

## OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE *SETUP* EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BOLOS

**Cássio Renê Gomes Batista**

FBUni – Centro Universitário Farias Brito  
cassiobrasilia@hotmail.com

**Mauricio Johnny Loos**

FBUni – Centro Universitário Farias Brito  
mauricioloos@hotmail.com

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho é apresentar uma forma de otimizar o processo de *setup* em uma linha de produção de bolos, sem aumento de gastos e que seja viável para a empresa, uma vez que a linha possui como meta o tempo médio mensal de 25 minutos. A metodologia utilizada foi baseada no *lean six sigma* que é um método que se baseia na redução da variabilidade no processo produtivo, tendo como apoio o esforço colaborativo da equipe. Essa metodologia combina a manufatura enxuta e o *six sigma* para eliminar os sete desperdícios: Defeitos; Excesso de produção ou Superprodução; Espera; Transporte; Movimentação; Processamento inapropriado; Estoque. Dessa forma, o tempo médio mensal obtido após finalizado o trabalho foi de grande impacto para os resultados da linha de produção, chegando em 15 minutos, ou seja, ultrapassando a meta inicialmente estabelecida.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lean. Six Sigma. Produção de bolos.*

## 1. Introdução

A constante necessidade pelo aumento da qualidade e redução de custos nos processos produtivos se torna uma obrigação para empresas que desejam se manter competitivas, visto que o mercado e a concorrência são os fatores que determinam os preços dos produtos (CALHADO, 2015).

Os avanços tecnológicos e a competitividade dos mercados vêm crescendo de forma acelerada e fazendo com que as empresas busquem novas possibilidades para conquistar seu espaço na produção (VIEIRA JUNIOR et al., 2011).

Segundo Shingo (1996), um dos benefícios da redução dos tempos de troca de ferramentas é a rápida resposta às flutuações de demanda, por meio de ajustes para se adequar a mudanças nas exigências de modelo e ao tempo de entrega. Bartz, Siluk e Garcia (2012) afirmam que, na indústria alimentícia, qualquer ganho obtido em produtividade significa grandes volumes de produção acrescidos, pois, na maioria dos casos, as máquinas possuem elevada capacidade produtiva.

Qualquer atividade que não contribua para o bom funcionamento da operação do *setup* deve ser identificada e eliminada (CARDOSO e HAYASHI, 2015).

Portanto, o objetivo deste artigo está em apresentar, por meio de um estudo prático e real, as melhorias alcançadas mediante a utilização dos conceitos, técnicas e ferramentas do *Lean six sigma* em uma linha de produção de bolos de forma a garantir a redução do tempo médio de *setup* de 40,3 min para 25min. Deste modo, para atingir o objetivo proposto foi realizado uma pesquisa bibliográfica buscando a compreensão e embasamento dos conceitos do *lean manufacturing* e *six sigma* para a elaboração artigo.

## 2. Referencial teórico

Nesta seção será abordado o tema relacionado as práticas do *setup* como a troca rápida de ferramenta (TRF) e suas definições de *setup* interno e externo, a fusão do *lean manufacturing* e o *six sigma*, a confiabilidade de um processo através do nível sigma e as fases do modelo DMAIC utilizado pelo *six sigma*.

### 2.1. Troca rápida de ferramentas - TRF

A troca rápida de ferramenta também é conhecida como SMED (*Single Minute Exchange of Die*). Segundo Reis e Alves (2010), o método SMED foi criado por Shigeo Shingo, o qual desenvolveu a metodologia por um período de 19 anos por meio de exames detalhados de aspectos teóricos e práticos para redução de *setup*.

O *Setup* de uma operação é o tempo gasto entre a última peça com qualidade fabricada em um lote e a primeira peça com a qualidade necessária, do lote seguinte à reparação (NEUMANN e RIBEIRO, 2004). É importante destacar que existem os *setups* internos e externos, entre os dois existem grandes diferenças, mas pode ser resumida da seguinte forma: no *setup* interno o equipamento está parado, ou seja, deixando de produzir, já no *setup* externo, as atividades podem ser feitas com o equipamento em funcionamento, desde que não comprometa a qualidade do produto e a segurança do operador.

De acordo com Shingo (1996), as atividades executadas em cada etapa de implantação do SMED são: (i) estágio preliminar: nesse estágio, não é realizada nenhuma distinção entre *setups* interno e externo, somente é verificado o procedimento atual de *setup*; (ii) estágio um: é o estágio mais importante na implantação do SMED. Nesse estágio, as atividades serão separadas em internas e externas; (iii) estágio dois: durante esse estágio, deve-se analisar as operações de *setup* para determinar se alguma das atividades de *setup* interno pode ser convertida em *setup* externo; (iv) estágio três: no último estágio de implantação do SMED, são examinadas todas as atividade de *setup* interno e externo para observar possíveis oportunidades

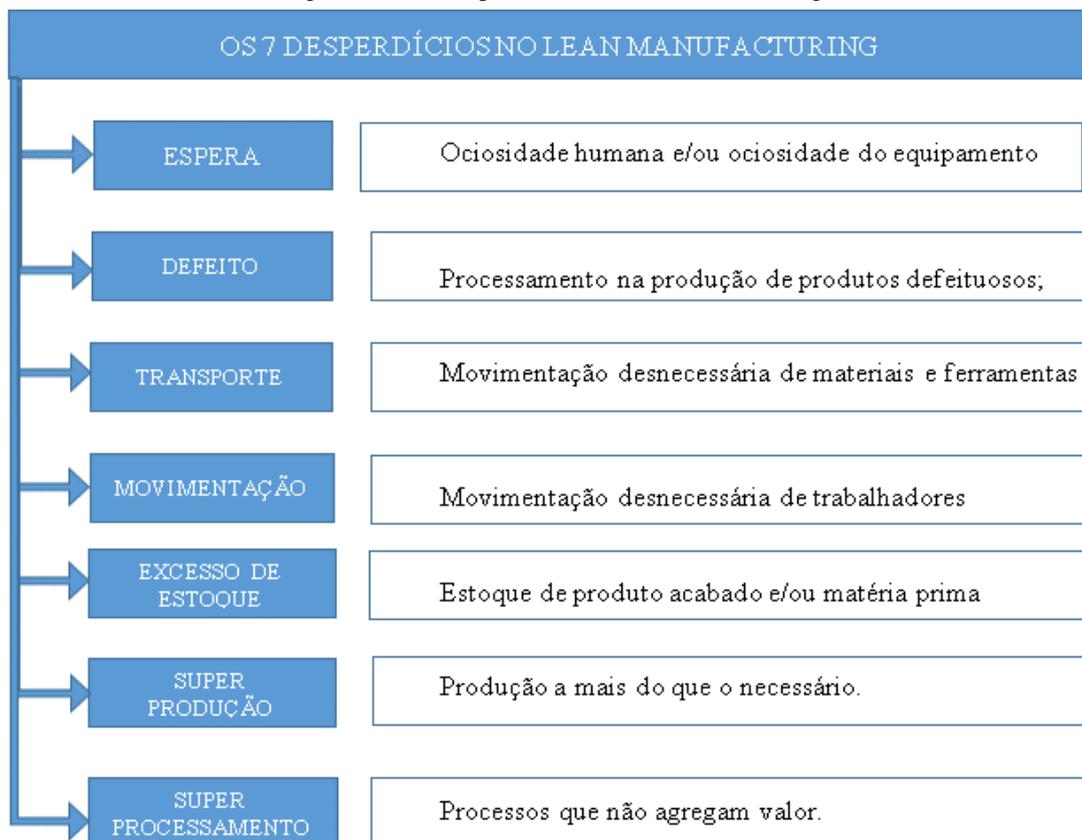
de melhorias, levando em consideração a eliminação de ajustes e a linearização dos métodos de fixação.

## 2.2. Lean six sigma

Para Werkema (2004), a integração do *lean manufacturing* e *six sigma* é natural: a empresa pode e deve usufruir dos pontos fortes de ambas estratégias. Por exemplo, o *lean manufacturing* não conta com um método estruturado e profundo de solução de problemas e com ferramentas estatísticas para lidar com a variabilidade, aspecto que pode ser complementado pelo *six sigma*. Já o *six sigma* não enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e a redução do lead time, aspectos que constituem o núcleo de *lean manufacturing*. O programa resultante da integração entre o *six sigma* e o *lean manufacturing* por meio da incorporação dos pontos fortes de cada um deles é denominado *lean six sigma*, e é uma estratégia mais poderosa que cada uma das iniciativas possui individualmente.

O *Lean manufacturing* também chamado de Sistema Toyota de Produção tem como foco a redução dos sete tipos de desperdícios (super-produção, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos). A figura 1 deixa claro o que OHNO (1997) quis dizer com os 7 desperdícios do *lean manufacturing*.

Figura 1: Os 7 desperdícios no lean manufacturing



Fonte: OHNO (1997)

A abordagem Seis Sigma foi desenvolvida pela MOTOROLA na década de 80, com o objetivo de reduzir a taxa de falhas em seus produtos. Inicialmente consistia na contagem de defeitos nos produtos e na gestão da variação e a melhoria sistemática de todos os processos (CORONADO, 2002).

A razão para o nome sigma é porque ‘sigma’ é a medida estatística relacionada com a capacidade de um processo, ou a habilidade deste processo em produzir peças sem defeitos. No

jargão estatístico, sigma é a medida da variação do processo ou o desvio padrão” (Klefsjo, 2001). Assim, a expressão seis sigma representa a eficácia de 99,99966% em qualquer processo, ou 3,4 Defeitos por milhão de Oportunidades (DPMO), dessa forma, quanto maior for o nível sigma, menor será a variação no processo produtivo e conseqüentemente menor será a possibilidade de haver defeitos no produto acabado.

A figura 2 mostra a relação entre o nível sigma e o DPMO. Vale ressaltar que em um processo a longo prazo é muito difícil mantê-lo centralizado por conta de muitos fatores, fazendo com que ocorra um deslocamento de 1,5 sigma.

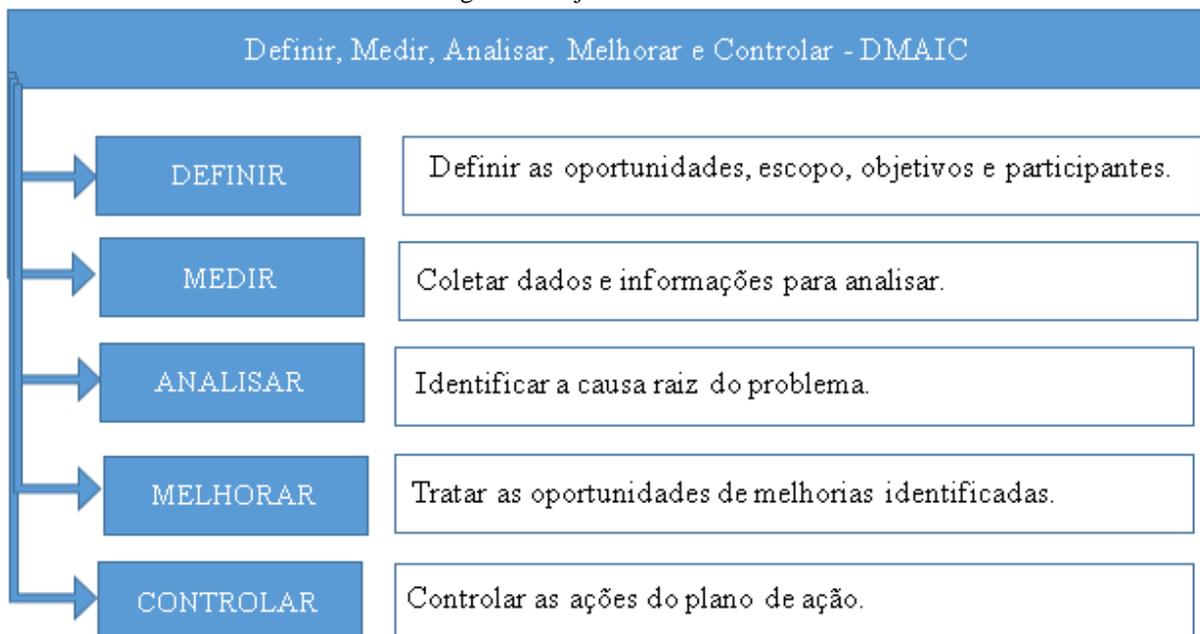
Figura 2: Relação entre o nível sigma e o DPMO

Nível Sigma	DPMO (Longo Prazo) Processo descentralizado 1,5 sigma
1	691.462
2	308.537
3	66.807
4	6.209,7
5	232,7
6	3,4

Fonte: Goh (2003)

O seis sigma trabalha com o modelo DMAIC que é acrônimo em inglês para cinco passos: Definir, Medir, Analisar, Controlar e Melhorar (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*). Os passos devem ser seguidos nessa ordem, podendo voltar para o passo anterior quando o resultado esperado não tenha sido alcançado. A figura 3 mostra os principais objetivos de cada passo.

Figura 3: Objetivos do DMAIC



Fonte: Adaptado de Werkema, (2004)

### 3. Metodologia

A prática do *lean manufacturing* combinada com o *six sigma* tem sido uma estratégia aplicada por muitas empresas, pois otimizam os processos fazendo com que eles sejam executados com a menor variabilidade possível, a produção é realizada de acordo com a demanda de produção sem a necessidade de esforços desnecessários produzindo excedente, a satisfação dos clientes internos e externos da empresa são fortalecidos, pois mostra que a empresa está preocupada em atendê-los de forma que o benefício seja mútuo.

Dessa forma, o presente trabalho trata-se de uma pesquisa-ação onde o maior objetivo é proporcionar novas informações, gerar e produzir conhecimento que traga melhorias e soluções para toda a organização (CAZZOLATO, 2008). Segundo Elliott (1997), a pesquisa-ação permite superar as lacunas existentes entre a pesquisa educativa e a prática docente, ou seja, entre a teoria e a prática, e os resultados ampliam as capacidades de compreensão dos professores e suas práticas, por isso favorecem amplamente as mudanças.

A pesquisa foi realizada em uma empresa de grande porte do setor alimentício situada no município de Maracanaú-CE. A linha de produção em questão é uma linha que produz minibolos de 40g, sua capacidade produtiva é de 1500kg/h e conta com 23 funcionários entre auxiliares de produção e operadores de máquinas. Todos os dados da pesquisa foram obtidos de planilhas de controle interno.

### 4. Análise e discussão dos resultados

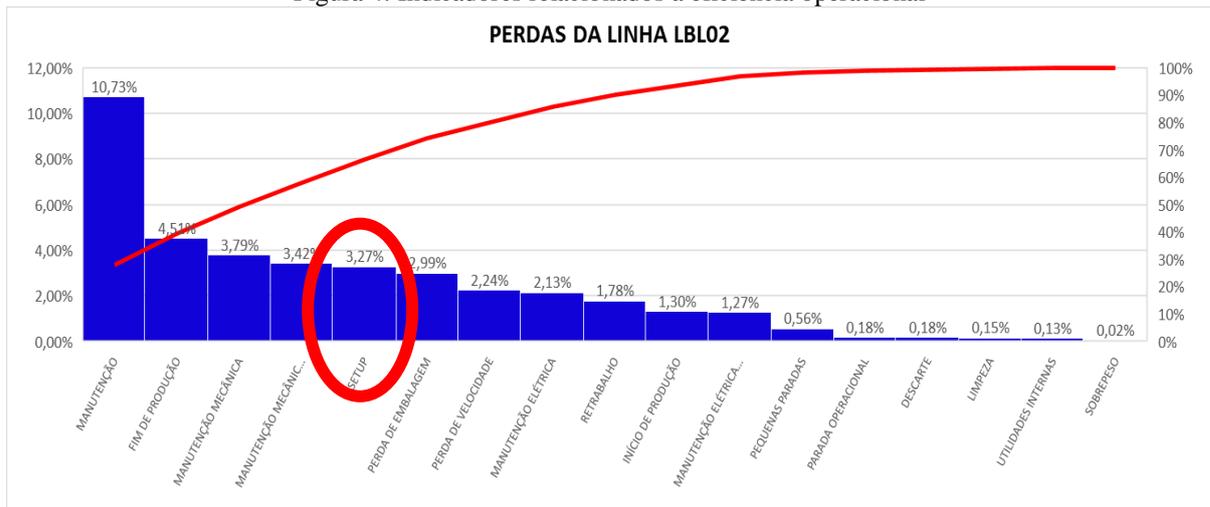
Nesta seção são aprofundadas as fases do DMAIC na linha de bolos da empresa pesquisada. Todas as fases foram estudadas de tal forma que possibilitasse a verificação da situação atual da empresa e como ela se comportou após a aplicação da metodologia.

#### 4.1. Definir

Na fase definir foram selecionadas as pessoas que compuseram a equipe de trabalho e que tiveram como objetivo conduzir as ações geradas nas reuniões semanais. O conhecimento técnico avançado em seus respectivos postos de trabalho foi um fator determinante para serem selecionadas, pois essa característica é de fundamental importância para a implementação das melhorias. A equipe foi composta pelo supervisor de produção, estagiário de produção, assistente de processos industriais, operadora de máquina de embalagem, operador de máquina de fabricação e masseiro.

Entender o motivo pelo qual o indicador foi abordado é de extrema importância, por isso foram analisados os indicadores que impactam diretamente na eficiência operacional da linha. Essa análise foi feita através do gráfico de Pareto, como pode ser observado na figura 4, que colocou em destaque que o tempo de *setup* representa a quinta maior perda no processo produtivo, com 3,27% e que, não necessariamente, recursos financeiros precisariam ser investidos para contornar a situação.

Figura 4: Indicadores relacionados a eficiência operacional



Fonte: Os autores (2019)

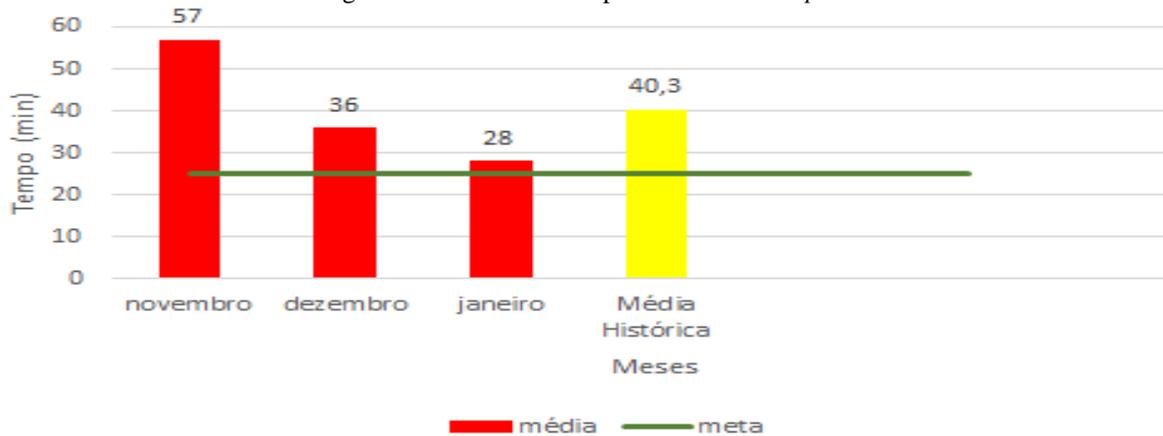
Segundo Carvalho et al. (2005) essa etapa consiste em definir quais são os requisitos do cliente e traduzir essas necessidades em características críticas para a Qualidade (CTQ).

A primeira parte dessa fase é a definição da equipe, para isso foram selecionadas pessoas que possuem o maior grau de conhecimento em cada parte do setor produtivo. Fizeram parte do trabalho, o supervisor de produção da linha, estagiário de produção, auxiliar de controle de qualidade, masseiro, operador de máquina de fabricação e a operadora de máquina de embalagem.

A linha de bolos possui um histórico de tempos médios de *setups* que foi levado em consideração na definição da meta a ser atingida. A média histórica é de 40,3min de tempo de *setup*, sendo esse valor equivalente à média dos meses de novembro/17, dezembro/17 e janeiro/18 que foi de 57 min, 36 min e 28 min, respectivamente, conforme mostra a figura 5. Dessa forma conseguiu-se definir alguns pontos importantes como:

- **VOZ DO CLIENTE:** demora do reinício da linha de produção após parada para troca de produto;
- **DECLARAÇÃO DO CTQ:** padronizar as atividades de *setup*, reduzindo o tempo médio de permanência de linha de produção parada para a realização de *setup* de 40,5min para 25min;
- **DECLARAÇÃO DE PROBLEMAS, ESCOPO E OBJETIVO:** variedade no tempo médio de *setup* fazendo com que a linha permaneça bastante tempo parada, dessa forma o objetivo do time do projeto é reduzir o tempo médio de *setup* na linha de bolos 2 de 40,5min para 25 min. (Redução proposta de 38%) até 18 de agosto de 2018.

Figura 5: Histórico de tempos médios de *setups*



Fonte: Os autores (2019)

#### 4.1.1. SIPOC

Segundo DAMÉLIO (2011), o SIPOC é uma ferramenta que auxilia a identificar todos os elementos importantes de um projeto durante a definição dele. Essa ferramenta permite a visão de todas as interfaces do processo, mostrando o impacto destas na qualidade, na saída do processo, maximizando a compreensão da organização voltada para o processo. A sigla faz referência as iniciais das palavras em inglês *supplier* (fornecedor), *input* (entradas), *process* (processo), *output* (saídas) e *customer* (clientes).

Na etapa que compreende aos fornecedores tem-se toda a equipe de logística da companhia, que facilita a distribuição das matérias primas utilizadas para as atividades de produção e as atividades de limpezas que são executadas nos *setups*. Vale ressaltar que o setor de almoxarifado também se torna um fornecedor interno, o qual terá todo o controle do estoque dentro da unidade. Se houver falha nesse setor, possivelmente a equipe de logística não irá suprir essa falha, uma vez que os fornecedores externos sempre possuem seus próprios lead times de reposição.

Na etapa das entradas tem-se a capacitação da mão de obra e a disposição dos utensílios que são utilizados, onde cada colaborador passa por treinamentos específicos da sua área. Na etapa dos processos é onde ocorre o *setup*, ou tempo de preparação, sendo o tempo existente entre o último produto bom produzido de um determinado lote e o primeiro produto bom produzido do próximo lote (FORONI et al., 2009). Na etapa das saídas tem-se a finalização das atividades executadas na etapa dos processos e o monitoramento dos processos. Na etapa dos clientes tem-se o resultado do trabalho executado nas etapas anteriores e as pessoas, ou organizações que irão ser beneficiadas pelas saídas.

De acordo com o que se pode ver na figura 6, a etapa que está totalmente ligada a procedimentos executados nas atividades de *setup* se resume na etapa de processos.

Figura 6: SIPOC da situação atual



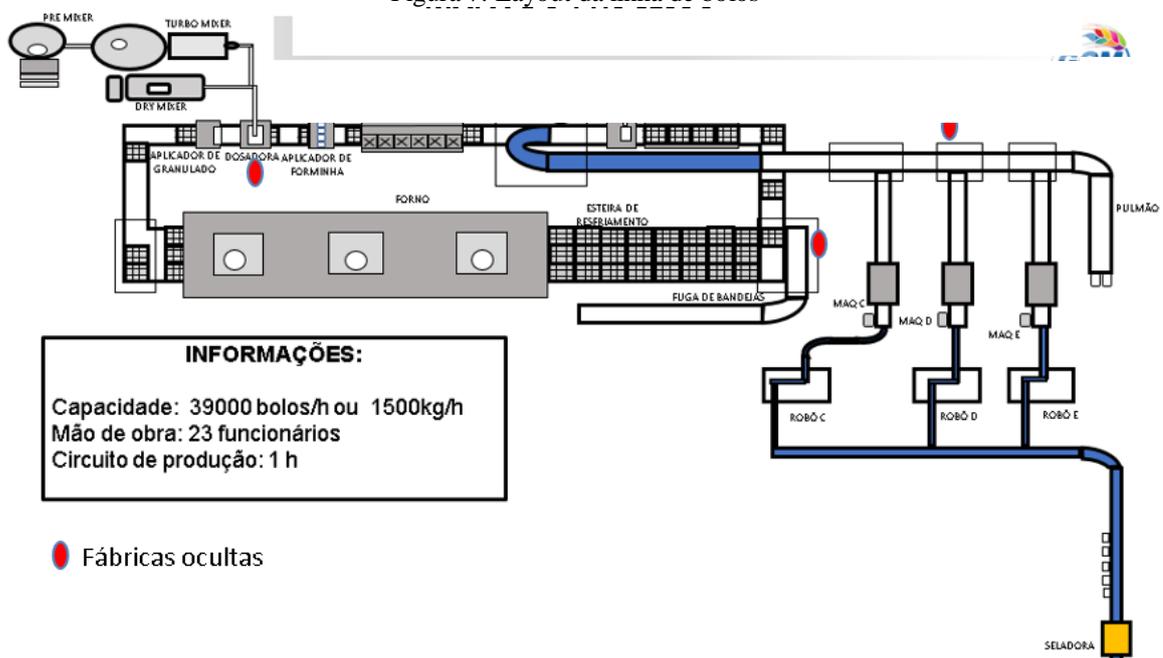
Fonte: Os autores (2019)

#### 4.1.2. Mapa do processo

O mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação que têm a intenção de ajudar a melhorar os processos existentes ou de implantar uma nova estrutura voltada para processos. A sua análise estruturada permite, ainda, a redução de custos no desenvolvimento de produtos e serviços, a redução nas falhas de integração entre sistemas e melhora do desempenho da organização, além de ser uma excelente ferramenta para possibilitar o melhor entendimento dos processos atuais e eliminar ou simplificar aqueles que necessitam de mudanças (VILLELA apud HUNT, 1996).

Entender o layout da linha de produção, capacidade produtiva, mão de obra utilizada e ciclo de produção são informações imprescindíveis para a implementação das melhorias e a eliminação das fábricas ocultas. Hansen (2006) denomina como “fábrica oculta” todo o potencial da capacidade de produção instalado e não utilizado pela fábrica, por conta do baixo índice de eficiência no uso destes maquinários. Na figura 7 tem-se o layout da linha de bolos e os pontos específicos responsáveis pela baixa eficiência da linha, considerados “fábricas ocultas”.

Figura 7: Layout da linha de bolos



Fonte: Os autores (2019)

## 4.2. Medir

Nesta etapa, a coleta de dados é essencial para validar e quantificar o problema e/ou a oportunidade, objetivando a definição de prioridades e a tomada de decisões sobre os critérios que são necessários (LIN et al., 2013). De acordo com a situação atual foi feito o cálculo do nível sigma em que o processo de *setup* se enquadrava, tendo como referência o tempo médio mensal.

O cálculo do DPMO (defeitos por milhão de oportunidades) foi realizado da seguinte forma: "defeito" o tempo médio mensal que é de 40,3min ou 0,67hs para realizar os *setups* e como "oportunidades" as horas disponíveis para a realização dos *setups* que são as horas para a produção do mês, no cálculo abaixo tiveram 110,67 horas de produção.

Assim tem-se:

$$DPMO = \frac{\text{DEFEITO}}{\text{OPORTUNIDADES}} \times 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{\text{Tempo medio setups(hs)}}{\text{Horas de prod.}} \times 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{(40,3/60)}{110,67} \times 1.000.000$$

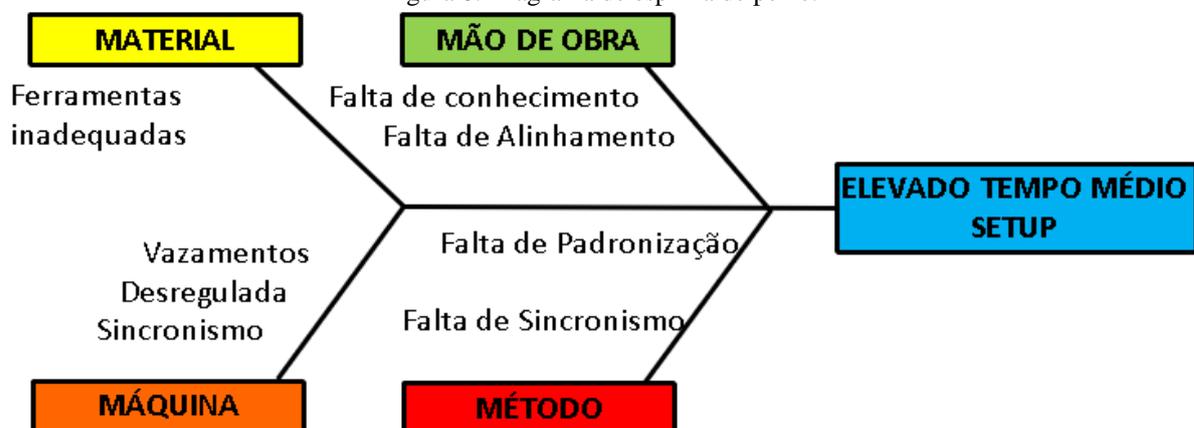
$$DPMO = 6.415,47$$

Com o valor do DPMO obteve-se o nível sigma desse processo usando a figura 2 e a interpolação linear entre os dois pontos que sucede e antecede o DPMO dos mesmos, chegando ao nível sigma de 3,99.

### 4.2.1. Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa também conhecido como diagrama de espinha de peixe, de acordo com Werkema (1995), é uma ferramenta utilizada para expor a relação existente entre o resultado de um processo, e as causas que tecnicamente possam afetar esse resultado. De acordo com Moura (2003), esta é uma ferramenta útil para análise dos processos de forma a identificar as possíveis causas de um problema. Diante disso, foi feito um brainstorming para colocar-se em pauta as principais causas que estavam contribuindo para o elevado tempo médio de *setup*. A figura 8 mostra o diagrama de espinha de peixe e os principais motivos citados no brainstorming ligado ao seu respectivo M (material, mão de obra, máquina e método).

Figura 8: Diagrama de espinha de peixe.



Fonte: Os autores (2019)

Finalizada a correspondência das principais causas com um dos 4Ms foi elaborada a matriz de priorização que pode ser visto na figura 9.

Figura 9: Matriz de priorização

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA ANALISADO							
Reduzir p tempo médio de setup na linha de bolos de 40,5 min para 25 min.	Outputs Variáveis (Ys)	DESCRIÇÃO	RECOLHER MATERIAL	INSPEÇÃO DO PRODUTO	PRODUÇÃO	RESULTADO	
	PESO	1	3	9			
Inputs Variáveis (Xs)						PONTOS	%
Falta de alinhamento no posto de trabalho		1	3	3		37	20
Ferramentas inadequandas		1	9	3		55	30
Falta de padronização		1	3	9		91	50

Fonte: Os autores (2019)

De acordo com a matriz de priorização, pode-se verificar que a falta de padronização é responsável por 50% do tempo elevado de *setup*, seguido da utilização de ferramentas inadequadas com 30% e a falta de alinhamento no posto de trabalho com 20%.

#### 4.2.2. MAS – Análise do sistema de medição

Segundo o Manual de MSA da QS-9000 (1997, p.4): “Sistema de Medição é o conjunto de operações, procedimentos, dispositivos de medição e outros equipamentos, software e pessoal usado para atribuir um número à característica que está sendo medida; o processo completo usado para obter as medidas”.

O principal objetivo dessa ferramenta na fase medir foi verificar a variação existente no processo e se o método utilizado era compatível com as especificações do processo, ou seja, se era adequado. Para isso, foram fixados alguns conceitos:

O equipamento que referencia a parada da linha para *setup* será a dosadora de massa, conforme mostra a figura 10.

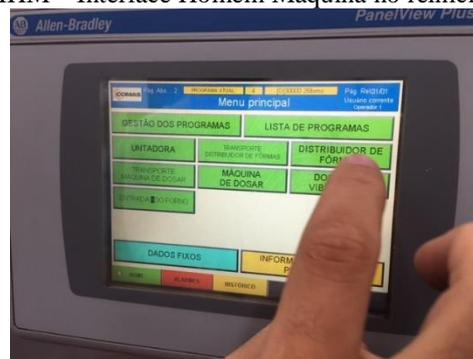
Figura 10: Dosadora de massa



Fonte: Os autores (2019)

Os comandos automáticos para reiniciar a linha são mostrados na figura 11.

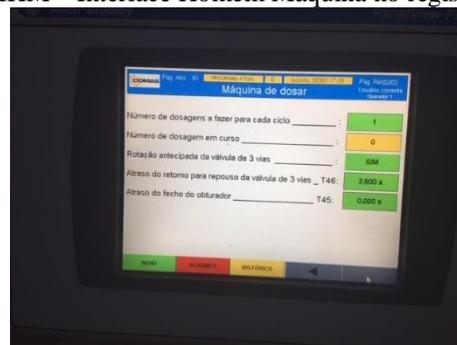
Figura 11: IHM – Interface Homem Máquina no reinício automático



Fonte: Os autores (2019)

O registro do horário da parada no próprio programa do equipamento é mostrado na figura 12.

Figura 12: IHM – Interface Homem Máquina no registro de parada



Fonte: Os autores (2019)

O registro do tempo de parada da linha em minutos no formulário físico e eletrônico é mostrado na figura 13.

Figura 13: Formulário físico e eletrônico



Linha	SECO	CODIG	TORNO	SECO	FM	h	m	CLASSIFICAÇÃO DA PARADA (CÓD)	SUBCÓDIGO	PARADA PROGRAMADA (PREVISÃO)
LELO2	EMSAIAGEM	34201	MANHÃ	09:10	09:15	0:05:00	0,08	FF	FF-MAN	IMPREVISTA
LELO2	TODA LINHA	34201	MANHÃ	13:12	14:20	1:08:00	1,13	TRE	TRE	PROGRAMAÇÃO
LELO2	TODA LINHA	34201	TARDE	14:20	15:40	1:20:00	1,33	TRE	TRE	PROGRAMAÇÃO
LELO2	TODA LINHA	34201	TARDE	15:40	20:00	4:20:00	4,33	FM	FM	PROGRAMAÇÃO
LELO2	TODA LINHA	34201	TARDE	20:00	21:40	1:40:00	1,67	ACP	ACP	PROGRAMAÇÃO

Fonte: Os autores (2019)

#### 4.2.3. Coleta dos tempos de setup

Para coletar-se os tempos de *setup* teve-se como referências as observações realizadas no MSA, visto no ponto 4.2.2 e os tipos de *setup* por SKU (*Stock Keeping Unit*). Percebeu-se que os *setups* variam consideravelmente, mesmo se tratando do mesmo *setup*. O quadro 1 mostra os *setups* que foram realizados e o tempo gasto para a realização deles. Vale ressaltar que com as informações do dia e horário é possível conhecer os operadores de máquinas responsáveis pela realização do *setup*.

Quadro 1: Histórico de *setups*

DIA	TURNO	INÍCIO	FIM	h:min	DESCRIÇÃO
01/06/2017	NOITE	22:00	23:00	01:00:00	SETUP CHOCOLATE "X" P/ CHOCOLATE "Y".
02/06/2017	TARDE	19:44	20:53	01:09:00	SETUP BRIGADEIRO "X" P/ BRIGADEIRO "Z"
03/06/2017	NOITE	06:30	07:00	00:30:00	SETUP BRIGADEIRO "Z" P/ CHOCOLATE "Z".
03/06/2017	MANHÃ	07:00	07:45	00:45:00	SETUP BRIGADEIRO "Z" P/ CHOCOLATE "Z"
05/06/2017	TARDE	18:47	19:12	00:25:00	SETUP BAUNILHA "Y" P/ BAUNILHA "Z".
06/06/2017	TARDE	17:55	19:52	01:57:00	SETUP BAUNILHA "Z" P/ BAUNILHA COM GOTAS "Z"
07/06/2017	MANHÃ	07:00	09:50	02:50:00	SETUP BAUNILHA COM GOTAS "Z" P/ BAUNILHA "Y"
08/06/2017	NOITE	03:50	04:27	00:37:00	SETUP BAUNILHA "Y" PARA "X" BAU COM CHOCOLATE
09/06/2017	MANHÃ	10:00	11:28	01:28:00	SETUP BAUNILHA "X" P/ BOLO BRIGADEIRO ZOO.
21/06/2017	NOITE	01:32	02:32	01:00:00	SETUP BRIGADEIRO "X" P/ CHOCOLATE "Z".
22/06/2017	NOITE	01:32	02:20	00:48:00	SETUP CHOCOLATE "Z" P/ BRIGADEIRO "Z"
22/06/2017	TARDE	17:26	18:01	00:35:00	SETUP BRIGADEIRO "Z" P/ CHOCOLATE "Y".
27/06/2017	NOITE	21:40	23:59	02:19:00	SETUP BAUNILHA COM GOTAS "Z" P/ BAUNILHA "Z"
28/06/2017	MANHÃ	13:40	15:40	02:00:00	SETUP BAUNILHA "Z" P/ BAUNILHA COM GOTAS "Z"
28/06/2017	TARDE	19:45	23:00	03:15:00	SETUP BAUNILHA COM GOTAS "Z" P/ CHOCOLATE "X".
15/07/2017	MANHÃ	11:45	12:10	00:25:00	SETUP BAUNILHA "Y" P/ BAUNILHA "Z"
18/07/2017	TARDE	18:08	18:40	00:32:00	SETUP BAUNILHA "Z" P/ BAUNILHA "Y"
18/07/2017	TARDE	20:05	21:30	01:25:00	SETUP BAUNILHA "Y" P/ BRIGADEIRO "Y".
20/07/2017	NOITE	01:40	02:10	00:30:00	SETUP CHOCOLATE "Y" P/ BOLO BRIGADEIRO "Y"
20/07/2017	NOITE	03:00	03:30	00:30:00	SETUP BRIGADEIRO "X" P/ BRIGADEIRO "Z"
26/07/2017	NOITE	01:40	03:30	01:50:00	SETUP BAUNILHA "Z" P/ MILHO "Y".
26/07/2017	MANHÃ	11:00	12:10	01:10:00	SETUP MILHO "Y" P/ BRIGADEIRO "X".
28/07/2017	NOITE	23:30	23:59	00:29:00	SETUP BRIGADEIRO "Y" P/ BAUNILHA "X".
29/07/2017	NOITE	00:00	00:30	00:30:00	SETUP BRIGADEIRO "Y" P/ BAUNILHA "X".
29/07/2017	MANHÃ	09:05	09:45	00:40:00	SETUP BAUNILHA "X" P/ BAUNILHA COM GOTAS "Z"
01/08/2017	NOITE	03:40	04:20	00:40:00	SETUP BAUNILHA COM GOTAS "Z" P/ BAUNILHA "X".
04/08/2017	TARDE	17:30	18:10	00:40:00	SETUP BAUNILHA COM GOTAS "Z" P/ BAUNILHA "Z"
05/08/2017	NOITE	04:15	05:00	00:45:00	SETUP BAUNILHA "Z" P/ CHOCOLATE "Y"
05/08/2017	NOITE	05:30	06:20	00:50:00	SETUP BAUNILHA "Z" P/ CHOCOLATE "Y"

Fonte: Os autores (2019)

De acordo com os números mostrados no quadro 1, o setor responsável pela gestão operacional da performance (GOP) da empresa traçou a meta a ser alcançada como pode-se verificar na declaração do problema, escopo e objetivos visto na fase definir (Ver item 4.1).

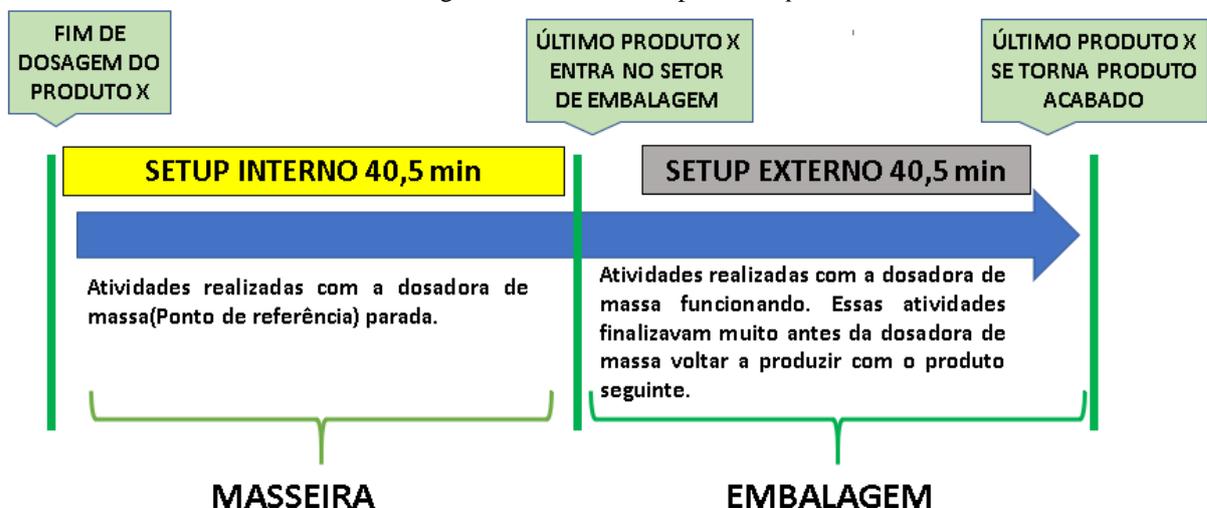
#### 4.2.4. Filmagem

Com o objetivo de formalizar o padrão atual de se fazer o *setup* na linha foi necessário filmar todas atividades executadas deixando claro para a operação que a ação de filmar não tinha como objetivo dizer se estava certo ou errado, mas, sim, de implantar melhorias futuramente, tratando assim, para que os mesmos se tranquilizassem e não fugissem da realidade de um *setup* normal.

De acordo com a filmagem, pode-se verificar que a linha do tempo de *setup* se comportava conforme a ilustração da figura 14. Todas as atividades de *setup* eram feitas dentro do *setup* interno e o setor de embalagem permanecia muito tempo parado sem realizar nenhuma atividade, pois as atividades não demandavam muito tempo.

Assim definiu-se a área da masseira como a área crítica da linha de produção, ou seja, aquela área responsável por ocasionar o prolongamento dos tempos de *setup*.

Figura 14: Linha do tempo de *setup*



Fonte: Os autores (2019)

#### 4.3. Analisar

Trata-se da etapa em que é realizada a identificação das variáveis que afetam o processo, sendo necessário encontrar as causas dos problemas para que se possa aprofundar nos detalhes, identificando as atividades críticas (LIN et al., 2013). Todos os dados obtidos nas fases anteriores são analisados de forma criteriosa para que o projeto não avance em direção a um resultado falso ou inconsistente, conseqüentemente, gerando desgaste na equipe e perda de tempo.

##### 4.3.1. FMEA – Análise do modo e efeito da falha

O FMEA é conhecido por ser um procedimento para a análise de um determinado sistema, usado para identificar os modos de falha potenciais, suas causas e efeitos no desempenho do processo, sendo sua análise executada preferivelmente com antecedência, dentro do ciclo de desenvolvimento de forma que a remoção ou a mitigação do modo de falha seja válida e efetiva de modo preventivo (CASSANELLI et al., 2006).

O procedimento de análise do FMEA do *setup* levou em consideração a pontuação que variou de 1 a 10 obtida nos seguintes índices:

- Severidade: 1- Menor impacto e 10- Maior impacto;
- Ocorrência: 1- Menor ocorrência e 10- Maior ocorrência;
- Detecção: 1- Baixa detecção e 10- Alta detecção.

No quadro 2, pode-se ver o produto obtido dos 3 índices citados acima que forma o NPR que é o número de prioridade de risco, onde quanto maior o valor, maior a priorização da deficiência do processo de forma que as ações de controles sugeridos deve ser feita de imediato.

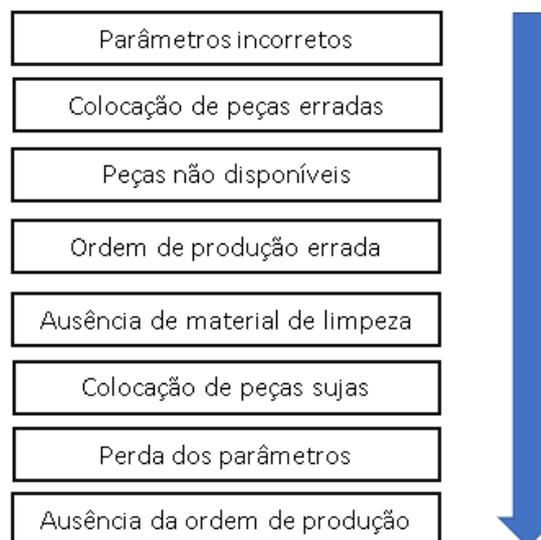
Quadro 2: Análise do FMEA

DESCRIÇÃO DO PROCESSO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO POTENCIAL DE FALHA	S	CAUSA POTENCIAL DA FALHA	O	CONTROLES ATUAIS DO PROCESSO	D	RPN	CONTROLES SUGERIDOS	RESPONSÁVEIS
CRIAÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO	Ausência da ordem de produção	A linha continua produzindo o produto que já atingiu a meta	4	Lider não solicitou a ordem de produção	4	Email corporativo	2	32	Rotina de sempre verificar o email antes de iniciar a produção	Lider de produção
	Ordem de produção errada	Retrabalhar os produtos que já foram produzidos	5	Desatenção do analista	5		3	75	Sempre utilizar o sistema para gerar a ordem de produção	Analista de PCP
SUBSTITUIÇÃO DE PEÇAS	Colocação de peças erradas	Parada da linha	8	Desatenção do operador	3	Identificação na propria peça	4	96	Identificar o suporte para cada peça	Supervisor de produção
	Peças não disponíveis	Setup prolongado	7	Despadronização da disposição das peças.	3		4	84	Demarcar o local das peças	Supervisor de produção
LIMPEZA DE PEÇAS	Colocação de peças sujas	Produção de produtos de má qualidade	6	Desatenção do operador / Despadronização das atividades após o setup.	2		4	48	Orientação	Lider de produção
	Ausência de material de limpeza	Setup prolongado	5	Despadronização da disposição do material de limpeza.	2	Ficha de requisição interna	5	50	Chek list de setup	Operador
PARAMETRIZAR OS EQUIPAMENTOS PARA REINICIO DA LINHA	Parâmetros incorretos	Baixa eficiencia produtiva	8	Desatenção do operador	5		5	200	Book de parametros	Supervisor de produção
	Perda dos parametros salvo no equipamento	Setup prolongado	9	Danos no equipamento	2	Backup das informações	2	36	Book de parametros	Supervisor de produção

Fonte: Os autores (2019)

De acordo com o que foi exposto no quadro 2 foi possível colocar em evidência na figura 15 uma ordem de prioridade dos modos de falha na execução dos procedimentos de *setup*.

Figura 15: Ordem de prioridade FMEA



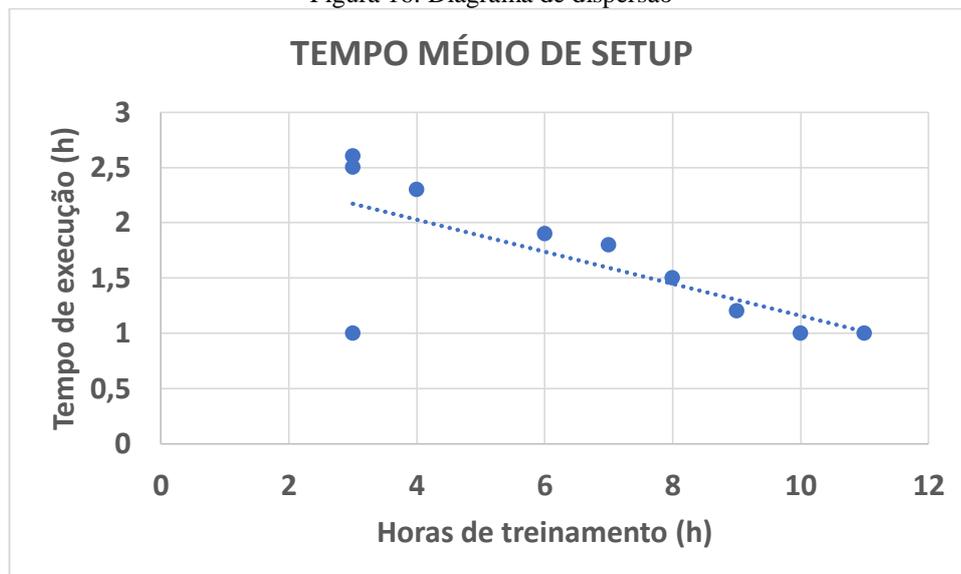
Fonte: Os autores (2019)

#### 4.3.2. Diagrama de dispersão

O diagrama de dispersão foi utilizado para realizar uma correlação entre o tempo de execução de um *setup* e as horas de treinamento. Vale ressaltar que o *setup* em questão foi o *setup* de uma massa escura com recheio de chocolate para uma massa clara com recheio de morango, ou seja, um *setup* que envolve todas as atividades de limpeza e substituição de peças da linha de produção.

O diagrama mostrou que existe uma relação inversamente proporcional entre o tempo de execução de um *setup* e as horas de treinamento, onde quanto maior o tempo de treinamento do colaborador, menor será o tempo para executar a atividade de *setup*. Um colaborador fugiu da regra de tendência que com apenas 3 horas de treinamento executou a atividade em 1 hora, mas ele já possuía experiência em outras indústrias do mesmo segmento. De acordo com a análise do diagrama, colaboradores que possuem a partir de 8hs de treinamento, executa a atividade em menos de 1,5hs, sendo esse tempo considerado satisfatório, pois no mês é realizado apenas um *setup* desse tipo. Assim, esse tempo de 1,5 hs é diluído nos outros *setups* mais simples que demandam menos tempo e o tempo médio fica dentro da meta.

Figura 16: Diagrama de dispersão



Fonte: Os autores (2019)

#### 4.4. Melhorar

Nessa etapa serão implementadas soluções para os problemas citados nas fases anteriores. Vale ressaltar que a melhoria do processo está totalmente associada a soluções que tenham a capacidade de erradicar ou prevenir a ocorrência das falhas.

De acordo com o SIPOC visto na fase definir (Ver item 4.1.1), houve-se a necessidade da implementação de novos procedimentos na etapa processos, como pode ser visto na figura 17 e esses procedimentos não impactaram no prolongamento do *setup*, mas pelo contrário, a inserção desses procedimentos reduziu de forma considerável o tempo destinado a execução do *setup*. Os novos procedimentos foram a preparação do *setup* e o retorno dos materiais. Os dois procedimentos citados são atividades de *setup* externo, ou seja, atividades que são executadas com a linha ainda em funcionamento.

Figura 17: Novo SIPOC



Fonte: Os autores (2019)

Os novos procedimentos inseridos consistem em:

- Preparação do *setup*: disponibilizar o material de limpeza, disponibilizar as peças que serão inseridas, disponibilizar a ordem de produção, manter toda a equipe alinhada a respeito do horário do *setup* e conferir os parâmetros de produção do produto seguinte;
- Retornar materiais: colocação de todas as peças retiradas da linha de produção nos suportes, realizar a limpeza das peças na sala de higienização, recolher o material de limpeza e realizar a limpeza do piso.

Ao inserir esses procedimentos no SIPOC, conseqüentemente a linha do *setup* (Ver item 4.2.4) foi alterada e pode ser evidenciada a alteração na figura 18.

Figura 18: Nova linha de tempo de *setup*



Fonte: Os autores (2019)

Foi inserido um *setup* externo de 25 minutos no setor da masseira com o objetivo de realizar a atividade de preparação do *setup* e reduzir a quantidade de atividades realizadas com linha parada. No setor de embalagem, o tempo de *setup* externo será igual ao tempo de *setup* interno na masseira, pois como trata-se de uma linha de produção contínua o tempo de parada é igual nos dois setores. O procedimento de retornar os materiais é realizado na masseira e na embalagem no momento em que a linha está produzindo o produto Y.

Ao obter os dados de prioridade do FMEA (Ver item 4.3.1) foi possível elaborar o plano de ação baseado no 5W2H que é uma ferramenta de planejamento de soluções que usa as iniciais das seguintes palavras inglesas: *What?* (O que?) *Who?* (Quem?) *When?* (Quando?) *Where?* (Onde?) *Why?* (Porque?) *How?* (Como?) *How much?* (Quanto?). O quadro 3 inicia destacando o que precisa ser trabalhado e finaliza mostrando o impacto financeiro dessas atividades e como pode ser visto, todas as ações não irão necessitar de mais recursos financeiros da companhia além dos recursos que já são disponíveis no momento.

Quadro 3: 5W2H

O quê? What?	Por que? Why?	Quem? Who?	Quando?		Onde? Where?	Como? How?	Quanto Custa?
			Início	Fim			
Elaborar book de parâmetros	Para não haver troca dos parâmetros entre os	Supervisor de produção	01/02/2019	01/04/2019	Masseira e Embalagem	Reunir operadores e auxiliares de produção com maior conhecimento nos defeitos do produto e evidenciar por fotos.	Não necessita de recursos financeiros
Identificar suporte para cada peça	Para não haver troca das peças entre os produtos.	Supervisor de produção	15/03/2019	15/04/2019	Sala de peças	Utilizar fitas adesivas.	Não necessita de recursos financeiros
Demarcar o local para as peças	Para ser sempre encontrado no local correto.	Supervisor de produção	15/03/2019	15/04/2019	Sala de peças	Utilizar fitas adesivas.	Não necessita de recursos financeiros
Sempre utilizar o sistema para gerar a ordem de produção	Para não haver retrabalho com o lote e	Analista de PCP	15/04/2019	15/04/2019	PCP	Utilizar o sistema corporativo.	Não necessita de recursos financeiros
Elaborar <i>check list</i> de <i>setup</i>	Evitar erros operacionais	Operadores	20/04/2019	28/04/2019	Masseira e Embalagem	Formar uma equipe para descrever os principais itens a serem verificados em um <i>setup</i> .	Não necessita de recursos financeiros
Orientação para a limpeza das peças	Sempre deixar as peças disponíveis	Lider de produção	22/04/2019	30/04/2019	Sala de higienização	Realizar treinamentos semanais.	Não necessita de recursos financeiros
Verificar o email(Ordem de produção)	Não haver atrasos a espera da ordem de	Lider de produção	22/04/2019	22/04/2019	Sala de monitoramento	Colocar essa atividade no diário de bordo do líder de produção.	Não necessita de recursos financeiros

Fonte: Os autores (2019)

O diagrama de dispersão (Ver item 4.3.2) mostrou de forma clara a relação do tempo de *setup* com as horas de treinamento e isso fortaleceu ainda mais a rotina de treinamento técnico operacional, onde foi elaborado um plano de treinamento com os temas relacionados às atividades e *setup*. O quadro 4 mostra o planejamento dos treinamentos das atividades em seus respectivos meses e o status de realizado ou atrasado. Alguns treinamentos tiveram que ser realizados de forma simultânea por conta da grande frequência de execução dessa atividade. Os treinamentos eram realizados “*in loco*” onde era colocada a situação prática a ser executada. Cada treinamento possuía uma carga horária de aproximadamente 1 hora, nos casos em que o treinamento possuía 4 horas de duração, ele era dividido nas 4 semanas do mês.

Quadro 4: Plano de treinamento de *setup*

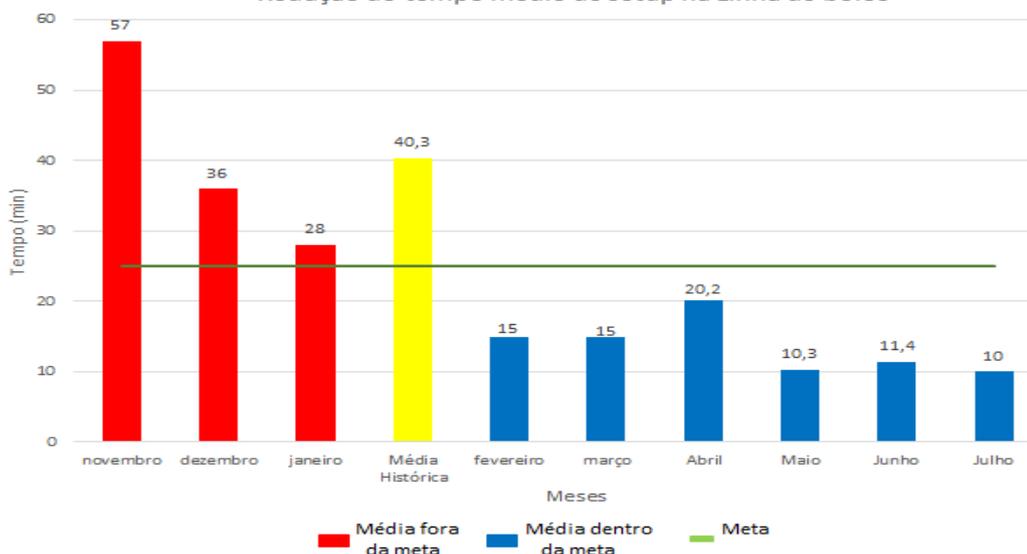
Período		FEVEREIRO				MARÇO				ABRIL				MAIO				JUNHO				JULHO			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
Atividade 1	Planejado																								
	Realizado																								
Atividade 2	Planejado																								
	Realizado																								
Atividade 3	Planejado																								
	Realizado																								
Atividade 4	Planejado																								
	Realizado																								
Atividade 5	Planejado																								
	Realizado																								
Atividade 6	Planejado																								
	Realizado																								
Atividade 7	Planejado																								
	Realizado																								
Atividade 8	Planejado																								
	Realizado																								
Atividade 9	Planejado																								
	Realizado																								

Planejado Realizado Atrasado

Fonte: Os autores (2019)

Após todas as melhorias implantadas teve-se o resultado que pode ser evidenciado na figura 19. Inicialmente o projeto tinha como objetivo reduzir o tempo médio mensal de *setup* para 25 min (Redução de 38%) e alcançou um tempo médio de 13,6min levando em consideração a média obtida nos 6 meses após o início do projeto, com isso a redução chegou ao patamar de 66%.

Figura 19: Resultado  
Redução do tempo médio de *setup* na Linha de bolos



Fonte: Os autores (2019)

#### 4.5. Controlar

Monitorar os resultados obtidos no decorrer do projeto, estabelecer controles para o cumprimento dos procedimentos estabelecidos, evidenciar a tendência do resultado são os principais objetivos da fase controlar do DMAIC.

Tendo em vista os objetivos citados acima, no quadro 5 pode ser evidenciado que a equipe realizou o monitoramento dos indicadores de eficiência operacional da linha de produção diariamente, o que possibilitou acompanhar a tendência de resultado positivo ou negativo, assim a equipe tinha tempo para realizar a intervenção antes do fechamento do indicador mensal que é o número apresentado na reunião de resultados da diretoria. Outro ponto bastante importante desse monitoramento é a evidência da consolidação do resultado (Ver figura 19), pois após o início dos trabalhos da equipe, o indicador está a 6 meses dentro da meta, isso ratificou que as ações da equipe foram efetivas e determinantes para o resultado positivo.

Quadro 5: Monitoramento dos indicadores

INDICADOR	META	ACUMULADO	1-jun	2-jun	3-jun
EO	80,00%	84,38%	67,62%		
INI	1,55%	1,65%	0,00%		
FIM	8,18%	6,46%	5,19%		
LIM	0,10%	1,76%	0,00%		
PO	0,10%	0,00%	0,00%		
SET	2,50%	0,62%	0,00%		
MAN	0,25%	0,00%	0,00%		
MEL	0,50%	0,00%	0,00%		
MMC	1,50%	1,85%	26,98%		
MME	2,00%	0,43%	0,00%		
MEE	1,00%	0,32%	0,00%		
PP	0,50%	0,09%	0,00%		
UI	0,20%	0,43%	4,65%		

Fonte: Os autores (2019)

As reuniões de alinhamento entre o setor de PCP (Planejamento e Controle da Produção) e o setor de produção foi um meio utilizado para controlar as ações entre eles. Na figura 20 deixa-se em destaque os principais pontos levados para a reunião entre os dois setores. O PCP possui o controle de estoque, demanda de produção e a realização periódica de incrementos de produção, já o setor de produção possui o controle dos equipamentos, gestão de pessoas, manutenções preventivas e do processo produtivo, dessa forma os dois setores em conjunto possibilitam o alinhamento no momento de gerar o sequenciamento de produtos a ser produzidos.

Figura 20: Reuniões de alinhamento



Fonte: Os autores (2019)

Ao finalizar as implantações das ações vistas nas etapas anteriores foi feito um novo cálculo do nível sigma da atividade de *setup* da linha de bolos. Nesse caso, o tempo médio mensal de *setup* foi de 13,6 min ou 0,22 hs e a quantidade de horas disponíveis para a produção foi de 438 hs.

Assim tem-se:

$$DPMO = \frac{\text{DEFEITO}}{\text{OPORTUNIDADES}} \times 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{\text{Tempo medio setups(hs)}}{\text{Horas de prod.}} \times 1.000.000$$

$$DPMO = \frac{(13,6/60)}{438} \times 1.000.000$$

$$DPMO = 517,5$$

Com o valor do DPMO obteve-se o nível sigma desse novo processo usando a figura 2 e a interpolação linear entre os dois pontos que sucede e antecede o DPMO dos mesmos, chegando ao nível sigma de 4,95.

## 5. Conclusão

Diante do exposto pode-se verificar que o objetivo do projeto foi atingido de forma satisfatória, pois obteve a redução do tempo médio de *setup* mensal de 40,3 minutos para 13,6 minutos, o que corresponde a uma redução de 66%. Vale ressaltar que o objetivo inicial do projeto seria reduzir o tempo médio mensal para 25 minutos, ou seja, uma redução de 38%, com isso a equipe ultrapassou a meta estipulada e tornou a linha mais produtiva, deixando-a com vantagens competitivas sobre as linhas do mesmo segmento.

Com relação a evolução do nível sigma desse processo, pode-se verificar que mudou de 3,99 sigma para 4,95 sigma, uma diferença de 0,96 sigma, sendo sem dúvidas uma evolução considerável levando em consideração que não houve grandes investimentos financeiros no projeto. Como considerou-se os *setups* como um defeito, o processo não poderá se tornar 6 sigmas por conta da necessidade da execução de *setups* no decorrer do mês para atender as solicitações do mercado e balanceamento dos estoques.

O engajamento e a capacitação profissional da equipe foram de grande notoriedade, pois os mesmos se sentiram importantes e capazes de avaliar de forma sistêmica os processos que diariamente executam na linha de produção. Os treinamentos “in loco”, a reorganização das

atividades de *setups* internos e externos contribuíram bastante para o atingimento do resultado, pois o aproveitamento da mão de obra disponível no momento correto fez com que os tempos de *setups* não se estendessem e não necessitassem de mais funcionários.

Enfim, o indicador deverá continuar sendo monitorado pela fase controlar e em constante busca por outros meios de otimização do processo de *setup*. Quanto mais tempo a linha permanecer produzindo com qualidade e sem intervenções de manutenção e *setup*, maior será a eficiência operacional da linha e o retorno financeiro para a empresa.

## Referências

- BARTZ, T.; SILUK, J. C. M.; GARCIA, M. **Redução do tempo de setup como estratégia de aumento da capacidade produtiva**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 36-46, 2012.
- CALHADO, P. M. **Implantação do Método de Troca Rápida de Ferramentas no Setor de Usinagem em uma Indústria de Autopeças**. 2015. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_206\\_226\\_28261.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_226_28261.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2019.
- CARDOSO, R. T.; & HAYASHI, A. P. **Empresa do setor de cosméticos alcança a melhoria no processo através da redução do setup com uso da abordagem de shingo (SMED)**. 2015, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: ABEPRO.2015 Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn\\_stp\\_207\\_231\\_27432.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn_stp_207_231_27432.pdf). Acesso em: 21 jan. 2019.
- CARVALHO, M. M et al. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 355p.
- CASSANELLI, G.; MURA, G.; FANTNI, F.; VANZI, M.; PLANO, B. **Failure Analysis-assisted FMEA**. Microelectronics Reability, v. 46, p. 1795-1799, 2006.
- CAZZOLATO, N. K. Resenha Bibliográfica: **Pesquisa-ação nas organizações**. Organizações em contexto, v. 4, n. 7, jun. 2008.
- CORONADO, R.B., Antony, J. **Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in Organizations**. The TQM Magazine, v.14, pp. 92-99, no.2, 2002.
- DAMELIO, R. (2011). **The Basics of Process Mapping**, 2nd Edition, ISBN-10:1363273764, CRC Press.
- ELLIOT, John. **Recolocando a pesquisa-ação em seu lugar original e próprio**. In: GERARDI, Corinta Maria Crisolia; FIORENTINI, Dario; PEREIRA, Elisabete Monteiro de Aguiar (Org.). Cartografias do trabalho docente: professor (a)- pesquisador(a). Campinas: Mercado de Letras, 1997.
- FORONI, C. D; MEDEIROS, C. M; VILHENA, Guilherme F. R.; ARAÚJO, L S. **Estudo de caso da Metodologia SMED em uma empresa francesa do setor alimentício**. Salvador. BA: Enegep, 2009. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STP\\_091\\_616\\_14216.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_091_616_14216.pdf)>. Acesso em: 21 jan. 2019.
- GOH, T.N., Xie, M. **Statistical Control of a Six Sigma Process**. Quality Engineering, 15, pp. 587-592, abr.2003.
- HANSEN, R. C. **Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de manutenção/produção para aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- KLEFSJO, B., WIKLUND, H., EDGEMAN, R.L. **Six Sigma seen as a methodology for Total Quality Management**. Measuring Business Excellence 5, pp. 31-35, jan. 2001.
- LIN, C.; CHEN, F. F.; WAN, H.; CHEN, Y. M.; KURIGER, G. **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology**. Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.
- MOURA, L.R. **Qualidade Simplesmente Total**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

NEUMANN, C. S. R.; RIBEIRO, J. L. D. **Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas.** Produção, v. 14, n. 1, 2004

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

REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. **Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup.** Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 17, n. 3, p. 579-588, 2010

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da Engenharia de produção.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

VILLELA, C. S. S., **Mapeamento de Processo como Ferramenta de Reestruturação e Aprendizado Organizacional.** Dissertação de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

WERKEMA, M.C. **Lean Six Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing.** Nova Lima: Werkema, 1.<sup>a</sup> ed. Volume 4, 2004.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.