atividades em que as máquinas realmente precisavam estar paradas (*setup* interno) e quais atividades poderiam ser executadas com a máquina em produção (*setup* externo).

Durante um período de três semanas, foram realizados três *setups* como este por semana, e em todos os momentos as medições foram feitas acompanhando o trabalho dos operadores. Foram construídos resultados com os melhores tempos das três medições de cada tarefa executada na troca do produto AP para o produto BC. Este *setup* é um dos mais comuns e o que exige mais trabalho operacional.

Após esta primeira medição, foi possível observar atividades que poderiam ser executadas antes da parada do equipamento, preparando tudo o que seria necessário para realizar a troca de produto e aquelas atividades em que, impreterivelmente, o maquinário necessita estar parado. A própria operação contribuiu com a análise, e algumas ações foram tomadas a fim de diminuir o tempo de realização do *setup*.

Procedimentos como soltar, retirar e prender os moldes são relacionados ao *setup* interno. Já procedimentos como limpar peças e moldes, transportar materiais e ferramentas são relacionados ao *setup* externo.

Para que a visualização ficasse mais clara, separou-se o tempo despendido em cada uma das etapas. Assim, ficou mais fácil para colocar em prática algumas ações que contribuiriam para a diminuição do tempo de *setup* interno.

A maior parte das ações é simples e de rápido resultado. Poucas coisas foram estruturais ou exigiram projeto ou modificação de equipamento. O principal foi realmente a criação de um padrão operacional detalhando o passo a passo para a realização de todo o *setup*. E posterior treinamento.

Padronizar a atividade foi fundamental, pois acabou com as várias formas de se realizar a atividade deixando apenas a correta. Foi possível nivelar o conhecimento operacional e, independente do dia e turno em que a atividade se fizesse necessária, a operação seria capaz de executar, não sobrecarregando os operadores com mais tempo na função.

Após separação das atividades de *setup* interno e externo, foram criados dois check-lists para aplicação dessas definições e, utilizados para aplicação do *setup* e treinamento dos operadores.

Quadro 1 – Check-list de pré-*setup*

Check-list de pré- <i>setup</i>			
	Atividade	Status	Visto
1	Buscar no estoque os rótulos do produto a ser envasado		
2	Revisar e lubrificar os cilindros de transferência		
3	Revisar, alinhar e lubrificar as unhas dos castelos de rótulo		
4	Lubrificar os paletes de transferência de rótulos		
5	Abastecer as calhas com rótulos do produto a ser envasado		
6	Pegar as chaves 8, 10, 13, 15 mm e Allen 5 mm para ajuste		
7	Colocar o cilindro de transferência, castelo, paletes, calhas cheias e ferramentas no carrinho de <i>setup</i>		

O check-list de pré-*setup* foi definido conforme as primeiras atividades de *setup* foram classificadas como atividades externas, assim o operador confere o que precisa para o *setup* com aproximadamente 1 hora de antecedência e já preenche o check-list com o status da atividade e seu visto, demarcando quem foi o responsável por executar aquela atividade.

Quadro 2 – Check-list de pós-*setup*

Check-list de pós-<i>setup</i>			
	Atividade	Status	Visto
1	Verificar se as garrafas estão saindo rotuladas corretamente		
2	Colocar mais três calhas de front e neck do produto a ser envasado na mesa de rótulos		
3	Retirar o carrinho de <i>setup</i> de perto da rotuladora		
4	Empacotar os rótulos do produto antigo que sobraram nas calhas e colocá-los nas caixas, completando os espaços vazios com plástico para que os rótulos não percam sua organização no espaço		
5	Colocar os paletes em água com sabão para limpeza		
6	Colocar os castelos em água com sabão para limpeza		
7	Limpar e guardar os cilindros de transferência		
8	Guardar os paletes, castelos e cilindros de transferência		
9	Guardar as ferramentas		

O check-list de pós-*setup* foi concebido para que não se perca tempo de produção executando atividades que devem ser feitas com a máquina rodando, economizando no tempo de *setup* e ganhando tempo de produção. Funciona da mesma maneira do check-list de pré-*setup*, ou seja, o operador preenche o status da atividade e atribui um visto ao término, tornando-o responsável pela execução durante aquele *setup*.

No estágio 3, converteu-se algumas tarefas de *setup* interno para *setup* externo, reduzindo o tempo que o equipamento fica parado;

No estágio 4, foi aplicado uma ferramenta de SMED chamada de ECRS (Eliminar, Combinar, Reduzir e Simplificar), efetuando a racionalização das atividades, diminuindo ainda mais o tempo de *setup* final. Dessa maneira, cada análise gerada foi condicionada a uma ação, resumida no Quadro 3.

Quadro 3 – Ações para ECRS das atividades aplicadas durante o *setup*

Nº	AÇÃO
1, 2, 3, 4 e 6	Criar check list de pré- <i>setup</i> .
5	Verificar a possibilidade de eliminar a utilização das chaves.
7	Confeccionar guia para direcionar o fluxo para as máquinas e instalar botão na saída do Pasteurizador para acelerar o transporte de saída até a entrada da rotuladora.
9	Fazer o <i>setup</i> com dois operadores e assim combinar com a tarefa 8.
11, 16, 20, 29, 31, 32, 34, 37 e 40	Confeccionar carrinho de <i>setup</i> , com espaço para as calhas do produto anterior e para o castelo.
12, 13, 19 e 33	Utilizar duas pessoas para eliminar o deslocamento da máquina.
15	Criar o procedimento de retirar 1º a calha e depois o castelo de rótulo.
22	Estudar possibilidade de instalar um calço para facilitar o posicionamento da calha.
23	Mudar o sistema para engate rápido.
24	Fazer a etapa com dois operadores e combinar com a atividade 23.
30	Combinar a com as atividades 25,26 e 27.
41 e 44	Instalar mais um sensor com conector rápido para outro produto e terá que ser feito durante o <i>setup</i> da máquina.
42	Fazer durante o teste de rotulagem e inserir no padrão provisório.
45	Fazer após a partida da linha de produção.
47	Com todos os parâmetros "OK", podemos checa-lo após o <i>setup</i> .

Como citado por Sugai *et al* (2011), o processo de *setup* aplicado à rotuladora não se aplica aceleração e desaceleração por acontecer em um tempo muito curto, cerca de 5 segundos para cada operação, não sendo necessário contabilizá-los nos cálculos do *setup* em função da relevância do tempo inicial quanto ao final.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas informações necessárias antes da aplicação do SMED no estudo de caso foi que durante o *setup*, o operador realizava as atividades sem padronização, por mais que existisse um, usando seu conhecimento para a troca de acordo com suas necessidades, isso fazia com que ocorresse muita perda por movimentação e ações desnecessárias, gerando um tempo total de *setup* de 98 minutos.

Os primeiros passos dos resultados obtidos estão caracterizados pelo registro do *setup* com o equipamento parado, desde suas atividades até o tempo necessário para cada uma, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das atividades e tempo de máquina parada para *setup*.

Nº	ATIVIDADE	tempo (min)
1	Colocar rótulo do produto seguinte nas calhas	00:00
2	Revisar e lubrificação dos paletes e cilindros de transferência	00:00
3	Verificar alinhamento e lubrificar as unhas dos castelos de rótulos	00:00
4	Abastecimento de 3 calhas de rótulos front	00:00
5	Pegar as ferramentas	00:00
6	Troca da régua de transferência de calha	00:00
7	Esvaziar da linha do produto anterior	01:11
8	Recuo do empurrador de rótulos	00:42
9	Desconexão das mangueiras de ar	00:20
10	Retirada de calha de neck	00:15
11	Colocar a calha na mesa	00:09
12	Retirada do conjunto de castelo de neck	00:21
13	Abrir a mesa para retirada dos rótulos de front	00:27
14	Troca do empurrador do front	00:20
15	Retirada de rótulos	00:46
16	Transferência dos rótulos de front para a mesa	00:09
17	Tentativa de retirada do castelo de front	00:01
18	Desconexão dos cabos	00:20
19	Retirada de castelo de front	00:14
20	Buscar e colocar castelo do produto novo - Front	00:13
21	Colocar castelo de produto novo - Neck	00:26
22	Ajuste de castelos e calha - Front	00:47
23	Conexão dos cabos e inserção de calha cheia	00:41

Tabela 1 – Descrição das atividades e tempo de máquina parada para *setup*.
(conclusão)

Nº	ATIVIDADE	tempo (min)
24	Soltou a corrente e abaixou a mesa	00:06
25	Ajustou castelo superior	
26	Colocou rótulos de neck nas calhas	01:09
27	Testou empurrador de rótulos	
28	Ajustou os rótulos no castelo	00:28
29	Colocou calha na mesa ao lado	00:10
30	Abriu a régua de cola e a tampa do agregado	00:26
31	Buscar paletes na mesa	00:20
32	Checou a numeração dos paletes	00:24
33	Pegar o jog	00:07
34	Montagem dos paletes	01:23
35	Fechou tampa	00:13
36	Retirada do cilindro de transferência	00:21
37	Buscou o cilindro de transferência do novo produto	00:07
38	Montagem do cilindro	00:43
39	Ajustou a distância dos cilindros	00:12
40	Retirou os paletes do produto anterior e as ferramentas	00:54
41	Inserção de garrafas para teste e mudança da posição do canhão do datador	00:00
42	Conexão das mangueiras da régua de calha	00:36
43	Teste de rotulagem	00:24
44	Ajuste de codificação	00:39
45	Inserção de mais três calhas de rótulo Front	00:06
46	Ajustes de rotulagem + rampa para nominal	00:50
47	Verificação da rotulagem	00:10
	TOTAL	17:10

De posse de todas as atividades, concluiu-se o estágio 1 de aplicação do SMED, dessa forma, pode-se iniciar o estágio 2, diferenciando *setup* interno de *setup* externo, expondo os dados na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição das atividades e separação entre *setup* interno e externo.

Nº	ATIVIDADE	Interno	Externo
1	Colocar rótulo do produto seguinte nas calhas		06:00
2	Revisar e lubrificação dos paletes e cilindros de transferência		10:00
3	Verificar alinhamento e lubrificar as unhas dos castelos de rótulos		05:00
4	Abastecimento de 3 calhas de rótulos front		07:00
5	Pegar as ferramentas		02:00
6	Troca da régua de transferência de calha		00:30
7	Esvaziar da linha do produto anterior	01:11	
8	Recuo do empurrador de rótulos	00:42	
9	Desconexão das mangueiras de ar	00:20	
10	Retirada de calha de neck	00:15	
11	Colocar a calha na mesa	00:09	
12	Retirada do conjunto de castelo de neck	00:21	
13	Abriu a mesa para retirada dos rótulos de front	00:27	
14	Troca do empurrador do front	00:20	
15	Retirada de rótulos	00:46	
16	Transferência dos rótulos de front para a mesa	00:09	
17	Tentativa de retirada do castelo de front	00:01	
18	Desconexão dos cabos	00:20	
19	Retirada de castelo de front	00:14	
20	Buscar e colocar castelo do produto novo - Front	00:13	
21	Colocar castelo de produto novo - Neck	00:26	
22	Ajuste de castelos e calha - Front	00:47	
23	Conexão dos cabos e inserção de calha cheia	00:41	
24	Soltou a corrente e abaixou a mesa	00:06	
25	Ajustou castelo superior		
26	Colocou rótulos de neck nas calhas	01:09	
27	Testou empurrador de rótulos		
28	Ajustou os rótulos no castelo	00:28	
29	Colocou calha na mesa ao lado	00:10	
30	Abriu a régua de cola e a tampa do agregado	00:26	
31	Buscar paletes na mesa	00:20	
32	Checou a numeração dos paletes	00:24	
33	Pegar o jog	00:07	
34	Montagem dos paletes	01:23	
35	Fechou tampa	00:13	
36	Retirada do cilindro de transferência	00:21	
37	Buscou o cilindro de transferência do novo produto	00:07	

Tabela 2 – Descrição das atividades e separação entre *setup* interno e externo.
(conclusão)

Nº	ATIVIDADE	Interno	Externo
38	Montagem do cilindro	00:43	
39	Ajustou a distância dos cilindros	00:12	
40	Retirou os paletes do produto anterior e as ferramentas	00:54	
41	Inserção de garrafas para teste e mudança da posição do canhão do datador	00:00	
42	Conexão das mangueiras da régua de calha		00:36
43	Teste de rotulagem	00:24	
44	Ajuste de codificação	00:39	
45	Inserção de mais três calhas de rótulo Front	00:06	
46	Ajustes de rotulagem + rampa para nominal	00:50	
47	Verificação da rotulagem	00:10	
	TOTAL	16:34	31:06

Com todas as atividades de *setup* interno e externo distribuídas, podemos analisar e tentar melhor ainda mais o processo, utilizando o terceiro e quarto estágio do SMED, ou seja, transformação de *setup* interno em *setup* externo e racionalização das atividades utilizando ECRS, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Tempo reduzido através de aplicação do Estágio 3 e 4 do SMED.

Nº	ATIVIDADE	Eliminar	Combinar	Reduzir	Simplificar
1	Colocar rótulo do produto seguinte nas calhas				
2	Revisar e lubrificação dos paletes e cilindros de transferência				
3	Verificar alinhamento e lubrificar as unhas dos castelos de rótulos				
4	Abastecimento de 3 calhas de front				
5	Pegar as ferramentas			00:01	
6	Troca da régua de transferência de calha				
7	Esvaziar da linha do produto anterior			00:41	
8	Recoo do empurrador de rótulos				
9	Desconexão das mangueiras de ar		00:20		
10	Retirada de calha de neck				

Tabela 3 – Tempo reduzido através de aplicação do Estágio 3 e 4 do SMED. (continuação)

Nº	ATIVIDADE	Eliminar	Combinar	Reduzir	Simplificar
11	Colocar a calha na mesa	00:09			
12	Retirada do conjunto de castelo de neck			00:10	
13	Abrir a mesa para retirada dos rótulos de front			00:22	
14	Troca do empurrador do front				
15	Retirada de rótulos			00:16	
16	Transferência dos rótulos de front para a mesa	00:09			
17	Tentativa de retirada do castelo de front	00:01			
18	Desconexão dos cabos				
19	Retirada de castelo de Front			00:04	
20	Buscar e colocar castelo do produto novo – Front			00:03	
21	Colocar castelo de produto novo – Neck				
22	Ajuste de castelos e calha – Front				
23	Conexão dos cabos e inserção de calha cheia				00:20
24	Soltou a corrente e abaixou a mesa	00:06			
25	Ajustou castelo superior				
26	Colocou rótulos de neck nas calhas				
27	Testou empurrador de rótulos				
28	Ajustou os rótulos no castelo				
29	Colocou calha na mesa ao lado			00:05	
30	Abriu a régua de cola e a tampa do agregado		00:26		
31	Buscar paletes na mesa			00:10	
32	Checou a numeração dos paletes	00:24			
33	Pegar o jog	00:07			
34	Montagem dos paletes			00:33	
35	Fechou tampa				
36	Retirada do cilindro de transferência				
37	Buscou o cilindro de transferência do novo produto			00:02	
38	Montagem do cilindro				
39	Ajustou a distância dos cilindros				
40	Retirou os paletes do produto anterior e as ferramentas	00:54			
41	Inserção de garrafas para teste e mudança da posição do canhão do datador		02:00		

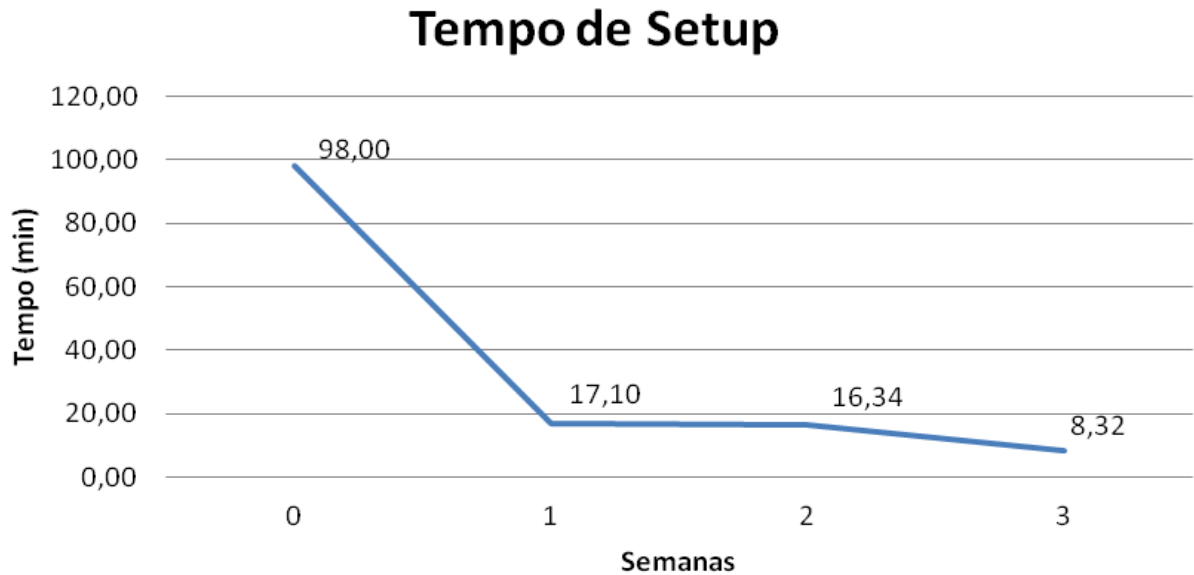
Tabela 3 – Tempo reduzido através de aplicação do Estágio 3 e 4 do SMED. (conclusão)

Nº	ATIVIDADE	Eliminar	Combinar	Reduzir	Simplificar
42	Conexão das mangueiras da régua de calha				
43	Teste de rotulagem				
44	Ajuste de codificação	00:39			
45	<i>Inserção de mais três calhas de rótulo Front</i>				
46	Ajustes de rotulagem + rampa para nominal				
47	Verificação da rotulagem				
TOTAL		02:29	02:46	02:27	00:20

Analisando a Tabela 3, podemos visualizar que as atividades que sofreram maiores alterações foram a 7 e a 41, porém ambas foram realizadas apenas com investimento, ou seja, a atividade 7 foi implementada para redução do tempo necessário para as garrafas do transporte de saída do pasteurizador chegarem rapidamente até as rotuladoras, esvaziando a linha com o produto anterior de forma mais rápida. Já a atividade 41 envolve a mudança de posição do canhão datador de lote, necessitando de outro suporte para sua fixação, uma adaptação interna do equipamento referente à mudança de rótulos de um produto para outro.

Analisando os resultados obtidos durante este capítulo, verificar que o método de troca rápida de ferramentas é aplicável à indústria de bebidas devido à redução do tempo inicial de 17 minutos e 10 segundos para um tempo final estimado em 08 minutos e 32 segundos após a realização das melhorias e reduções descritas na Tabela 3. Tudo isso se deve apenas a padronização e eliminação de desperdícios que ocorriam durante a realização do *setup*. As possíveis melhorias sugeridas pelo plano de ação foram executadas com o passar do tempo e foram concluídas após 3 semanas da implantação do método SMED. A Figura 4.1 exemplifica a evolução de todo o processo durante o tempo de realização.

Figura 4.1 – Evolução do tempo de *setup* após padronização e investimentos.



Fonte: O autor.

As melhorias propostas para redução do tempo de *setup* ainda maior do que o padronizado gerou um custo de aproximadamente R\$4.300,00, desde a confecção do carrinho de *setup* até algumas melhorias nas ferramentas e adaptações da rotuladora.

Os ganhos totais em termos de produção foram calculados em cima do número de garrafas por hora ganhos em cada *setup*, ou seja, os resultados obtidos foram em média de 8 minutos e 2 segundos por *setup*, o que totaliza 120.500 garrafas por mês com uma média de 15 *setups* por mês. Pode-se então calcular o custo unitário de cada garrafa para a empresa e chegar no valor aproximado de R\$94.000,00 de redução de custo de produto final, sem contar os custos provenientes de mão-de-obra e economia em produtividade em custo variável, valores esses que não foram divulgados pela empresa em seu valor unitário do produto.

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o Sistema Toyota de Produção está presente atualmente em todos os tipos de manufatura, buscando uma hegemonia nos métodos de produção enxuta, visando melhores lucros com menores custos. As ferramentas de trabalho do sistema auxiliam muito para que seja possível grandes retornos com pequenas transformações, sejam elas físicas ou apenas culturais. É importante também citar as diferentes maneiras nas quais o sistema pode ser implantado, dependendo do tipo de manufatura e mercado.

Levando em consideração o estudo de caso proposto na indústria de bebidas, pudemos observar a grande melhoria na qual a ferramenta de SMED proporcionou no tempo de *setup* da rotuladora de garrafas, de forma que, o tempo de produção antes perdido, hoje é ganho em produção.

É possível perceber também que, apenas com a padronização do *setup* e baixo investimento, ocorreu uma redução do tempo de *setup* de 98 minutos para 8 minutos, ou seja, 91,83% de redução no tempo de *setup* apenas com uma simples padronização, um dos pilares presentes no Sistema Toyota de Produção. As melhorias propostas não acarretaram em um custo muito alto pra empresa tendo em vista o retorno financeiro a ela proporcionado, gerando um ganho de no mínimo 8 minutos e 2 segundos por *setup* já padronizado, pode-se reduzir em custos e gerar uma economia mensal de 120.500 garrafas, o que equivale a um valor de mercado e redução de custos de aproximadamente R\$94.000,00, comprovando mais uma vez que a redução dos custos e a melhoria na produtividade propostas pelo sistema funcionam nos mais variados setores e tipos de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SIDRA – IBGE; Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12/02/2015.

ALBUQUERQUE, T. P., **Manufatura enxuta: Dificuldades identificadas para implantação em indústrias de manufatura**. Dissertação mestrado profissional - Universidade Federal da Bahia, Escola de Administração, Salvador, 2008.

ANJOS, V. S. C., **Os benefícios da implementação da manufatura enxuta: estudo de caso em uma empresa automotiva**. Faculdade de ciência e tecnologia, Salvador, 2009.

COUTO, R.J.A. **Estudo de implementação do método SMED e do método de TAGUCHI no processo de injeção de plásticos**. Disponível em: <<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/230299/1/Dissertacao%20de%20Mestrado.pdf>> Acesso em: 22/06/2015.

DENNIS, P., **Produção Lean – simplificada**. Ed Bookman, Porto Alegre, 2008.

FOGLIATTO, F.S.; FAGUNDES, P.R.M., **Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso**. 2003. 126f. Laboratório de Otimização de Produtos e Processos da Escola de Engenharia (LOPP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

GHINATO, P., Publicado como 2º Cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000

KETELE, J.; ROEGIERS, X. **Méthodologie Du recueil d'informations: fondements de méthodes d'observations de questionnaires, d'interviews et d'étude de documents**. 2. Ed . Bruxelles:De Boeck Université, 1993.

LIKER K.J., **O Modelo Toyota**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005

OHNO, T., **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

SANTOS, C. A., **Produção enxuta : uma proposta de método para introdução em uma empresa multinacional instalada no Brasil**. Dissertação Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A.; **Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais**. *Exacta*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 283-296, jul./dez. 2008.

SAYER, A., **New Developments in Manufacturing: The just-in-time system**. *Capital and Class*, vol. 30, 1986, 371p.

SHINGO, S., **O Sistema Toyota de Produção – Do ponto de vista da engenharia de produção**. Ed. Bookman: Porto Alegre, 1996.

SHINGO, S., **Sistema de troca rápida de ferramentas, uma revolução nos processos produtivos**. Porto Alegre: Artes médicas, 2000.

SUGAI, M.; NOVASKI, O.; OMIZOLO, V.; MORAES F.; **Proposta de um modelo para classificação da fase pós *Setup* conforme características do período de Aceleração**. UNICAMP, Campinas/SP, 2011.

SUGAI, M.; McINTOSH, R.I.; NOVASKI, O.; **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

NAVARRO, A. A. V.; **Troca Rápida de Ferramentas: um estudo da aplicação na indústria automobilística**. 2004. 51 f. Monografia (Especialização em MBA – Gerência de Produção e Tecnologia) – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado Executivo, Universidade de Taubaté, Taubaté.

DIAS, M. C.; **A produção enxuta e o planejamento e controle da produção em ambientes em alta variedade de produtos e demanda desnivelada**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2009.

SOUZA, R. V. B.; Método de Aplicação de Técnicas para Redução de Tempos de Setup como Meio para Aumento da Produtividade em Indústrias Gráficas. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2009.

FERREIRA, F. C.; PIRES, G. C.; Diagnóstico das atividades de troca das matrizes da linha de fabricação das portas dos armários de aço na empresa Itatiaia Móveis S/A. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2006.