

Aplicação do SMED para melhoria nos procedimentos padrões de operação de uma máquina para envase de iogurtes

Laís dos Reis Marcelino (Faculdade Pitágoras, *Campus* Poços de Caldas/MG) lais-marcelino88@hotmail.com

Luciene Vanessa Maia da Rocha Judice (Faculdade Pitágoras, *Campus* Poços de Caldas/MG)

lucienemaia@yahoo.com.br

Gustavo Henrique Judice (Faculdade Pitágoras, *Campus* Poços de Caldas/MG) gustavoghj@hotmail.com.br

Diego Henrique de Almeida (Universidade Federal de São Carlos, *Campus* São Carlos)

diegoestruturas@gmail.com

Resumo:

O método *Single Minute Exchange of Die* (SMED) criado no Japão nos anos 1950, é referência quando se trata de redução dos tempos de *setup* de máquinas, importantes fatores incluídos no *Lean Manufacturing*. Esta ferramenta foca na transformação de elementos do *setup* interno para o *setup* externo. O objetivo deste trabalho foi aplicar o SMED em uma máquina que realiza o envase de garrafas de iogurte com diferentes sabores. Com a aplicação desta ferramenta foi possível diminuir de 15 minutos para 10 minutos o tempo entre troca de sabores da máquina, aumentando do número de produtos do seu portfólio (de 139 para 145) e incrementando a sua eficiência operacional (aumento da eficiência em 4%). Além disso, houve a reorganização das atividades dos operadores da máquina, que tiveram participação nos treinamentos e, o mais importante, entenderam a filosofia do SMED o que foi o principal fator para o alcance dos resultados obtidos.

Palavras chave: Linha de Produção, *Setup*, SMED.

Application of SMED to improve the standard operating procedures of a yogurt filling machine

Abstract

The method *Single Minute Exchange of Die* (SMED) created in Japan in the 1950, is a reference when it comes to reducing setup times of machines, important factors included in Lean Manufacturing Programm. It focuses on the transformation of elements of the internal setup to external setup. The aim of this research is to analyze the application of SMED on a machine of a yogurt production line. Applying the SMED it was possible to shorten the exchange of machine flavors time (10 minutes to 15 minutes), increasing the number of your product portfolio (139 to 145) and increased operational efficiency (enhanced in 4%). In addition, there was a reorganization of the activities of the machine operators, who participated in the training and, more importantly, understood the SMED philosophy, which was the main factor for achieving the results obtained.

Key-words: Production line, *Setup*, SMED.

1. Introdução

A produtividade é um fator essencial para a sobrevivência das empresas no mercado. Um dos grandes desafios a ser enfrentado é o grande número de falhas que podem existir num processo produtivo, que elevam os custos da produção e estes aumentam o preço de venda fazendo com

que as empresas deixem de ser competitivas.

Para atingir os resultados satisfatórios, as empresas tentam aliar a alta produtividade com a qualidade dos seus produtos. Para isso, muitas técnicas são utilizadas, entre elas o *Single Minute Exchange of Die* (SMED), que é uma ferramenta que pode ser empregada na filosofia de produção enxuta (*Lean Manufacturing*), que tem como propósito, aumentar a capacidade produtiva de máquinas através da redução do tempo de *setups*.

O estudo dos movimentos e tempos para as atividades na operação de uma máquina é o objetivo do SMED. Com isso, pode-se reorganizar as tarefas diminuindo os tempos ociosos dos operadores e regularizando o *layout* diminuindo o tempo em que a máquina fica parada sem produção.

O objetivo do presente trabalho foi aplicar a ferramenta SMED em uma máquina de uma linha de produção de iogurtes de uma indústria localizada no município de Poços de Caldas, (estado de Minas Gerais), após aplicação da ferramenta, analisar os resultados obtidos.

1.1 Sistema Toyota de Produção (STP)

Segundo Ohno (1997), o STP é baseado na eliminação dos desperdícios, assim o passo inicial para a aplicação deste sistema, é a correta identificação dos desperdícios, como: desperdício por superprodução; por espera; por transporte; por processamento; por estoque; por movimento; e por produzir produtos defeituosos. Para isso é importante analisar todas as atividades realizadas no sistema de produção e eliminar aquelas que não agregam valor ao produto.

As técnicas aplicadas na Toyota foram todas desenvolvidas internamente, com exceção do SMED (*Single Minute Exchange fo Die*), sistema para redução de tempo de *setup* de máquinas, elaborado em colaboração com o consultor Shigeo Shingo (WOMACK e JONES, 1998). Ao realizar as primeiras análises sobre o STP, Monden (1984) mostra que o sistema de Shingo, além de ser um conceito inovador, seria também uma teoria muito comum cuja prática seria difundida na engenharia industrial.

1.2 Lean Manufacturing (STP)

Os princípios de *Lean Manufacturing* (LM) ganharam notoriedade na década de 1980 com a divulgação dos resultados de um projeto de pesquisa conduzido pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) que estudou as práticas gerenciais e os programas de melhorias adotados por empresas líderes de mercado na cadeia de produção automotiva e constatou que a adoção destes princípios em muito contribuiu para a competitividade (WOMACK e JONES, 1998).

O Sistema Toyota de Produção possui como base a eliminação dos desperdícios, e os pilares necessários para a sustentação são o *Just-in-Time* (JIT) e a automação. JIT significa que, em um fluxo de processo, as partes necessárias alcançam a linha de montagem no momento preciso e somente na quantidade necessária, sendo que uma empresa que estabelece esse fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero (OHNO, 1997). O JIT prega a eliminação total dos desperdícios da produção, fazendo com que os recursos sejam disponibilizados no momento certo, na quantidade exata e no local correto (OHNO, 1997). O conceito parece simples, porém aplicar esta técnica é bastante difícil, principalmente em países que possuem uma realidade cultural diferente do Japão, no caso do Brasil (WOMACK e JONES, 1998).

No JIT a produção deixa de ser empurrada e passa a ser puxada, ou seja, a fabricação dos produtos é puxada pelo mercado, sendo a ordem da produção invertida, a partir da demanda do produto final, ocorre a geração das ordens de produção dos componentes. A produção puxada contrasta fortemente com a produção empurrada. Nesta última a produção é realizada para a

estocagem, para somente depois realizar a venda do produto, enquanto que na produção puxada, a necessidade de fabricação dos produtos é ditada pelo mercado (WOMACK e JONES, 1998). Segundo Ohno (1997), o segundo pilar de sustentação do JIT é a automação que significa conferir às máquinas a capacidade de detectar falhas automaticamente.

1.3 Redução de Setup

Para Slack *et al.* (2002) o *setup* é definido como o tempo decorrido na troca do processo do final da produção de um lote até a produção da primeira peça boa do próximo lote. *Setup* é o conjunto de tarefas necessárias para a mudança de produção de um lote de produtos X para a produção de um lote de produtos Y, desde o momento em que se termina de produzir a última peça de X até o momento de produção do primeiro Y nas condições de qualidade determinadas.

Hirano (1990) define que o *setup* é todo o tipo de preparação que deve ser realizado antes de iniciar um conjunto diferente de operações. A partir desse conceito entende-se que o *setup* engloba as atividades quando se inicia a troca de produto, de uma peça, ou para ajuste de parâmetros em um determinado equipamento.

1.4 Troca Rápida de Ferramentas

Definido o conceito de *setup*, torna-se mais fácil compreender o conceito de Troca Rápida de Ferramentas (TRF). Este sistema foi desenvolvido no início da década de 1950, onde Shingeo Shingo elaborou um trabalho para otimização de prensas de estampagem de corpo em uma empresa japonesa (OHNO, 1997).

Durante os estudos de Shingo, ficou claro que os *setups* precisam ser divididos em externos e internos. Entende-se por *setup* interno, todas as operações que são realizadas somente quando a máquina está parada e por *setup* externo aquelas que podem ser realizadas quando a máquina está em operação.

2 Single Minute Exchange of Die (SMED)

O SMED apareceu nas empresas devido à necessidade de as mesmas aumentarem a sua competitividade em relação aos seus concorrentes, competitividade esta que se decide cada vez mais pela redução e controle dos custos, e pela reengenharia dos processos de produção, no sentido de otimizar as tarefas ou fases do processo que acrescentam valor ao produto final (SUGAI *et al.*, 2007; MARCELINO, 2015; BASTOS *et al.*, 2016; BRAGA e VECCHI, 2016).

De acordo com Shingo (2000), os estágios do método SMED são:

Estágio preliminar - Identificação das operações e tempos que compõe o *setup*: Este estágio consiste em identificar e coletar os tempos de todas as atividades que compõe a operação de *setup*, não diferenciando as operações de *setup* interno e externo. Para isso, pode ser realizada uma análise continua dos tempos das atividades que compõe a operação de *setup* com o uso de um cronômetro, podendo ser utilizado filmagem para uma análise mais detalhada.

Estágio 1 - Separação das operações de *setup* interno e externo: Este estágio é considerado o passaporte para se atingir o SMED, neste estágio todas as atividades da operação de *setup* são analisadas e classificadas como operações que são realizadas com a máquina parada ou em operações que são realizadas com a máquina em funcionamento, ou seja, nesta etapa as atividades do *setup* são classificadas em operações de *setup* interno ou externo.

Estágio 2 - Conversão de *setup* interno em externo: Neste estágio são analisadas quais as operações de *setup* interno podem ser convertidas em *setup* externo. As operações que são realizadas como *setup* interno podem geralmente ser convertidas em *setup* externo identificando a sua real função. Isto significa que muitas operações que são efetuadas durante o período não

produtivo da máquina, podem ser remanejadas para os momentos de produtividade da mesma.

Estágio 3 - Racionalização das operações de *setup*: Neste estágio deverá ser feito um exame das operações de *setup* interno e externo observando assim oportunidades adicionais e melhoria.

3. Materiais e Métodos

3.1. Cenário antes de aplicação do SMED

O SMED foi aplicado em uma máquina com capacidade de produção de 20000 garrafas/hora, com limite máximo de 23 toneladas/hora de produto acabado, sua produção mensal é de até 8200 toneladas, o que significa aproximadamente 9 milhões de garrafas de iogurtes em diferentes sabores. Antes da aplicação do SMED, a máquina fabricava 21 diferentes tipos de produtos diferentes (entre sabores e embalagens). Essas trocas de sabores influenciavam, em média, 6,37 % por mês na perda de eficiência da linha de acordo com a Figura 1.

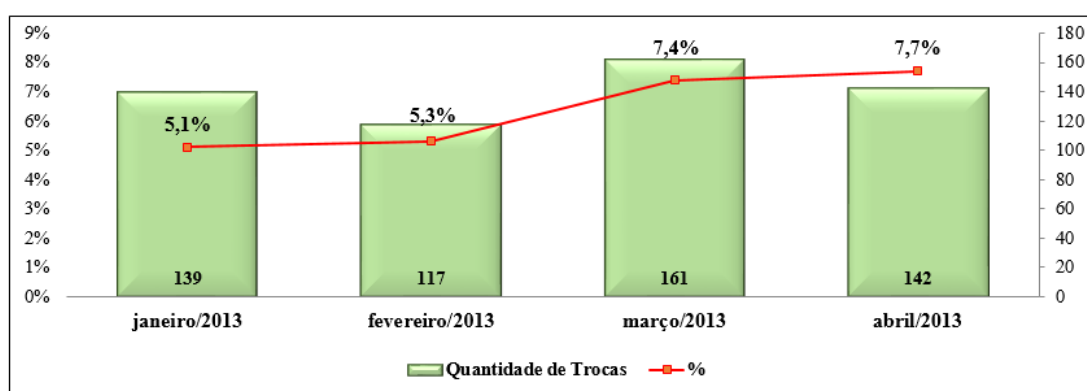


Figura 1 – Quantidade de trocas de sabor e impacto na eficiência operacional. Do lado direito o número de paradas para troca de sabor; do lado esquerdo a porcentagem de eficiência da linha de produção.

Além das paradas para troca de sabores, também eram realizadas as paradas programadas para *startup*, *clean in place* (CIP), *shut-downs*, troca de formatos de embalagens e, também, troca de sabores. Foi realizado um Diagrama de Pareto para identificação do principal causador de paradas da máquina, onde foi observada que a troca de sabores representava 48% do total (Figura 2).

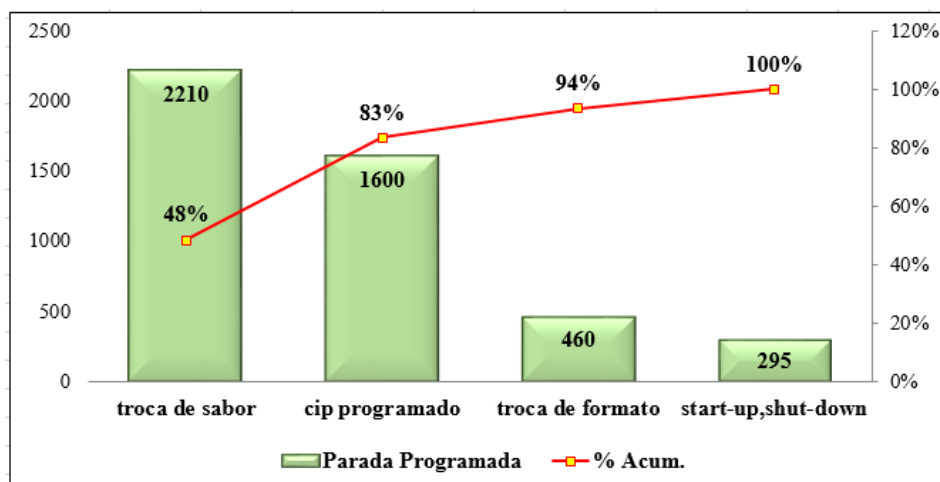


Figura 2 – Quantidade de trocas de sabor e impacto na eficiência operacional. Do lado direito o número de paradas para troca de sabor; do lado esquerdo a porcentagem de eficiência da linha de produção.

3.2. Formação e capacitação dos colaboradores

Para a implantação da ferramenta SMED, foi necessária a criação de uma equipe multifuncional, que agregasse comprometimento, conhecimentos técnicos e as habilidades necessárias. A equipe foi composta por um líder de célula, operadores de envase, operadores de fruta, eletricitista, engenheiro de processo e estagiários, os quais receberam um treinamento sobre o conceito de SMED, antes no início da implantação da metodologia.

Para o entendimento de como as etapas de trabalho dos operadores de envase e de frutas eram realizadas, foi criado um fluxograma das atividades para troca de sabor. Isso era importante também para o entendimento dos outros integrantes da equipe que não trabalhavam diretamente com a máquina, mas faziam parte da equipe de implantação do SMED (Figura 3).



Figura 3 – Fluxos de trabalho dos operadores de fruta e de envase

3.3. Filmagem das operações

Definida e treinada a equipe, foi realizada a filmagem do processo de troca de sabor, utilizando duas câmeras, focadas nas atividades dos operadores de envase e de fruta, separadamente.

Para a aplicação do SMED foi realizada uma filmagem das operações, onde o tempo total da troca de sabor teve duração de 15 minutos e 25 segundos. Este tempo foi próximo do tempo médio de trocas de sabores documentado no banco de dados da empresa no período entre outubro de 2012 e abril de 2013, que foi de 16 minutos e 5 segundos (Figura 4).

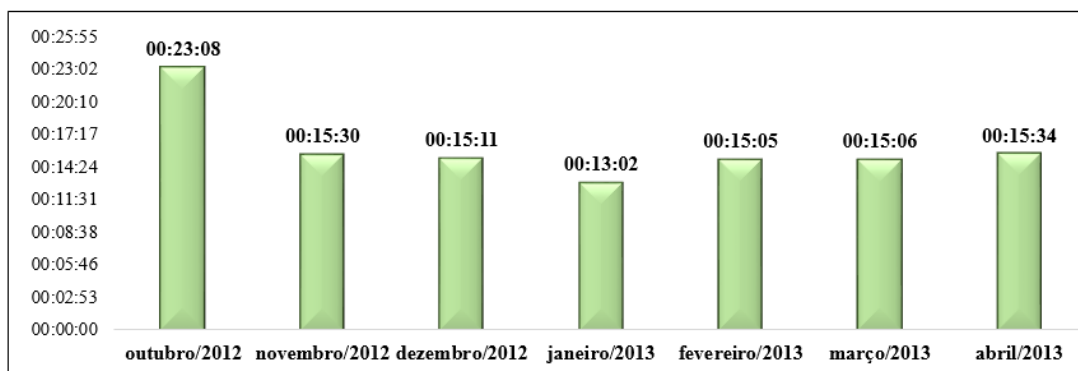


Figura 4 – Tempo médio de troca de sabores por mês antes do SMED

3.4. Análise e classificação das atividades da troca de sabor

Após a filmagem, a equipe se reuniu para analisar e cronometrar as etapas que compunham a troca de sabor, classificando as operações em *setup* interno (SI) e *setup* externo (SE) e alguns momentos parados (P').

As Tabelas 1 e 2 apresentam as atividades do operador de envase e do operador de fruta, respectivamente.

Início	Término	Atividades	Tipo	Duração
00:00:00	00:00:23	Operador de fruta vai para a estação	SI	00:00:23
00:00:23	00:00:28	Conecta mangote de água	SI	00:00:05
00:00:28	00:00:32	Vai até o painel da fruta	SI	00:00:04
00:00:32	00:00:33	Confirma conexão das mangueiras	SI	00:00:01
00:00:33	00:02:20	Enxágüe final da linha, empurre fruta até o dreno	P'	00:01:47
00:02:20	00:04:02	Realiza trocas de containers	SI	00:01:42
00:04:02	00:05:42	Acompanha drenagem pelo painel da fruta	P'	00:01:40
00:05:42	00:05:48	Vai até computador da estação de fruta	SI	00:00:06
00:05:48	00:07:24	Faz consumo de base de fruta	SI	00:01:36
00:07:24	00:07:30	Sai do computador da fruta e vai até o painel da fruta	SI	00:00:06
00:07:30	00:08:08	Acompanha a drenagem no container	SE	00:00:38
00:08:08	00:08:32	Comunica o operador do final da drenagem	SE	00:00:24
Tempo Total				00:08:32

Tabela 1 – Classificação das atividades do operador de fruta antes do SMED

Início	Término	Atividades	Tipo	Duração
00:00:00	00:02:25	Máquina ainda está rodando produto anterior	SI	00:02:25
00:02:25	00:02:30	Máquina acusa <i>changer over</i>	SI	00:00:05
00:02:30	00:03:10	Esperar zerar o contador	SI	00:00:40
00:03:10	00:03:12	Aciona <i>change over</i>	SI	00:00:02
00:03:12	00:09:23	Corta a alimentação de pré forma e esvazia a linha e o funil	SE	00:06:11
00:09:23	00:10:32	Enche o funil com água esteril	SE	00:01:09
00:10:32	00:10:34	Com a máquina em rotação aciona reset do despejo	SE	00:00:02
00:10:34	00:10:38	Digita senha	SE	00:00:04
00:10:38	00:11:55	Esvazia toda a água do funil	SE	00:01:17
00:11:55	00:12:19	Programa próximo sabor, o que vai rodar e o da sequência	SE	00:00:24
00:12:19	00:13:37	Confirma calibração das balanças	SE	00:01:18
00:13:37	00:13:47	Digita quantidade de garrafas a serem produzidas	SE	00:00:10
00:13:47	00:14:08	Despressurizou o funil com produto para retirar mais água	SE	00:00:21
00:14:08	00:14:22	Coloca a máquina para funcionar	SE	00:00:14
00:14:22	00:16:54	Espera a cadência nominal e liberação da pré-forma	SE	00:02:32
00:16:54	00:17:51	Sai a primeira garrafa para a envasadora	SI	00:00:57
Tempo Total				00:08:32

Tabela 2 – Classificação das atividades do operador de envase antes do SMED

As Figuras 5 e 6 apresentam os tempos de atividades interna e externas e parados dos colaboradores que trabalhavam na operação de troca de sabor e de envase, respectivamente.

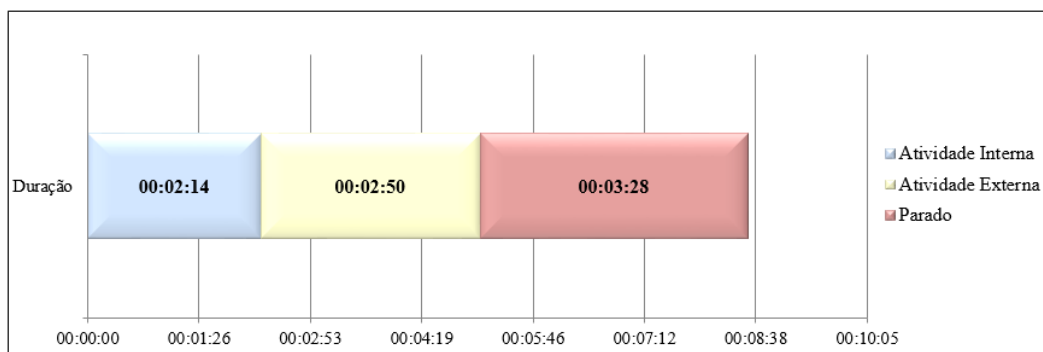


Figura 5 – Tempo de atividade do operador de fruta

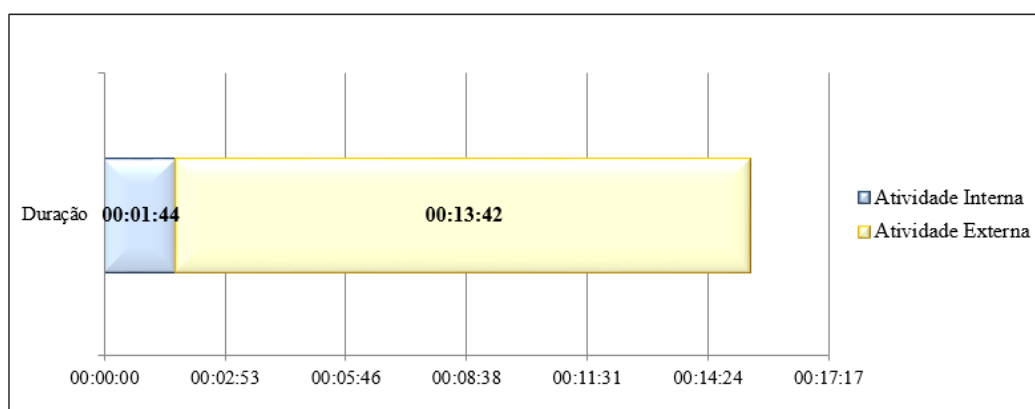


Figura 6 – Tempo de atividade de operador de envase

3.5. Comunicação, treinamentos e padronização

Após a análise da primeira filmagem, da programação da máquina e da elaboração do novo plano de atividades, foi realizado um treinamento para apresentar todas as propostas de mudanças nas atividades dos operadores durante as trocas de sabores, com a diminuição do tempo ocioso e retrabalhos.

Para validação do novo procedimento de operações, ou seja, se a reestruturação das atividades foi suficiente, uma nova filmagem sem prévio aviso, foi realizada para comparação com os tempos de atividades antes do SMED.

4. Resultados e Discussões

A nova filmagem teve duração total de 10 minutos e 7 segundos. As Tabelas 3 e 4 apresentam a duração das atividades dos operadores de fruta e de envase, respectivamente, após a colocação do novo procedimento em ação.

Início	Término	Atividades	Tipo	Duração
00:00:00	00:00:01	Aguarda mensagem no painel	SI	00:00:01
00:00:01	00:00:26	Conecta mangueira no container	SI	00:00:25
00:00:26	00:00:29	Retorna ao painel da fruta	SI	00:00:03
00:00:29	00:00:33	Clica no painel	SI	00:00:04
00:00:33	00:01:52	Fica parado olhando para o painel	SI	00:01:19
00:01:52	00:01:54	Clica no painel	SI	00:00:02
00:01:54	00:03:20	Aguarda alguma informação do painel	SI	00:01:26
00:03:20	00:03:32	Caminha até o dreno da máquina	SI	00:00:12
00:03:32	00:07:44	Acompanha a drenagem	SE	00:04:12
00:07:44	00:08:07	Caminha até o operador	SE	00:00:23
00:08:07	00:08:10	Ok para o operador drenagem finalizada	SE	00:00:03
Tempo Total				00:08:10

Tabela 3 – Classificação das atividades reestruturadas do operador de fruta após o SMED

Início	Término	Atividades	Tipo	Duração
00:00:00	00:00:03	<i>Change over</i>	SI	00:00:03
00:00:03	00:00:23	Aumenta nível do funil para 85%	SI	00:00:20
00:00:23	00:00:40	Avisa o operador de fruta a execução do <i>change over</i>	SI	00:00:17
00:00:40	00:00:48	Volta para o painel	SI	00:00:08
00:00:48	00:02:52	Parado em frente ao painel para esvaziar a linha	SI	00:02:04
00:02:52	00:05:53	Máquina parada - troca de sabor	SE	00:03:01
00:05:53	00:06:33	Drenagem funil	SE	00:00:40
00:06:33	00:07:49	Selecione próximo produto para produção	SE	00:01:16
00:07:49	00:08:10	Calibração das balanças	SE	00:00:21
00:08:10	00:08:32	Coloca a sopradora para rodar	SE	00:00:22
00:08:32	00:08:52	Aguardando cadência da máquina	SE	00:00:20
00:08:52	00:09:50	As pré-formas começam a ir para o forno	SI	00:00:58
00:09:50	00:10:07	Sai a primeira garrafa para a envasadora	SI	00:00:17
Tempo Total				00:10:07

Tabela 4 – Classificação das atividades reestruturadas do operador de envase após o SMED

De acordo com a classificação das atividades reestruturadas após a utilização do SMED, foram realizados os gráficos que apresentam os novos tempos de *setups* dos operadores (Figuras 7 e 8, respectivamente).

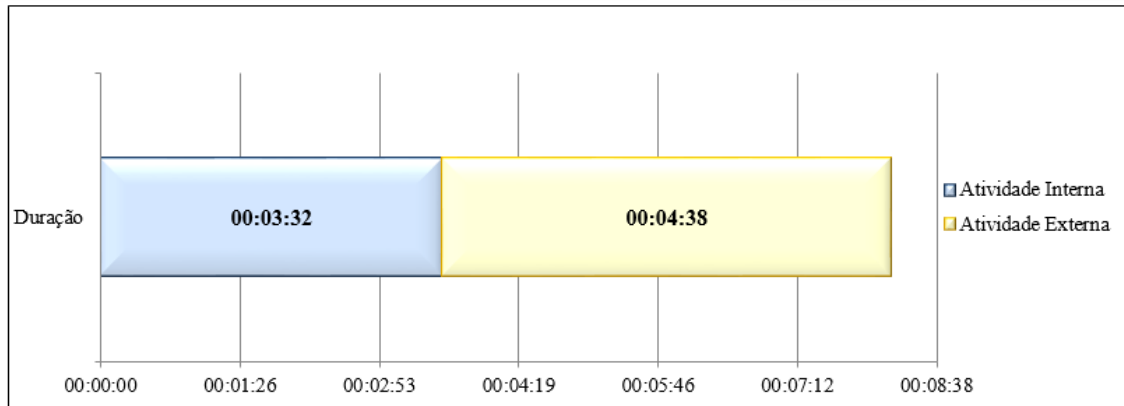


Figura 7 – Tempo da atividade do operador da fruta após a reestruturação das atividades

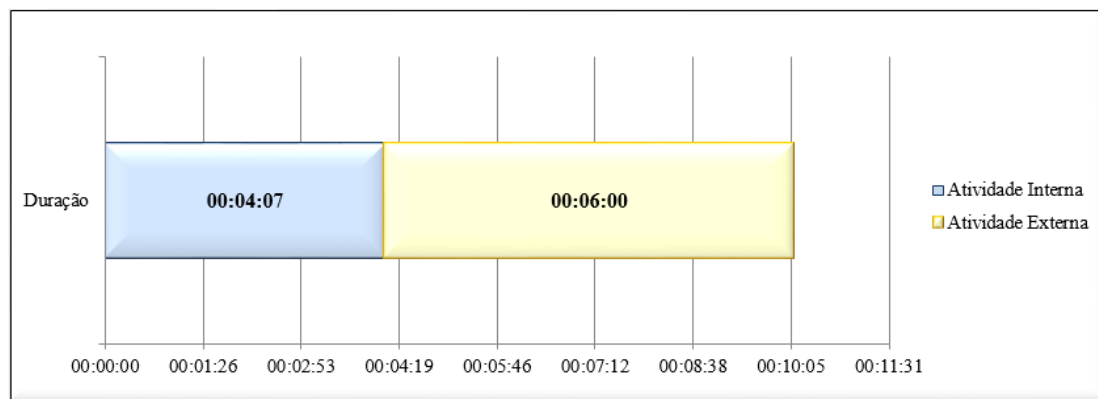


Figura 9 – Tempo da atividade do operador de envase após reestruturação das atividades.

Com a reestruturação e padronização das atividades e com os operadores de frutas e de envase treinados para a realização da atividade, o tempo das trocas de sabores e a impacto na produtividade foram reduzidos, como são apresentados nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

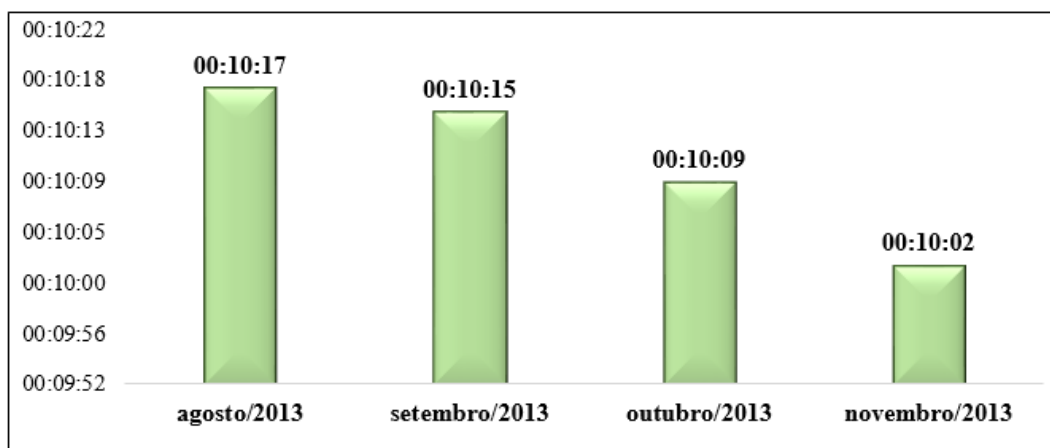


Figura 9 – Tempo médio das trocas de sabores após reestruturação das atividades

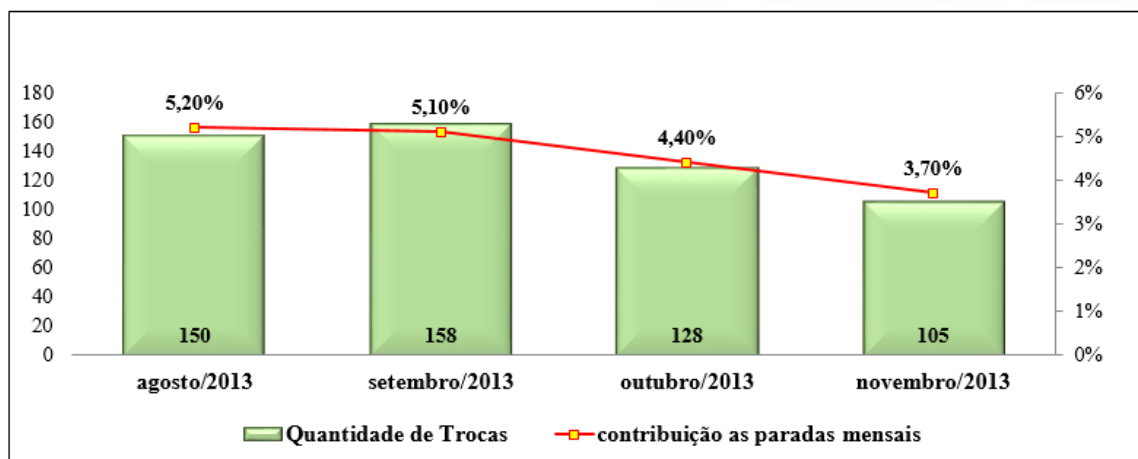


Figura 10 – Número de trocas de sabores e sua respectiva contribuição mensal em relação ao total de paradas

Com a redução no tempo das trocas de sabores, foi possível aumentar a quantidade de diferentes itens produzidos na mesma linha de produção e com a mesma máquina. Antes da utilização do SMED no estudo das atividades nas trocas de sabores, eram produzidos 18 itens e, após a reestruturação das atividades, o portfólio de produtos passou para 21 itens. Um benefício importante que ficou evidente, com a redução do tempo de *setup*, foi o aumento da velocidade e flexibilidade do processo produtivo.

Outro ponto importante foi a alteração na quantidade média das trocas de sabores/mês. Antes da utilização do SMED, havia, em média, 139 trocas de sabores. Com o estudo realizado com o SMED e reestruturação das atividades, o número de trocas de sabores passou para 145 por mês, aumentando a capacidade produtiva da máquina.

A partir do estudo realizado com o SMED, foi reduzido o tempo de trocas de sabores de 15 minutos para 10 minutos e, conseqüentemente, o impacto das paradas na eficiência da máquina, por causa dessas trocas foi reduzido de 7,7% (abril/2013) para 3,7% (novembro/2013).

5. Conclusões

As seguintes conclusões podem ser descritas a partir do emprego do SMED nos procedimentos de operações de uma máquina utilizada no envase de iogurtes: reorganização das atividades dos operadores de envase e de fruta; diminuição do tempo de trocas de sabores de 15 minutos para 10 minutos; aumento do número de trocas de sabores mensais médios de 139 para 145; aumento da eficiência operacional em 4%. O treinamento dos coladores e disseminação da filosofia SMED foi o ponto chave para o sucesso na entrega dos resultados.

Referências

BASTOS, A.L.A.; LOFFAGEN, E.H.; CARDOSO, R.S. *SMED e Redução do Tempo de Setup em um Processo Produtivo*. In.: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, VII, 2016, Ponta Grossa – PR: Anais, p.1-9. 2016.

BRAGA, F.A.S.; VECCHI, V. *Aplicação do SMED para Redução do Tempo de Setup em Máquinas de Impressão (offset) em uma Cartonagem*. In.: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, VII, 2016, Ponta Grossa – PR: Anais, p.1-12. 2016.

HIRANO, H. *JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing*. São Paulo: CRC Press, 2000.

MARCELINO, L.R. *Análise da Aplicação da Ferramenta SMED (Single Minute Exchange of Die) em um Processo da Linha de Produção de Iogurtes*. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade Pitágoras, Campus de Poços de Caldas, Poços de Caldas, 2015

MONDEM, Y. *Produção sem Estoques: Uma Abordagem Prática ao Sistema de Produção da Toyota*. São Paulo: IMAM, 1984.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

SHINGO, S. *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SUGAI, M.; McINTOSH, R.I.; NOVASKI, O. *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): Análise crítica e Estudo de Caso*. Gestão e Produção Vol. 14, n.12, p.323-335, 2007.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. *O Mentalidade Enxuta das Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.