

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

MARCOS LANGONI RODRIGUES

**Melhoria da eficiência e performance de uma linha de moldagem para
chocolates através da redução da geração de retrabalho**

Lorena
2020

MARCOS LANGONI RODRIGUES

Melhoria da eficiência e performance de uma linha de moldagem para chocolates através da redução da geração de retrabalho

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo como requisito parcial para conclusão da graduação do curso de Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Figueiredo Faria

Lorena
2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rodrigues, Marcos Langoni

Melhoria da eficiência e performance de uma linha de moldagem para chocolates através da redução da geração de retrabalho / Marcos Langoni Rodrigues; orientador Luís Fernando Figueiredo Faria. - Lorena, 2020.

47 p.

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Química - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2020

1. Pdca. 2. Eficiência. 3. Estabilidade. 4. Retrabalho. I. Título. II. Faria, Luís Fernando Figueiredo, orient.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por juntos formarem a base sólida de conhecimento e educação. Agradeço por que fizeram sempre muito mais do que mereci e suaram para que eu chegasse até aqui.

A minha namorada, Julia Carvalho Santos, pelo companheirismo, pelos ensinamentos e por representar pra mim o abrigo na nova cidade.

Aos meus amigos, por sempre suportarem e favorecerem o meu desenvolvimento enquanto pessoa e profissional. E por me acolherem tão bem a cada volta para Minas Gerais.

“Tudo o que fizeres, faça com paixão e dedicação. O dia de amanhã é feito na força de quem não dormiu ontem para ver acontecer o hoje”

Ayrton Senna

RESUMO

RODRIGUES, M. L. **Melhoria da eficiência e performance de uma linha de moldagem para chocolates através da redução da geração de retrabalho.** 2020. 47 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2020.

Neste trabalho foi aplicada a metodologia PDCA para aumentar a eficiência e performance de uma linha de moldagem de chocolates através da diminuição da geração de retrabalho. Para que a linha tenha uma boa performance e alta eficiência, deve-se manter as condições básicas de funcionamento e a estabilidade dos parâmetros de fabricação e acondicionamento dos produtos, evitando assim a geração de produtos que carreguem consigo algum modo de defeito de qualidade e, portanto, sejam destinados a retrabalho. Para o este trabalho, os estudos iniciais partiram da priorização dos produtos que seriam analisados pelas iniciativas do projeto (uma vez que a linha consegue produzir 7 produtos diferentes e cada um deles possui índice de geração de retrabalho). Para isso, foi levantado um histórico das últimas 10 produções de cada categoria de produtos e o índice de retrabalho de cada produção. As iniciativas de projeto focaram na padronização dos parâmetros de moldagem dos produtos e também do parque de embrulhadeiras e acondicionamento através do estudo estatístico das variáveis que impactam a geração de retrabalho. Por fim, após aplicação da metodologia e das soluções encontradas, foram verificados os ganhos do projeto refletidos nos indicadores de nível de atendimento de mercado (otimizado de 87% para 94,6%), eficiência da linha de produção (elevada de uma média mensal de 78,4% para 86,3%) e aumento da confiabilidade em termos de performance.

Palavras chave: PDCA, eficiência, estabilidade, retrabalho.

ABSTRACT

RODRIGUES, M. L. **Improvement on line efficiency and performance for a mouldage chocolate line through the reduction of rework index.** 2020. 47 f. Monograph (Undergraduate in Chemical Engineering) – School of Engineering of Lorena, University of São Paulo, Lorena, 2020.

In this work, the PDCA methodology was applied to increase the efficiency and performance of a chocolate molding line by reducing the rework generation. For the line to have a good performances and high efficiencies, the basic operating conditions and the stability of the manufacturing and packaging parameters of products must be maintained, thus avoiding the generation of products that carry some type of quality defect and, therefore, they are send to rework. For this work, the initial studies started from prioritizing the products that would be analyzed by the project initiatives (since the line manages to produce 7 different products and each of them has a rework generation index). So, a history of the latest 10 productions of each product category and the rework index of each production were surveyed. The project initiatives focused on the standardizing the molding parameters of the products and also on the wrapping and packaging facilities through the statistical study of the variables that impact the generation of rework. Finally, after applying the methodology and solutions found, the project's gains were reflected in the market service level indicators (optimized from 87% to 94.6%), efficiency of the production line (increased from a monthly average 78.4% to 86.3%) and increased reliability in terms of performance.

Keywords: PDCA, Efficiency, Stability, Rework.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estratificação de retrabalho por produto na linha 4 para o ano de 2017.....	32
Tabela 2 – Compilado dos resultados dos testes no período de Novembro a Dezembro de 2017.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do TPM e os oito pilares de sustentação e implementação.	13
Figura 2 – Tempos de processo utilizados por performance industrial para o cálculo de eficiência global de um processo.	14
Figura 3 – Detalhe dos tempos de performance contemplando detalhe de paradas não planejadas.....	15
Figura 4 – Exemplo numérico de tempos de performance para cálculo de KPIs....	18
Figura 5 – A relação entre os ciclos SDCA e PDCA.	20
Figura 6 – Exemplo de carta de controle de peso para um produto com padrão, limite superior e inferior estabelecidos.	21
Figura 7 – Mapa de processo simplificado da moldagem de chocolates.	27
Figura 8 – Dosadora depositando chocolate nos alvéolos dos moldes de policarbonato.....	28
Figura 9 – Relatórios de variação de uso de nos diferentes setores de fabricação, anos 2017 e 2018.....	30
Figura 10 – Estratificação da geração de retrabalho entre linhas do setor de moldagem.	30
Figura 11 – Depositador preenchendo os alvéolos com massa de chocolate.	33
Figura 12 – Parâmetros vitais de fabricação em destaque durante depósito de massa de chocolate nos alvéolos dos moldes.	33
Figura 13 – Migração da gordura das massas de chocolate para a superfície devido diferencial de temperatura indesejado no processo.....	34
Figura 14 – Falha durante o processo de desmoldagem de um chocolate moldado por erro operacional durante ajuste de vibração.	35
Figura 15 – Ajuste das esteiras das embrulhadeiras.	36
Figura 16 – Histórico de eficiências da linha 4 comparado a meta esperada pelo negócio para o projeto.....	37
Figura 17 – Formulário para coleta de dados de geração de retrabalho <i>versus</i> fatores impactantes.....	38
Figura 18 – Diagrama de Ishikawa dos problemas analisados na fabricação pelo gráfico de coleta.....	39
Figura 19 – Diagrama de Ishikawa dos problemas analisados no acondicionamento pelo gráfico de coleta.	40

Figura 20 – Sistema de adições da linha 4.	41
Figura 21 – Histórico de eficiências da linha 4 comparado a meta esperada após as melhorias em Janeiro/2018.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Contextualização	10
1.2 Objetivos do trabalho	11
1.2.1 Objetivos Gerais.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 Justificativa	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 <i>Lean manufacturing</i> e performance industrial	12
2.2 Conceitos de performance industrial	13
2.3 Indicadores chave de performance (<i>Key Performance Indicators</i> - KPIs)	15
2.4 Impacto da geração de retrabalho e varredura na eficiência	19
2.5 Ciclos SDCA e PDCA para manufatura	20
3 METODOLOGIA	23
3.1 Método de pesquisa	23
3.2 Procedimentos	23
3.3 Etapas de realização do projeto	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Identificação dos problemas e estudo das etapas de processo – planejar e executar	27
4.1.1 Linhas de produção de chocolates moldados	27
4.1.2 Identificação do problema e priorização dos produtos analisados	29
4.1.3 Apresentação da linha 4 e estratificação de geração de retrabalho por produto	31
4.1.4 Etapas de processo e parâmetros chave da linha 4	32
4.1.5 Determinação da meta global do projeto.....	37
4.2 Estratégia de coleta dos dados e análise dos impactos de cada variável – medições e análises	37
4.3 Aplicação das melhorias e acompanhamento do indicador de eficiência	41
5 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

“O Brasil foi classificado em 2017 como o terceiro maior consumidor mundial do mercado de chocolates (EUA ficam em primeiro lugar e em segundo lugar Alemanha) e quarto maior exportador mundial do produto. O setor da indústria alimentícia, que está no Brasil desde 1920, contribui com mais de R\$ 80 bilhões por ano para o PIB nacional, além de gerar 100 mil empregos direta e indiretamente por todo o território brasileiro” (BATISTA, 2008).

Apesar da grande contribuição para a economia do Brasil, o mercado de chocolates é dominado por três grandes marcas: Nestlé e Garoto (44,5% market share de chocolates) e Kraft Foods (35,8% market share de chocolates).

Nesse contexto, tudo o que tange a qualidade dos produtos e a performance das linhas de produção é considerado fator vital e essencial para o bom funcionamento da empresa e manutenção da representatividade de mercado desta, uma vez que a demanda pelo produto é crescente no país e no mundo. A diminuição da geração de retrabalho contribui largamente para a alta performance das linhas uma vez que aumenta o G.P.H. das linhas (em Performance Industrial, *Good Production Hours*), elevando o tempo em que a linha está liberando produtos terminados livres de qualquer defeito de fabricação o que, por consequência, reduz também o índice de reclamações do consumidor.

Assim sendo, é comum atualmente que a operação das indústrias de chocolate tenha em sua rotina, conceitos associados ao Lean Six Sigma (eliminação da geração de retrabalho e varredura, estudo de perdas associadas a tempos de processo, *lead time* e redução de estoques) e também a ciclos da ferramenta de qualidade chamada PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir), com a estruturação de projetos para eliminar desvios de causa raiz desconhecida, onde está inserido o conhecimento sobre o método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar), foco desse trabalho na eliminação de variáveis de impacto na geração de retrabalho (PMBOK, 2004).

1.2 Objetivos do trabalho

1.2.1 Objetivos Gerais

O objetivo desse trabalho foi melhorar a eficiência de uma linha de moldagem de chocolates através de iniciativas que garantem uma redução considerável da geração de retrabalho e varredura desta linha, utilizando a metodologia PDCA.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Definir as prioridades de projeto através da historização do problema e identificação dos parâmetros críticos a serem analisados;
- Coletar e analisar os dados referentes a geração de retrabalho para focar as ações do projeto, tornando cada atuação da equipe mais significativa e de maior impacto nos indicadores principais;
- Determinar as causas raízes através das inferências estatísticas feitas sobre os dados;
- Estudar e implementar as melhorias definidas como solução para o problema, verificando se a melhoria é sustentável e de fácil adaptação com a rotina do operador;
- Padronizar as atividades e parâmetros definidos como ótimos após a implementação da melhoria.

1.3 Justificativa

A eficiência e performance das linhas são definitivamente, dois dos mais importantes e essenciais indicadores de processo das fábricas de chocolate atualmente, uma vez que é reflexo de vários fenômenos e variáveis das máquinas e do próprio processo, bem como cumprimento de padrões e normas de segurança alimentar.

O PDCA é classificado como uma iniciativa de melhoria contínua associada a Lean que tem como principal objetivo a entrega de uma “mudança de patamar” em relação a padrões de fabricação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Lean manufacturing* e performance industrial

O surgimento do *Lean Manufacturing* (ferramentas de gestão) remonta vários períodos da história para indústrias e para a economia global. Segundo Womack, Jones e Roos (2014), “a Segunda Guerra Mundial foi o marco histórico que culminou no desenvolvimento de grande parte dos conceitos de produtividade e performance industrial que estão difundidos na atualidade dentro das grandes companhias, como o *Lean*”.

Para Womack, Jones e Roos (2014), após a vitória dos Aliados no oriente em 1945, o Japão voltou sua atenção para os modelos produtivos americanos, partindo dos conceitos de Ford para produtividade e do recém criado Controle Estatístico de Processos (C.E.P.) de Walter A. Shewhart, que garantia o controle e qualidade dos processos da época. A combinação dos conceitos estudados, feita por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, construiu naquele momento o berço do modelo Toyota de produção.

“O sistema Toyota logo percebeu que os trabalhadores poderiam contribuir muito mais com a produção do que apenas com a força física, ao contrário do que era proposto por Ford. Essa descoberta provavelmente fundamentou o surgimento dos Ciclos de Qualidade e, com isso, nasceram ferramentas muito conhecidas na atualidade como o diagrama de Ishikawa. Outra descoberta chave foi em relação a variação de produto. O modelo Ford foi construído para desenvolver apenas um tipo de produto, o que fazia com que ele perdesse acuracidade quando a produção envolvia mais de um tipo de produto” (SHINGO, 1996).

De acordo ainda com Womack (2014), Shigeo Shingo, um dos fundadores do modelo Toyota, começou então estudos sobre os tempos de partida das linhas de produção bem como os tempos de troca de produto e formato, inputs que mais tarde alimentariam o estudo sobre o *lead time* e fluxo de cadeia de valor e também fundamentaria o sistema *Just In Time* e controle de inventário, estoques.

“Atualmente, tudo o que foi desenvolvido por Ohno e Shingo, a combinação das estratégias de produção americanas, japonesas e europeias, é conhecida como *Lean Manufacturing* e possui seis principais focos que compõe a Mentalidade Enxuta” (WOMACK; JONES; ROOS, 2014):

- qualidade total e imediata, indo em busca do “zero defeito” e rápido controle de desvios de processo;
- redução de desperdícios através do estudo do fluxo de cadeia de valor (*Lean Value Stream*);

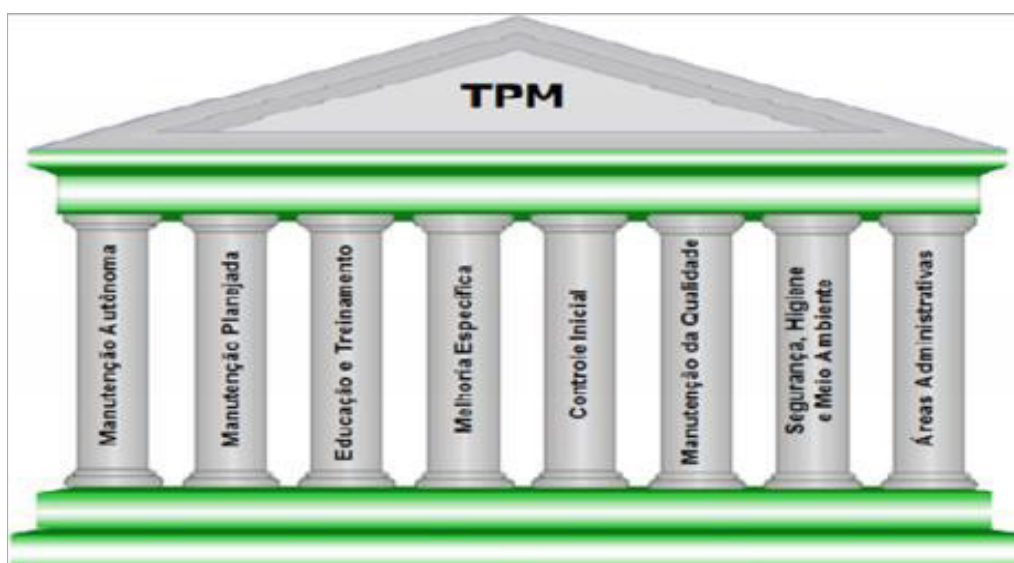
- melhoria contínua, com elaboração de projetos de melhoria afim de elevar a qualidade e estabilidade dos processos e instruir a operação sobre ferramentas de solução de desvios;
- flexibilidade, produzir rapidamente grandes lotes de várias categorias de produto, sem comprometer a eficiência das linhas de produção;
- sistema puxado, quando a ação do cliente na compra gera a movimentação das linhas de produção.

“A Melhoria Contínua, inserida nesse contexto e muito estudada atualmente, traz consigo diversos ganhos para o processo e para a fábrica como um todo. Classificada atualmente também como um dos pilares de implementação do TPM (*Total Performance Management*), é através de seus conceitos que se baseiam desde projetos de melhoria como já citado, como também elaboração dos mais diversos KPI's (*Key Performance Indicators*) e ferramentas de solução rápida para desvios de processo. Porém, a grande contribuição da Melhoria Contínua para a rotina dos setores de fabricação e planejamento e controle de produção (P.C.P.) foram conceitos de Performance Industrial, sendo possível por meio deles calcular a eficiência das linhas de produção e, a partir daí, criar projeções das produções diárias, semanais e mensais com grande acuracidade, facilitando largamente assim o controle de estoque de materiais de alta criticidade ou estratégicos” (KRAFCIK, 1988).

2.2 Conceitos de performance industrial

De acordo com Hutchins (1998), a estrutura geral do TPM é suportada por oito pilares fundamentais conforme Figura 1. A aplicação dos conceitos de todos esses pilares levará a fábrica até a excelência na manufatura.

Figura 1 – Estrutura do TPM e os oito pilares de sustentação e implementação.



Fonte: Hutchins adaptado (1998).

Ainda de acordo Hutchins (1998), a melhoria específica (um dos oito pilares de sustentação do TPM) consiste em focar a melhoria global do negócio reduzindo os problemas para aumentar o desempenho das linhas e dos processos, tendo como objetivo principal a eliminação das perdas existentes na cadeia produtiva e atingindo eficiência máxima dos equipamentos.

“Porém, para a obtenção de estudos mais focados na análise e otimização da eficiência desses equipamentos, originou-se um subgrupo dentro do pilar de Melhoria Específica conhecido como Performance Industrial. Este subgrupo tem como principal função fornecer análises de eficiência da linha com base nos cálculos de três principais tempos: TH (*Total Hours* ou Tempo de Ocupação), NPH (*Net Production Hours* ou Tempo de Execução) e GPH (*Good Production Hours* ou Tempo de Produção Boa)” (HUTCHINS, 1998).

A Figura 2 esclarece como estão encaixados os tempos citados dentro da produção.

Figura 2 – Tempos de processo utilizados por performance industrial para o cálculo de eficiência global de um processo.



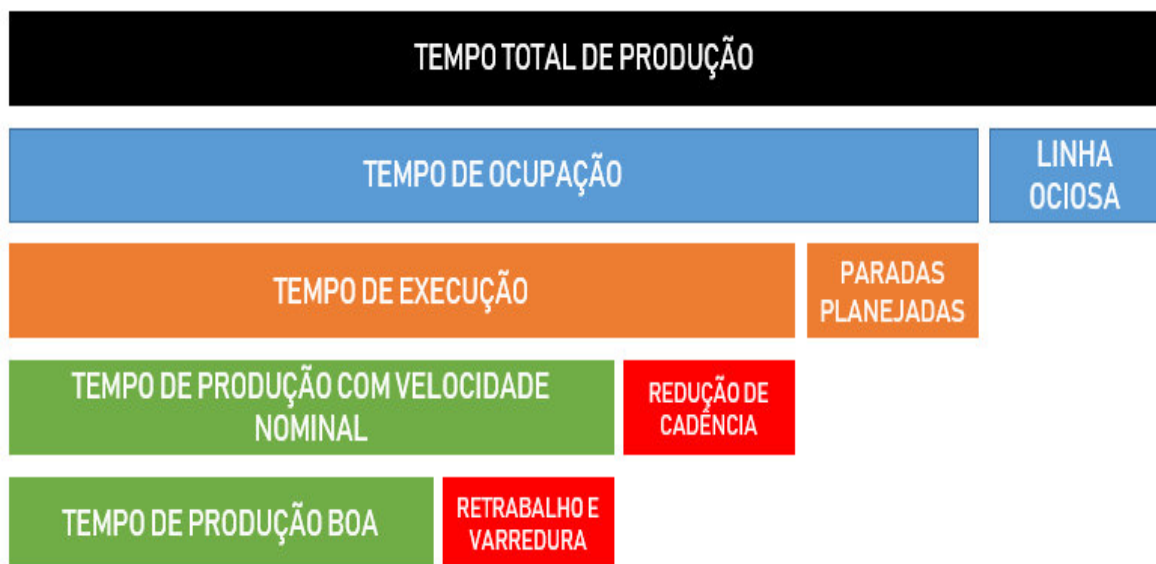
Fonte: Próprio autor.

Seguindo o que é demonstrado pelo esquema da Figura 2, cita-se um exemplo para esclarecimento e detalhe dos tempos: tem-se uma linha de produção em uma fábrica que tem 3 turnos de produção, ou seja, funciona 24 horas (24 horas = Tempo Total de Produção). De 00h00 às 05h00, não estava previsto nenhum trabalho de manutenção, limpeza, produção ou qualquer outro tipo de atividade para a linha considerada, logo a linha estava ociosa (linha ociosa = 5 horas e tempo de ocupação = 19 horas). Para o dia considerado, foi planejada uma limpeza de 1 hora e uma manutenção de meia hora na linha (paradas planejadas = 1,5 horas e

tempo de execução = 17,5 horas). Durante o dia de produção, relatou-se uma hora e meia na qual a linha funcionou com cadência reduzida devido a uma falha de processo e mais meia hora na qual a linha produziu apenas produtos que apresentavam defeitos de qualidade (paradas não planejadas = 2 horas e tempo de produção boa = 15,5 horas).

Através do exemplo citado, pode-se tornar a Figura 2 ainda mais representativa, detalhando ainda mais o grupo de paradas não planejadas, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Detalhe dos tempos de performance contemplando detalhe de paradas não planejadas.



Fonte: Próprio autor.

Segundo Womack (2014), entende-se por cadência nominal de linha quando todos os equipamentos estão funcionando de acordo com as especificações dos fabricantes, sem nenhum defeito ou fator limitante que reduza, mesmo que minimamente, sua eficiência.

2.3 Indicadores chave de performance (*Key Performance Indicators - KPIs*)

Tonini (2006) define KPIs como indicadores de performance que podem ser aplicados para os mais diversos pontos do processo produtivo. Ainda por Tonini (2006), os KPIs são criados para determinada atividade ou processo seguindo o

método SMART:

- específicos (*specific*) – Os indicadores devem ser muito claros e específicos sobre os valores que apontam, mostrando resultados confiáveis;
- mensuráveis (*measurable*) – Os indicadores devem ser comparáveis e quantificáveis em relação ao padrão ou meta desejada para o processo, por isso recomenda-se que sejam criados com valores numéricos;
- atingíveis (*attainable*) – Os indicadores devem ter metas atingíveis para que sejam significativos para a empresa, as quais devem ser ao mesmo tempo desafiadoras;
- representativos (*realistic*) – Os valores e metas indicados devem representar a real condição de processo e não o cenário desejado;
- prazos (*timely*) – Os indicadores devem possuir um tempo de revisão e prazo para cumprimento das metas.

“Vários são os KPIs utilizados na atualidade e suas aplicações variam desde o tempo de parade de máquina até o nível de confiabilidade dos produtos em relação a reclamações do consumidor” (SILVEIRA, 2012).

O MTBF (*Mean Time Between Failures* ou Tempo Médio Entre Falhas), um dos principais indicadores de eficiência, tem aplicações como projeções de performance e cálculo de metas para as linhas de produção de determinada fábrica. Este KPI é calculado segundo a Equação (1).

$$MTBF [tempo] = \frac{(Tempo\ total\ de\ funcionamento - Tempo\ de\ Paradas)}{Número\ de\ Falhas} \quad (1)$$

O valor retornado pelo MTBF é um *input* para a área de Planejamento e Controle de Produção (PCP) uma vez que demonstra a cada quanto tempo deve-se considerar uma parada na linha de produção em questão. Para Silveira (2012), através do MTBF e de outros KPIs é possível prever como será a performance de diária, semanal ou mensal de um processo de acordo com a frequência de alimentação desses indicadores.

Já MTBR (*Mean Time Between Repairs* ou Tempo Médio Entre Reparos) retorna como resposta o tempo médio investido para sanar um desvio em uma linha

de produção, representando assim quanto tempo esta também ficará parada e não produzirá. Para o cálculo desse indicador, utiliza-se a Equação (2).

$$MTBR[tempo] = \frac{\text{Tempo Total de Paradas}}{\text{Número de Falhas}} \quad (2)$$

“O índice de Paradas Planejadas representa qual o percentual do tempo efetivo que a linha de produção poderia funcionar (já desconsiderando, portanto, o tempo de ociosidade) que foi ocupado por paradas planejadas, ou seja, é a representatividade desse tipo de parada no tempo que tenho disponível para funcionamento da linha” (SILVEIRA, 2012).

Para calcular o valor desse KPI, usa-se a Equação (3).

$$\text{Índice de Paradas Planejadas (\%)} = \frac{\text{Tempo de Paradas Planejadas [tempo]}}{\text{Tempo de Ocupação da Linha [tempo]}} \quad (3)$$

O Índice de Paradas Não Planejadas, seguindo o mesmo raciocínio do IPP (Índice de Paradas Planejadas), representa qual o percentual do tempo efetivo que foi planejado para que a linha produzisse (já desconsiderando ociosidade e paradas planejadas) que foi ocupado por paradas não planejadas. Por paradas não planejadas tem-se quebras, falhas de processo, desvios de qualidade, retrabalho e varredura, redução de cadência, entre outros fatores. Para cálculo dos valores desse KPI, usa-se a Equação (4).

$$I.P.N.P. (\%) = \frac{\text{Tempo de Paradas Não Planejadas [tempo]}}{\text{Tempo de Execução da Linha [tempo]}} \quad (4)$$

Para o KPI de Eficiência, é necessário que se tenha um bom histórico de IPNP (Índice de Paradas Não Planejadas) uma vez que este indicador é calculado inicialmente com base no último KPI citado. A eficiência (%) de uma linha de produção representa qual o percentual de assertividade desta linha em relação ao tempo que deveria produzir e que estava planejado. Seguindo a Equação (5), tem-se o nível de eficiência de uma linha de produção:

$$\text{Eficiência (\%)} = 100\% - \% I.P.N.P. \quad (5)$$

Já o KPI de Confiabilidade mede em termos de percentual quanto tempo de produção boa ocorreu dentro do tempo de ocupação global da linha, representando assim o período exato em que a linha efetivamente gerou produtos de qualidade e que serão encaminhados posteriormente para o setor de acondicionamento e vendas. Logo, o equacionamento do percentual de Confiabilidade da linha ocorre como demonstrado na Equação (6):

$$\text{Confiabilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo de Produção Boa}}{\text{Tempo de Ocupação}} \quad (6)$$

Para esclarecimento geral dos KPIs citados, utiliza-se um exemplo numérico e a Figura 4.

Figura 4 – Exemplo numérico de tempos de performance para cálculo de KPIs.



Fonte: Próprio autor.

Para exemplificação, calcula-se então os KPIs citados seguindo os tempos de performance do exemplo apresentado pela Figura 4 e as Equações (3) a (6):

$$I.P.P. (\%) = \frac{\text{Tempo de Paradas Planejadas}}{\text{Tempo de Ocupação}} = \left(\frac{1,5}{19}\right) = 7,9 \%$$

$$\text{Eficiência (\%)} = 100\% - I.P.P. = 88,6\%$$

$$\text{Confiabilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo de Produção Boa}}{\text{Tempo de Ocupação}} = \frac{15,5}{19} = 81,6\%$$

2.4 Impacto da geração de retrabalho e varredura na eficiência

Analisando as Figuras 2 e 3, pode-se notar que “Retrabalho e Varredura” é classificado em Performance Industrial como um subgrupo dentro de paradas não planejadas. Isso se deve ao fato de seu impacto direto na eficiência da linha e também por indicar claramente quando as condições básicas de funcionamento dos equipamentos não estão de acordo com os padrões considerados ótimos para o funcionamento da linha analisada.

Entende-se por retrabalho todo produto que, por qualquer motivo, tenha sido enviado para o setor de acondicionamento com algum modo de defeito de qualidade e, por isso, é encaminhado para a área de retrabalho e não para os centros de distribuição ou mercado para consumo. Logo, o período de tempo em que a linha está gerando produtos com desvios de qualidade e processo é computado negativamente nas considerações de Performance Industrial para os cálculos de eficiência.

O índice de retrabalho de uma linha de produção é calculado a partir da Equação (7):

$$\text{Índice de retrabalho da linha (\%)} = \frac{\text{Produtos destinados a retrabalho (Kg)}}{\text{Produção total (Kg)}} \quad (7)$$

Para que o retrabalho seja calculado em termos de tempo de funcionamento da linha, ou seja, para determinar quanto tempo a linha gerou produtos com falhas e desvios de qualidade durante a produção de certa categoria de produtos, é seguida a Equação (8):

$$\text{Geração de Retrabalho (horas)} = \frac{\text{Produtos destinados a retrabalho (Kg)}}{\text{Cadência ou Eficiência Nominal } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{h}}\right)} \quad (8)$$

Através da Equação (2), pode-se então associar o retrabalho com os tempos de Performance TH, NPH e GPH e calcular, portanto, a sua representatividade dentro do macro grupo de paradas não planejadas.

É interessante salientar a diferença entre retrabalho e reprocesso de produtos, pois serão termos utilizados durante a descrição do caso em estudo nesse trabalho. Enquanto no retrabalho o reaproveitamento dos produtos ocorre de

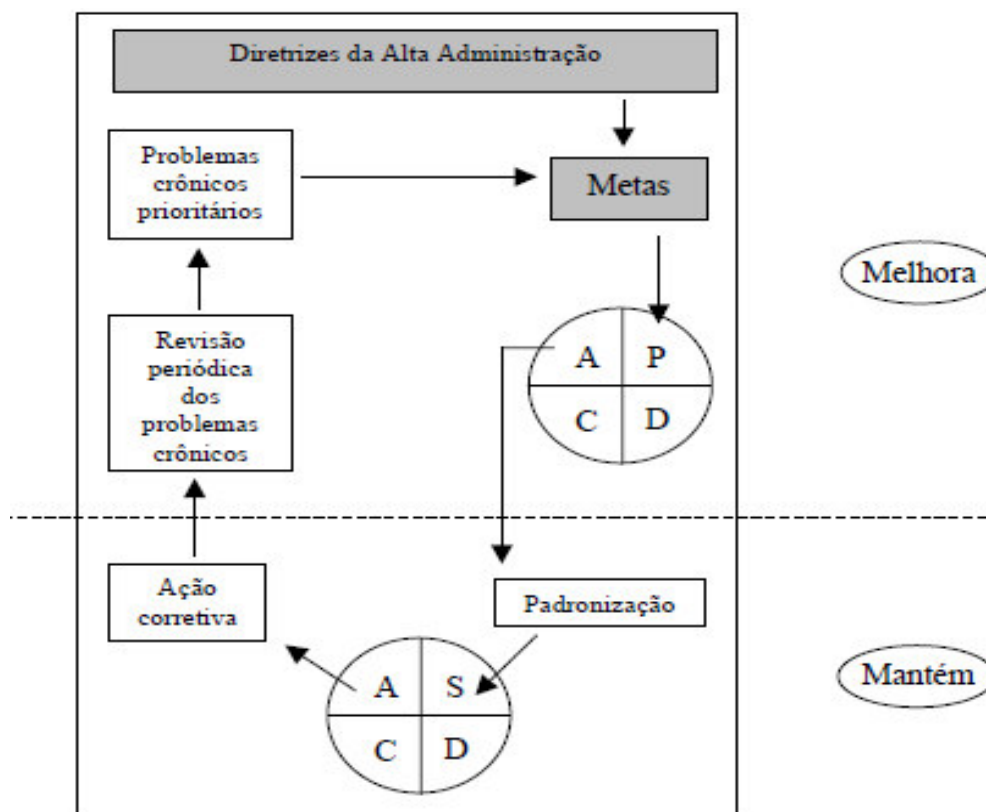
8 a 12 horas depois de gerado, ou seja, não ocorre no mesmo turno no qual é originado, o reprocesso ocorre quase que simultaneamente com a sua geração, sendo reenviado para a linha no mesmo turno em que foi registrado.

2.5 Ciclos SDCA e PDCA para manufatura

Segundo Campos (2004a), 100% dos desvios de processo encontrados no cotidiano das empresas são realmente frutos de rotina. Logo, a padronização dos parâmetros e KPI's analisados diariamente, semanalmente, mensalmente ou anualmente é tão vital quanto o próprio funcionamento da empresa.

Para Braitt e Fettermann (2014), é a partir da identificação de oportunidades na verificação e execução das rotinas e padrões que se pode elevar um processo de patamar através da aplicação de ferramentas de solução rápida de desvios, como o PDCA e DMAIC. Como mostrado na Figura 5, o período de implementação de melhorias, sejam essas nas rotinas ou nos processos das empresas atualmente, também acompanha um ciclo, conhecido como ciclos PDCA e SDCA.

Figura 5 – A relação entre os ciclos SDCA e PDCA.

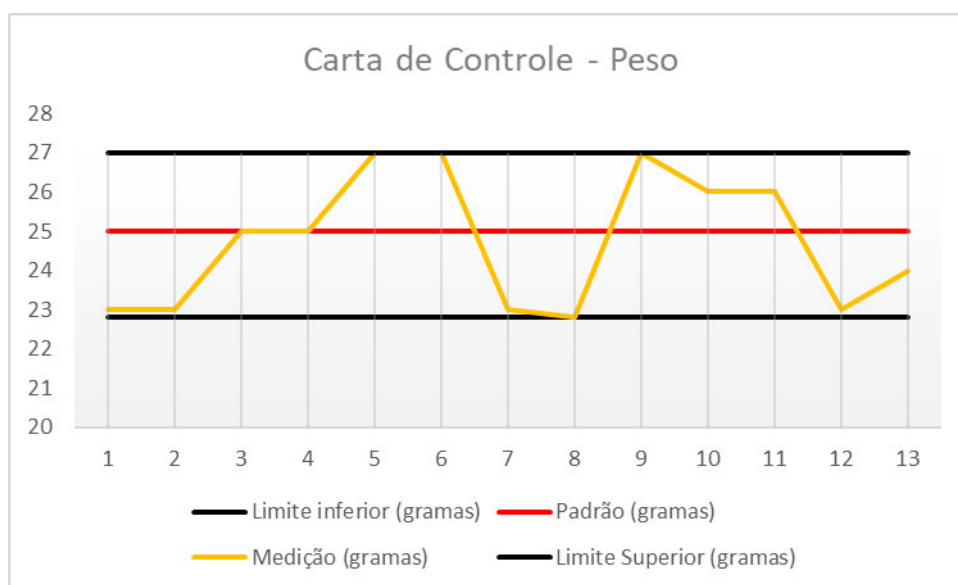


Fonte: Próprio autor.

Enquanto o PDCA representa a melhoria, refino do processo em relação a aproximação dos parâmetros de máquina aos parâmetros ótimos de produção e atividade, o ciclo SDCA faz a gestão dos padrões (“S” de *Standardize*, padronização do inglês). Assim, Campos (2004a) ressalta ainda que todo ciclo de gerenciamento de melhorias e mudanças deve entregar resultados que serão sustentados pela determinação de padrões de processo.

Em termos mais específicos e acompanhando o fluxo apresentado pela Figura 5, o ciclo SDCA representa cartas de controle e acompanhamento para variáveis de processo previamente estudadas e padronizadas de acordo com a condição ótima de processo. Por exemplo, o controle de peso de um produto que já tem o padrão e os desvios aceitáveis pelo processo (que já consideram os erros associados às máquinas durante sua fabricação) e pelo consumidor estabelecidos feitos em uma carta de controle e padronização, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de carta de controle de peso para um produto com padrão, limite superior e inferior estabelecidos.



Fonte: Próprio autor.

“O objetivo do ciclo SDCA nada mais é do que o monitoramento e manutenção das condições básicas de processo” (COUTINHO, 2017).

Assim, quando uma das medições ultrapassar o limite inferior ou superior, sabe-se imediatamente que um ou mais parâmetros de processo associados à característica analisada (no caso em questão, o peso) está operando fora dos

padrões e torna possível atuar com agilidade e exatidão. Com o registro dessas cartas de controle, é possível construir um histórico de variações de processo e a partir da revisão desses históricos avaliar o que tem sido mais crônico e que deve ser priorizado de acordo com os impactos diretos ao produto e investimento necessário para correção.

Com a priorização definida, inicia-se o ciclo PDCA com criação de projetos e iniciativas que vão corrigir problemas crônicos e causas especiais de desvios mapeados anteriormente pelos controles feitos no ciclo SDCA. Para problemas de causa já identificada ainda no ciclo SDCA, usa-se ferramentas de resolução rápida de problemas, ferramentas essas que são suportadas pela área de Melhoria Específica.

“A ótima gestão das rotinas SDCA e PDCA traz benefícios enormes aos processos de qualquer ramo industrial, uma vez que além de garantir agilidade na recuperação dos parâmetros básicos de processo, otimiza custos, performance das linhas, vida útil de maquinário, torna mais assertivo o programa de produção e possibilita até que a operação e time de gestão tenham mais tempo para dedicar aos estudos de melhorias e qualidade do produto e processo como um todo” (AGUIAR, 2002).

3 METODOLOGIA

3.1 Método de pesquisa

O método de pesquisa aplicado com abordagem qualitativa denominado “Pesquisa Ação” foi adotado no presente trabalho.

Por fins de manutenção da política de privacidade da inteligência e tecnologia da empresa, a descrição dos equipamentos bem como seus nomes será feita de forma genérica. Os valores apresentados para os resultados como eficiência e geração de retrabalho da linha de moldagem serão apresentados de forma relativa (razão percentual), comparando-se os valores apontados pelo histórico e os impactos das melhorias realizadas em linha.

3.2 Procedimentos

Para a realização do atual trabalho, o ciclo PDCA foi empregado de acordo com as etapas seguintes, seguindo a divisão sugerida por Campos (2004b):

Planejar (*Plan*): dentro da etapa de planejamento, demonstrou-se como o problema foi detectado e como as metas de atingimento de efetivos foram calculadas para a redução da geração de retrabalho por categoria de produto. Além disso, apresentou-se a análise detalhada dos fenômenos de geração de retrabalho associados a cada uma das variáveis atacadas pelas iniciativas do projeto e a determinação de causas raízes. Agostinetti (2006) adiciona à etapa de Planejar uma análise de risco financeiro, onde são calculados os ganhos caso as metas sejam cumpridas e gastos com possíveis investimentos necessários para a entrega do projeto.

- identificação do problema – o problema foi identificado através de estudos realizados com base nos relatórios de geração de retrabalho total do setor de moldagem *versus* a produção também do setor por linha e produto, procurando focar nas linhas prioritárias e, principalmente, nas mais representativas frente a alta geração de produtos com desvios de qualidade. A equipe de projeto surgiu a partir desses estudos, criada pelo gestor da área;

- estabelecimento das metas e impactos do projeto – as metas foram calculadas através de padrões já existentes de geração de retrabalho para cada produto e linha. Será criada uma projeção de como estará a geração de retrabalho total da linha e do setor após a aplicação do plano de ação do projeto para que seja visto o impacto sobre o resultado da fábrica no indicador de eficiência e geração de retrabalho;
- análise do fenômeno – apresentou-se como foram montados os planos de coleta de dados e como esse plano foi executado no GEMBA e assim, detalhar como foram focadas as variáveis e pontos do processo atacados pelas iniciativas do projeto durante o plano de ação;
- análise do processo – partindo do que foi analisado e coletado no GEMBA, aplicou-se ferramentas para determinação das causas raízes para cada um dos desvios observados, ferramentas como, carta CEP (Controle Estatístico de Processos), diagrama de Ishikawa (espinha de peixe) e também os 5 Porquês de aplicação em DMAIC;
- plano de ação – identificadas as causas raízes, apresentou-se o plano de ação para criação, estruturação e atualização dos padrões e definição das melhorias necessárias para retomar as condições básicas de processo da linha na tentativa de solucionar os desvios que geram o retrabalho.

Executar (Do): nesta etapa, apresentou-se como foram elaborados os controles para os parâmetros identificados como críticos e ligados diretamente com a geração de retrabalho da linha de moldagem em questão e também como a operação foi treinada para reagir em caso de desvios de parâmetros e de qualidade que possivelmente gerariam retrabalho. Ainda segundo Campos (2004b), esta etapa deve se dividir em duas partes principais:

- treinamento – após a realização de algumas das ações inseridas no plano geral de ação, apresenta-se nessa etapa qual foi a estratégia adotada para o controle inicial do índice de retrabalho e, assim, como foi treinada a operação para o início da mudança de patamar do indicador a partir do básico controle de parâmetros;
- execução das ações – apresenta-se no detalhe a realização das ações e

seus primeiros impactos sobre os KPI's associados com a otimização da eficiência da linha.

Verificar (Check): para a etapa de verificação, foi apresentado o plano de acompanhamento dos resultados alcançados e a evolução dos indicadores de eficiência da linha e do setor fazendo sempre o comparativo do cenário antes da realização das iniciativas de projeto e depois do cumprimento do plano de ação, tendo sempre como referência as metas traçadas na etapa de planejamento. A conclusão da etapa de verificação está baseada na ação de valorização das iniciativas aplicadas, uma vez que a eficiência da linha aumenta trazendo consigo também um aumento da produção em menor período de tempo, atingindo melhor nível de serviço e atendendo melhor a pedidos de centros de distribuição, mercados e consumidores diretos.

Agir (Act): na etapa de ação, apresentou-se os resultados consolidados pela conclusão do projeto e a carta de parâmetros e padrões para as máquinas, a qual será atualizada a partir do que foi observado no decorrer da realização das iniciativas do ciclo PDCA, além também de um guia de reação para que a operação saiba como proceder em caso de desvio nos padrões relacionados na carta.

“O PDCA é a ferramenta adequada para solucionar tais tipos de desvio de processo uma vez que fornece etapas que auxiliam na formatação de um escopo de projeto que otimiza o tempo da equipe envolvida e oferece foco para as pontos críticos de análise, trazendo consigo diversas ferramentas auxiliares para identificação de oportunidades de melhoria e causas raízes, por exemplo” (Campos, 1992).

3.3 Etapas de realização do projeto

Seguindo a ordem cronológica e de análise do problema sugerida pela metodologia PDCA, foi elaborado uma sequência de desenvolvimento do projeto, sendo esta apresentada no Quadro 1, tendo como base as grandes etapas (Planejar, Executar, Verificar e Agir) e suas subatividades.

Quadro 1 – Etapas e subatividades do ciclo PDCA.

Etapas	Atividades
PLANEJAR	Revisão Bibliográfica
	Criação da equipe e escopo geral de projeto
	Coleta de relatórios de produtividade para criação de histórico de problema
	Estabelecimento das metas em relação ao cenário atual observado no histórico e padrões de fabricação
	Análise inicial do fenômeno no GEMBA
	Análise dos parâmetros de processo
	Plano de Ação
EXECUTAR	Treinamento da Operação
	Implementação das melhorias/ Cumprimento do Plano de Ação
VERIFICAR	Coleta de dados e comparação com as metas
	Valorização dos ganhos
ANALISAR	Discussão dos Resultados
	Elaboração da Monografia e Revisão de Monografia
	Construção das Cartas de Processo
	Estudo de Capabilidade de Processo
	Entrega de Projeto

Fonte: Próprio autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação dos problemas e estudo das etapas de processo – planejar e executar

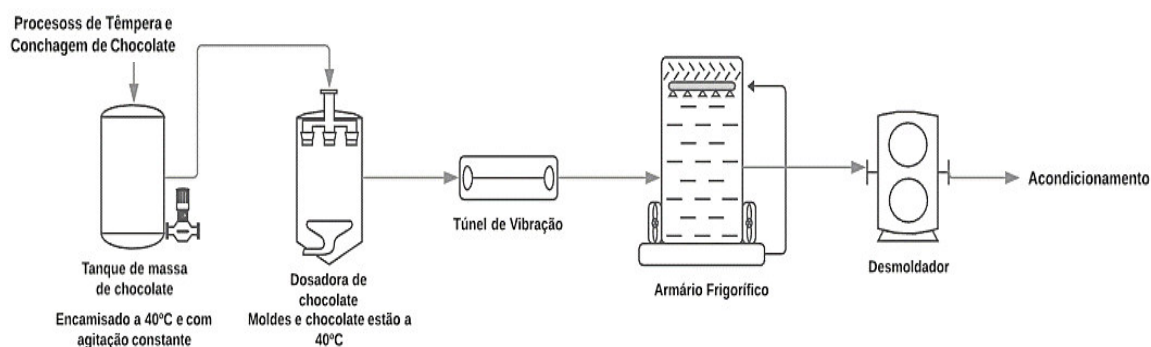
Nas próximas etapas estão detalhados os tópicos estudados pela equipe para solucionar estrategicamente o problema, com a aplicação de melhorias sustentáveis e que foram facilmente implementadas e mantidas pelo time de operação. Tem-se, portanto, desde os conceitos fundamentais de construção para linhas de produção de chocolates moldados, parâmetros analisados e os dados usados que foram a base do planejamento e identificação de causas raízes.

4.1.1 Linhas de produção de chocolates moldados

O processo de produção de chocolates moldados se insere no portfólio de grandes marcas os tabletes, bombons e moldados com wafer, sendo consideradas linhas quase sempre prioritárias para as fábricas uma vez que a demanda por essas categorias de produtos aumenta mensalmente e sazonalmente, como em períodos de Páscoa e festividades durante o ano.

Apesar da versatilidade dessas linhas em relação a quantidade de produtos possíveis de se produzir, o projeto geral de uma moldagem é muito semelhante independente do tipo de produto que se deseja produzir na linha, sendo a única diferença de uma categoria de produto para outra o molde que dá origem ao formato do chocolate. Para que se compreenda melhor o fluxo para a moldagem de chocolate, apresenta-se o mapa de processo simplificado conforme Figura 7.

Figura 7 – Mapa de processo simplificado da moldagem de chocolates.



Fonte: Próprio autor.

O processo de moldagem tem seu início com a dosagem da massa do chocolate (ao leite, branco, meio amargo, entre outras) nos moldes que darão origem ao tipo de produto (bombom, que contém 10 a 15 gramas, ou tablete, que contém de 90 a 110 g). Para garantir a boa formação do produto final, a massa de chocolate depositada sobre o molde deve estar quente (40 °C a 42 °C) e os moldes passam também por armários vibradores que garantem o bom espalhamento da massa nos alvéolos (parte onde se forma o tablete ou bombom) dos moldes, uma vez que o chocolate é uma substância com viscosidade considerável. O processo de vibração garante ainda que massa dosada é suficiente, evitando assim sobredosagens. A Figura 8 mostra a dosadora depositando chocolate nos alvéolos.

Figura 8 – Dosadora depositando chocolate nos alvéolos dos moldes de policarbonato.



Fonte: Aasted (2019).

Com os moldes preenchidos pela massa que compõe o produto, estes são direcionados para armários frigoríficos, onde um sistema de compressores realiza o resfriamento dos moldes e termina a formação do produto na conformação deixada pelos armários vibradores.

Após a formação do produto nos alvéolos, os moldes passam então por um desmoldador, equipamento responsável por aplicar um tracionamento lateral nos moldes e então separar o chocolate dos moldes. O tracionamento deve ser muito bem dimensionamento, pois excessos podem trincar tanto os produtos quanto os moldes na linha, ocasionando paradas de máquina.

Desmoldados, os chocolates são direcionados para as embrulhadeiras,

máquinas responsáveis por acondicionar os produtos nos envoltórios correspondentes, terminando assim o ciclo de processos de moldagem.

Cada uma das etapas de processo, desde as temperaturas, grau de dosagem das massas nos moldes, velocidade dos moldes na linha, temperatura dos armários, grau de vibração dos moldes são padrões vitais para as linhas de moldagem e qualquer desvio em qualquer um dos parâmetros citados pode ocasionar desde defeitos de qualidade no produto até paradas longas nas linhas de produção. Por isso, é essencial que todos os padrões sejam estudados diariamente para entender melhor os desvios de qualidade (como retrabalho) que impactam sua eficiência, porque em sua grande parte, são desvios pontuais ou frequentes de padrões que geram os modos de defeitos mais comuns dessas linhas.

4.1.2 Identificação do problema e priorização dos produtos analisados

A identificação do problema foi feita por meio das priorizações das ações na reunião semanal de variação de uso realizada na empresa. Variação de uso é o KPI principal que representa o balanço material final de qualquer fabricação. Resumidamente, este indicador mede se a receita mestre de um produto foi seguida pelo processo, sem que houvesse perdas ou lucros durante o consumo de matérias-primas e insumos. Caso perdas ou lucros sejam identificados pelos sistemas, as análises e contramedidas são disparadas para os responsáveis por tal produção ou lote.

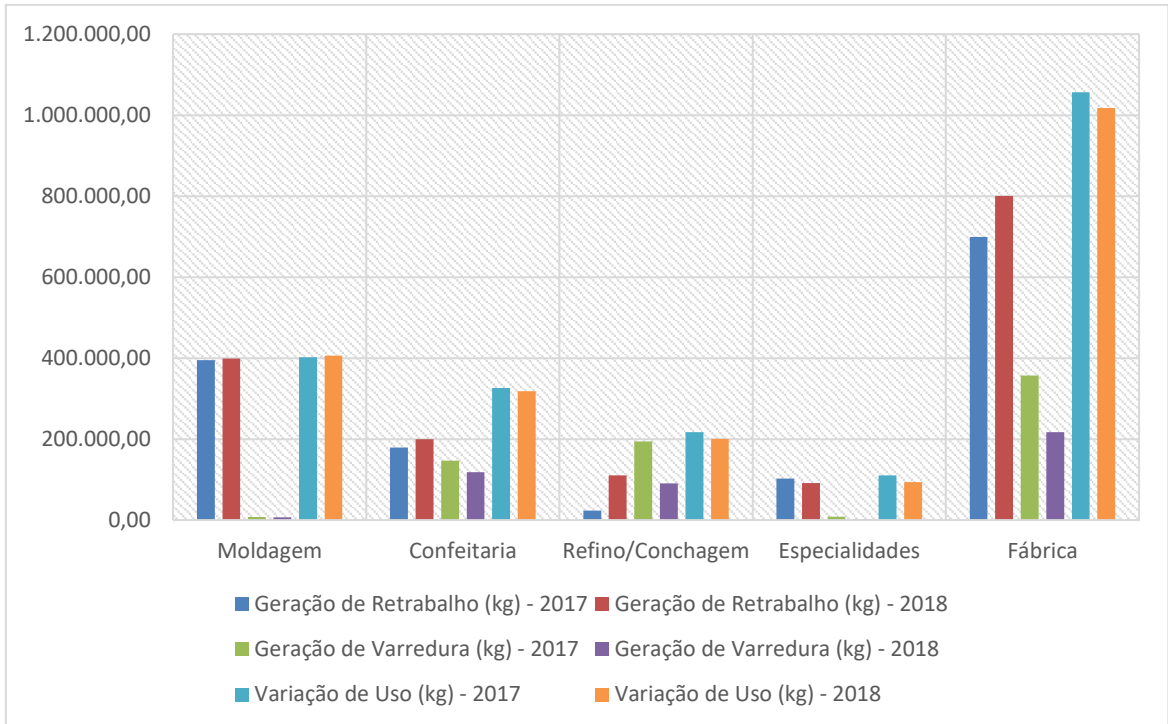
A geração de retrabalho e varredura durante as produções é lida, portanto, como um impacto direto ao KPI de variação de uso, uma vez que todo sobreuso de insumos (energia, vapor, ar comprimido, entre outros) e também de matérias-primas (massa de chocolate, manteiga de cacau, embalagens, etc) são perdas diretas de processo, além também de prejudicar diretamente a eficiência global da linha, conforme comentado anteriormente.

Conforme apresentado pela Figura 9, a geração de retrabalho foi o principal impacto da variação de uso do setor de moldagem nos anos de 2017 e 2018 e a linha com maior representatividade foi priorizada como o foco do estudo em questão.

Pelos dados coletados, a moldagem tem representatividade de quase 40% na variação de uso consolidada da fábrica para os dois anos analisados e, desse valor, 98% representados pela geração de retrabalho. Da variação de uso

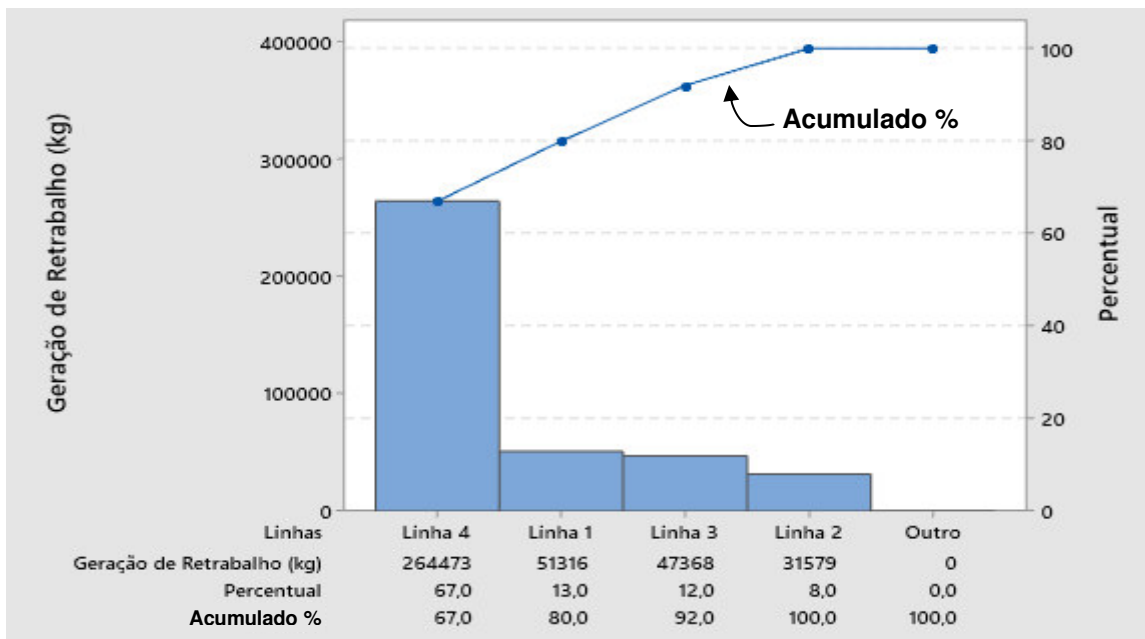
representada pelo setor de moldados, a geração de retrabalho foi estratificada por linha para encontrar a principal voz da geração, estudo representado pela Figura 10.

Figura 9 – Relatórios de variação de uso de nos diferentes setores de fabricação, anos 2017 e 2018.



Fonte: Próprio autor.

Figura 10 – Estratificação da geração de retrabalho entre linhas do setor de moldagem.



Fonte: Próprio autor.

A linha 4 do setor de moldagem historicamente apresentou maior geração de retrabalho e, portanto, foi o foco do presente estudo.

4.1.3 Apresentação da linha 4 e estratificação de geração de retrabalho por produto

Planejada desde sua construção para ser a linha mais eficiente do setor de moldagem, a linha 4 foi construída em 1987 com grande parte dos equipamentos importados da Itália e Inglaterra a pedido da sede da empresa. A elevada eficiência foi planejada sobre o tipo de depositador e dosadora além também de ser uma linha de moldagem com tecnologia de transporte de moldes diferente das demais do setor (linhas 1,2 e 3).

Enquanto as linhas de moldagem do setor apresentam sistema de transporte intermitente de moldes coordenado por caixas de transmissão (chamados rotoblocks) e cardans, a linha 4 foi construída com um motor principal de transporte de moldes, o que faz com que as correntes se movam continuamente para transportar os moldes, aumentando o *output* final da moldagem.

Além do que já foi apresentado, a linha 4 também é responsável por entregar ao mercado mais de 20 produtos diferentes. Esses produtos apresentam variedades desde simples tabletes de massa pura moldada (massa ao leite, massa branca e chocolate meio amargo) até tabletes com adição (chocolate ao leite com flocos de arroz, chocolate ao leite com flocos de arroz e amendoim e também com castanhas e adições semelhantes). A gama de produtos formados por esta linha também aumenta ainda mais uma vez que é possível moldar produtos com 20 g, 100 g e 300 g já que são vários os conjuntos de moldes associados a ela.

Pela ampla gama de produtos apresentada, torna-se interessante a estratificação da geração de retrabalho da linha 4 por produto, estratificação esta apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Estratificação de retrabalho por produto na linha 4 para o ano de 2017.

Relação de produção versus Geração de Retrabalho - Linha 4	Produção (Kg)	Retrabalho (Kg)	%	Padrão (%)
Chocolate ao Leite com Castanha-de-Caju 100 g	109.894,00	14.230,30	12,9%	2,0%
Chocolate ao Leite com Flocos de Arroz 100 g	112.450,56	10.987,42	9,8%	2,0%
Chocolate ao Leite com Flocos de Arroz e Amendoim 100 g	101.412,60	9.812,00	9,7%	2,0%
Chocolate ao Leite 20 g	65.065,00	2.019,00	3,1%	1,8%
Chocolate ao Leite com Aroma de Baunilha 20 g	62.078,45	1.291,00	2,1%	1,8%
Chocolate ao Leite com Flocos de Arroz 22,5 g	61.987,32	1.202,00	1,9%	2,0%
Chocolate Meio Amargo 100 g	117.092,43	2.004,00	1,7%	1,5%
Chocolate Branco 100 g	102.987,30	1.591,00	1,5%	1,5%
Chocolate ao Leite com Aroma de Baunilha 100 g	98.876,45	1.001,00	1,0%	1,5%
Chocolate ao Leite 100 g	120.078,56	1.087,00	0,9%	1,5%

Fonte: Próprio autor.

Pode-se observar na Tabela 1 que os produtos “chocolate ao leite com flocos de arroz e amendoim”, “chocolate ao leite com flocos de arroz” e “chocolate ao leite com castanha de cajú e mel” foram os produtos com maior e quase determinante predominância no retrabalho da linha 4 e, por esse motivo, foram tratados prioritariamente dentro do projeto uma vez que afetavam em maior escala a eficiência global da linha e do setor.

4.1.4 Etapas de processo e parâmetros chave da linha 4

O processo de produção da linha 4 inicia-se com o recebimento de massa de chocolate do setor de refino e conchagem. A massa de chocolate recebida se altera com o produto a ser produzido (chocolate ao leite, chocolate branco, meio amargo, entre outras). Além da massa de chocolate, a preparação da linha de moldagem conta também com a etapa principal de colocação de moldes, responsáveis pelo formato e peso do produto, principalmente.

Com a linha de moldagem preparada com insumo principal (massa de chocolate) e moldes inseridos, a produção inicia-se quando a massa de chocolate é transferida para o depositador, apresentado com detalhes na Figura 11, após tratamento térmico de estabilização das gorduras contidas nas massas (manteiga

de cacau, óleos de manteigas e afins).

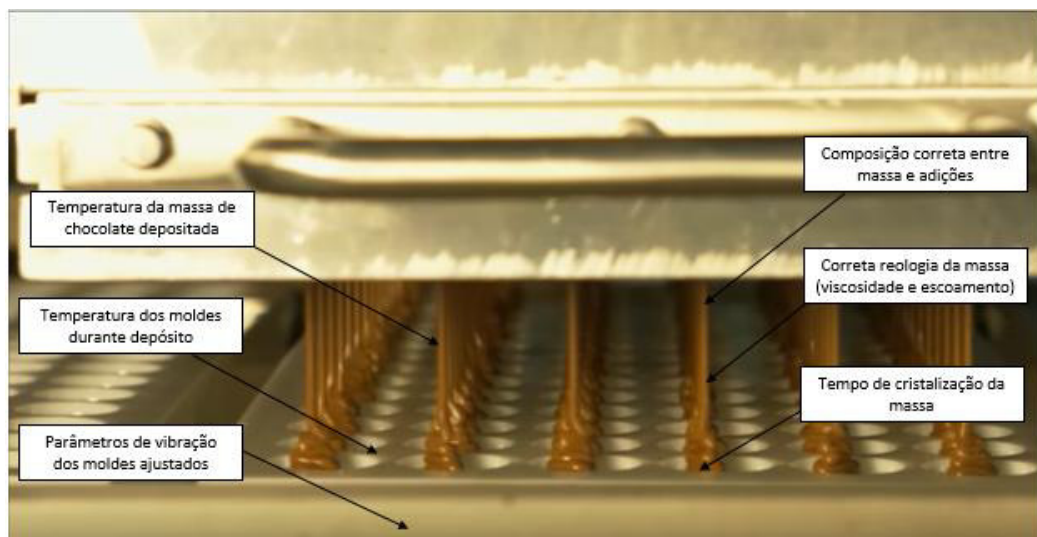
Figura 11 – Depositador preenchendo os alvéolos com massa de chocolate.



Fonte: Aasted (2019).

Em termos de processo, muitos são os parâmetros chave para a qualidade do produto final que estão inseridos na etapa de depósito da massa de chocolate nos moldes. Esses parâmetros, caso não seguidos estritamente, podem colocar em risco toda a produção de moldados. Esses parâmetros estão relacionados diretamente a cada um dos pontos em detalhe mostrados na Figura 12.

Figura 12 – Parâmetros vitais de fabricação em destaque durante depósito de massa de chocolate nos alvéolos dos moldes.



Fonte: Aasted (2019).

A temperatura da massa a ser dosada é considerada um parâmetro chave para a produção de chocolates moldados uma vez que está diretamente relacionada à estabilidade das gorduras utilizadas em cada receita, como manteiga de cacau e óleo de manteiga por exemplo. Assim, caso a massa de chocolate a ser processada esteja fora da faixa de 29 °C a 32,5 °C (temperatura controlada automaticamente via instrumentação e lógica eletrônica programável), a produção em linha poderá apresentar dois defeitos principais.

Para temperaturas muito elevadas nessa fase de processo, tem-se problemas quanto à desmoldagem devido cristalização incompleta do produto. Assim, este que já deveria estar sólido no momento da desmoldagem, estará parcialmente líquido, retendo-se à superfície dos moldes e alvéolos. Para temperaturas muito baixas, haverá dificuldade na etapa da dosagem devido ao aumento da viscosidade do chocolate por cristalização indevida dentro do depositador.

A temperatura dos moldes também se relaciona à estabilidade das gorduras da receita de preparo das massas de chocolate, uma vez que com o chocolate recém depositado nos moldes, a troca de calor é intensa entre a superfície das formas e da massa. Para o caso de produtos moldados, as temperaturas recomendadas para os moldes estão entre 29°C e 33°C. Caso os moldes estiverem quentes no momento do recebimento da massa pelo depositador, o efeito é semelhante ao de massa quente dosada nos moldes (dificuldades durante a desmoldagem), porém para moldes frios tem-se a desestabilização da gordura do interior da massa moldada e migração destas substâncias para a superfície devido diferencial de temperatura entre núcleo-superfície de contato com o molde, gerando um efeito “nevado” ou esbranquiçado na superfície do produto terminado, conforme Figura 13.

Figura 13 – Migração da gordura das massas de chocolate para a superfície devido diferencial de temperatura indesejado no processo.



Fonte: BECKETT (2008).

É essencial que toda linha de produção de chocolates moldados tenha adequados equipamentos para vibração dos moldes, conforme já citado. Isso ocorre devido variação normal das viscosidades (plástica e cinemática) e escoamento entre as massas de chocolate. Por isso, naturalmente o espalhamento de uma massa de chocolate branco dentro dos alvéolos dos moldes ocorre mais rapidamente quando comparado ao espalhamento de uma massa de chocolate ao leite (menor presença de gorduras e matérias-primas líquidas na receita). Caso os parâmetros de vibração estejam fora das faixas de trabalho adequadas, o produto final apresentará sintomas como bolhas (falta de preenchimento correto dos alvéolos) além de falhas como pontas mais finas ou mais grossas do que o normal nos tabletes, como ilustrado pela Figura 14.

Figura 14 – Falha durante o processo de desmoldagem de um chocolate moldado por erro operacional durante ajuste de vibração.



Fonte: BECKETT (2008).

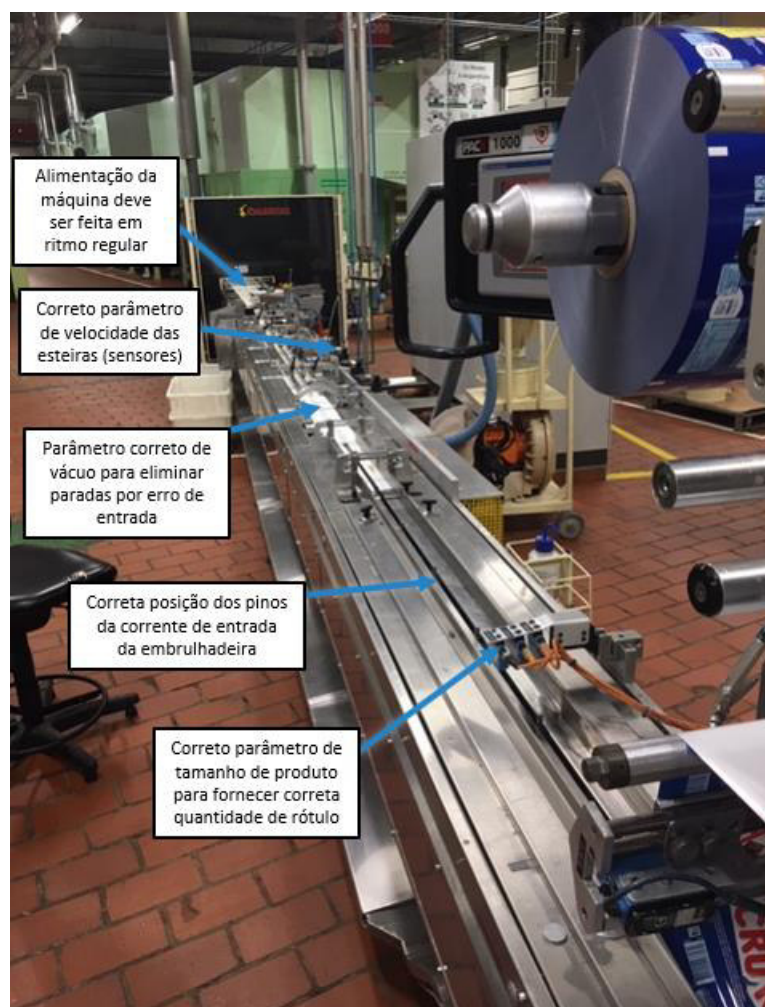
Quando a produção de chocolates envolve uso de adições (matérias-primas misturadas com a massa de chocolate pura, como castanhas, nozes, confeitos, entre outros), a operação deve atentar-se para a composição do produto final em relação a quantidade de massa *versus* quantidade de adição dosada no molde. É necessário que a receita seja seguida no momento de calcular as proporções e de alimentar a linha corretamente para a boa formação do produto. O ponto de atenção com relação a eficiência e geração de retrabalho nesse caso gira em torno de produto frágeis (maior dosagem de adição do que o desejado) ou não atendimento de conceito de produto (menor dosagem de adição do que o desejado). Além disso, adições como castanhas e recheios alteram a resistência mecânica do tablete aumentando o risco de quebra e instabilidade na linha de produção.

Uma produção livre de retrabalho em linhas de moldagem, portanto, deve possuir estabilidade quanto à temperatura da massa dosada, composição de massa *versus* adições, temperatura adequada dos moldes, corretos parâmetros de

vibração e também boa preparação da massa a ser moldada, conforme já citado.

Em relação ao acondicionamento, os parâmetros estão relacionados a processos físicos e em muitos casos ajustados nos painéis das máquinas embrulhadeiras ou de acondicionamento. A geração de retrabalho no acondicionamento é diretamente proporcional ao erro acumulado nos ajustes das esteiras de alimentação das máquinas de acondicionamento. Isto é, caso as velocidades, posição e espessura ajustada ao tamanho do produto estiverem equivocados ou próximos ao valor de erro, fatalmente a produção carregará a geração de varredura e retrabalho e, portanto, baixa eficiência global. Alguns destes ajustes estão apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Ajuste das esteiras das embrulhadeiras.



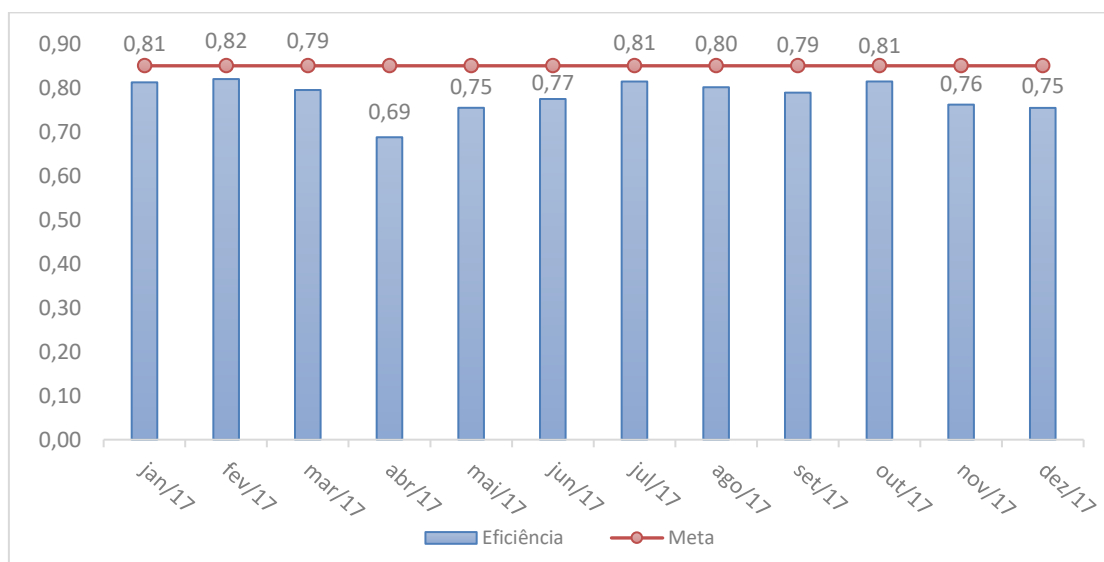
Fonte: Próprio autor.

Portanto, pode-se afirmar que a geração total de retrabalho de uma produção ou de um lote é a soma dos retrabalhos da fabricação e do acondicionamento.

4.1.5 Determinação da meta global do projeto

A meta do projeto foi calculada sobre o aumento da eficiência da linha 4 uma vez que o maior impacto direto sobre a eficiência global da linha foi determinado como sendo a geração de retrabalho. Na Figura 16 estão apresentadas as eficiências por mês em 2017 da linha 4 e o cenário esperado após aplicação das melhorias do projeto. Assim, a meta foi calculada em cima do histórico coletado das performances da linha e do resultado esperado pelo negócio para a produção e setor.

Figura 16 – Histórico de eficiências da linha 4 comparado a meta esperada pelo negócio para o projeto.



Fonte: Próprio autor.

A meta, portanto, ficou definida como 85% de eficiência global e mensal para a linha a partir do mês de jan/2018 (finalização da instalação e aplicação de melhorias e padrões) até o mês de julho/2018. O atingimento da meta por seis meses já garante certificação do projeto e validação das participações de membros da equipe.

4.2 Estratégia de coleta dos dados e análise dos impactos de cada variável – medições e análises

Após estudo do mapa de processo e identificação dos parâmetros chave para a fabricação e acondicionamento em função da geração de retrabalho, confeccionou-se estrategicamente um formulário para coleta de dados com o objetivo de analisar o impacto somático e/ou isolado de cada uma das variáveis

relacionadas a falhas e modos de defeito nos produtos e que levam ao aumento da ineficiência da linha de produção pela geração de retrabalho. O formulário está apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Formulário para coleta de dados de geração de retrabalho *versus* fatores impactantes.

FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS PARA RETRABALHO - LINHA 4			
PROJETO REDUÇÃO DE RETRABALHO GERAL - LINHA 4			
() Sapal 1 () 1ª Pack 2000 () Sapal 2 () 2ª Pack 2000 () Sapal 3 () 3ª Pack () Fundidor			
Problemas Relacionados	Retrabalho Turno 1 (kg)	Retrabalho Turno 2 (kg)	Retrabalho Turno 3 (kg)
Ponta fina			
Perda de parâmetros - Embrulhadeiras			
Produto quebrado			
Mal funcionamento das ventosas/Sujidade nas ventosas			
Ajuste de parâmetros - Dosador			
Falha do processo de embalagem (ajustes na caixa dobradora, mordente, etc.)			
Problemas relacionados a esteiras (velocidade, perda de parâmetros)			
Problemas no momento de passagem de estoque (pesar o que cai no DT)			
Outros - Escreva aqui outro motivo que gerou retrabalho no seu turno Motivo: _____			
PRODUTO: 1º TURNO _____ 2º TURNO _____ 3º TURNO _____			
OPERADOR(A) RESPONSÁVEL - 1º Turno			
OPERADOR(A) RESPONSÁVEL - 2º Turno			
OPERADOR(A) RESPONSÁVEL - 3º Turno			

Fonte: Próprio autor.

O formulário foi aplicado durante oito produções de cada produto analisado como foco do trabalho (compilando um total de vinte e quatro produções e seus respectivos dados), identificados na seção 5.2. Preenchido sempre por operadores chave da fabricação e acondicionamento, tinha o objetivo de relacionar cada um dos fatores comentados na seção 5.3 com a geração de retrabalho em quilos do turno operacional que estava em linha no momento das produções.

Os resultados foram compilados e estão apresentados, na Tabela 2.

Tabela 2 – Compilado dos resultados dos testes no período de Novembro a Dezembro de 2017.

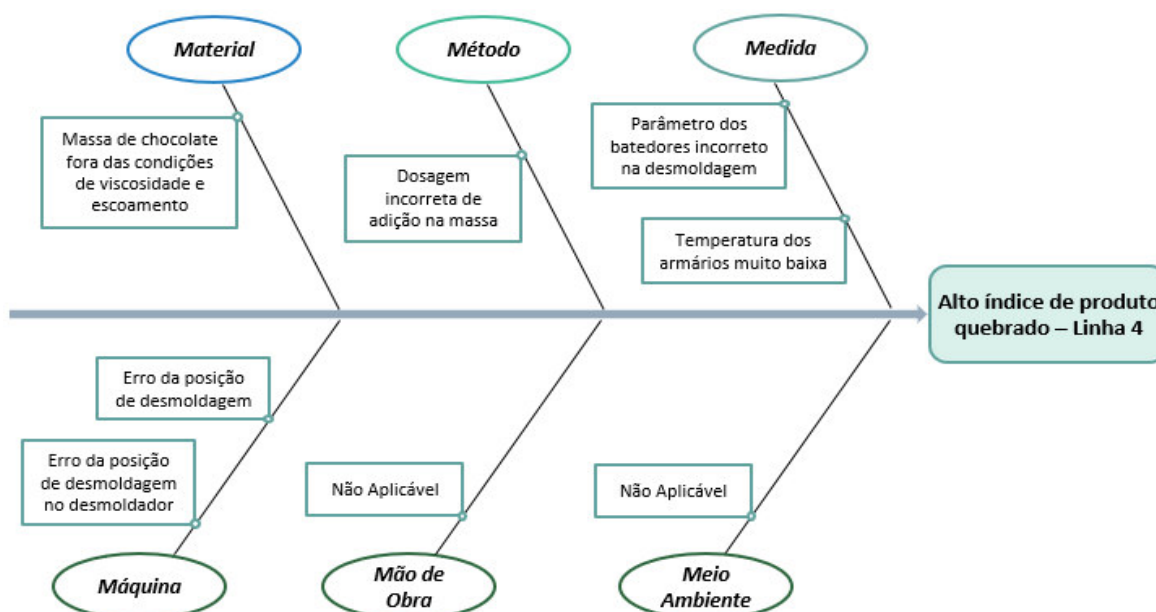
Problemas Relacionados / Modos de Defeito	Retrabalho (Kg)	Retrabalho (%)
Produto Quebrado	412,7	48,3
Mal funcionamento do desmoldador	211,0	24,7
Ponta Fina	110,0	12,9
Perda dos Parâmetros – Embrulhadeiras	85,0	10,0
Outros	35,0	4,1

Fonte: Próprio autor.

Pelos resultados apresentados na Tabela 2, pode-se observar que em todos os produtos e durante as oito produções, os operadores observaram tabletes frágeis e vários ajustes no acondicionamento.

Através de uma rápida auditoria de processo, buscou-se encontrar a causa da geração de tabletes frágeis e do alto número de ajustes técnicos no acondicionamento durante as produções e, assim, eliminar os principais fatores geradores de retrabalho na linha de produção para aumentar a eficiência global do processo. As causas mais prováveis para os dois problemas citados foram estruturadas pela equipe, por meio de reuniões, em dois diagramas de Ishikawa e analisados separadamente em linha como mostrado na Figura 18.

Figura 18 – Diagrama de Ishikawa dos problemas analisados na fabricação pelo gráfico de coleta.



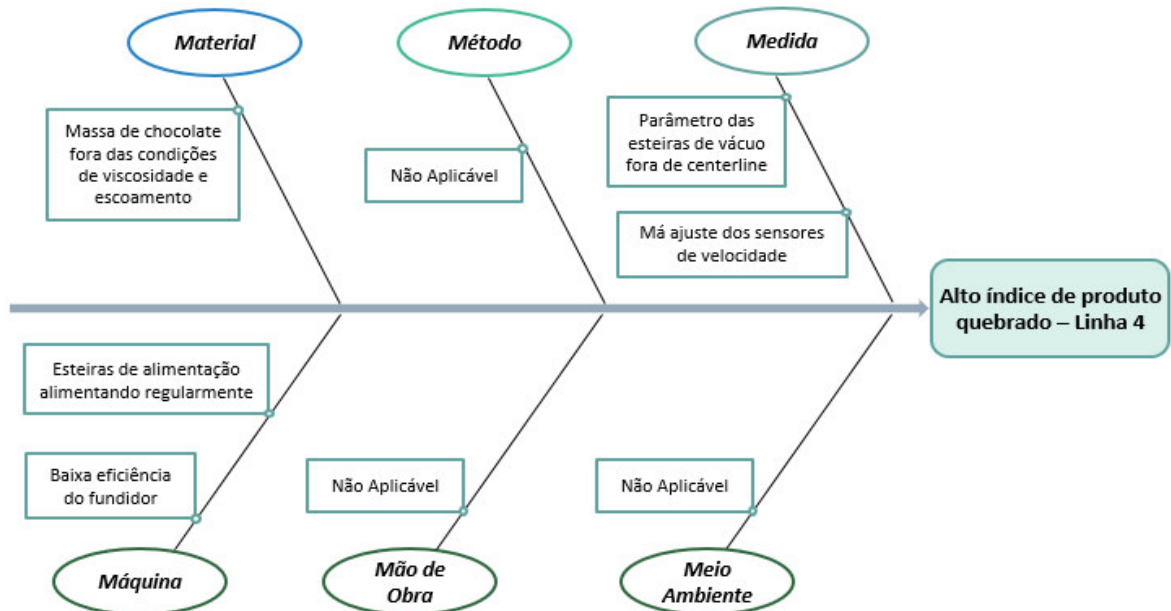
Fonte: Próprio autor.

Para o caso de fabricação de tabletes frágeis, analisou-se parâmetros de

fabricação voltados para a estabilidade da temperatura do chocolate durante cristalização no armário frigorífico e também para a correta dosagem do produto nos moldes. A causa raiz foi encontrada quando foi realizado o cálculo de composição de adição/massa de chocolate. Em relação a receita original, os três produtos (“Chocolate ao Leite com Flocos de Arroz”, “Chocolate ao Leite com flocos de arroz e amendoim” e “Chocolate ao leite com castanha de cajú e mel) apresentaram sobredosagem de flocos de arroz e castanhas durante a preparação da massa a ser dosada. Isso implica em redução drástica da resistência mecânica do tablete final, uma vez que a superfície inferior terá design irregular, gerando aumento na dificuldade da etapa de desmoldagem.

Para o caso de ajuste dos parâmetros de acondicionamento foi realizada também a auditoria de processo durante oito produções para cada um dos três produtos mencionados como foco do trabalho (totalizando também vinte e quatro produções) e analisados os principais fatores de geração de retrabalho e consequente redução da eficiência do recurso, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Diagrama de Ishikawa dos problemas analisados no acondicionamento pelo gráfico de coleta.



Fonte: Próprio autor.

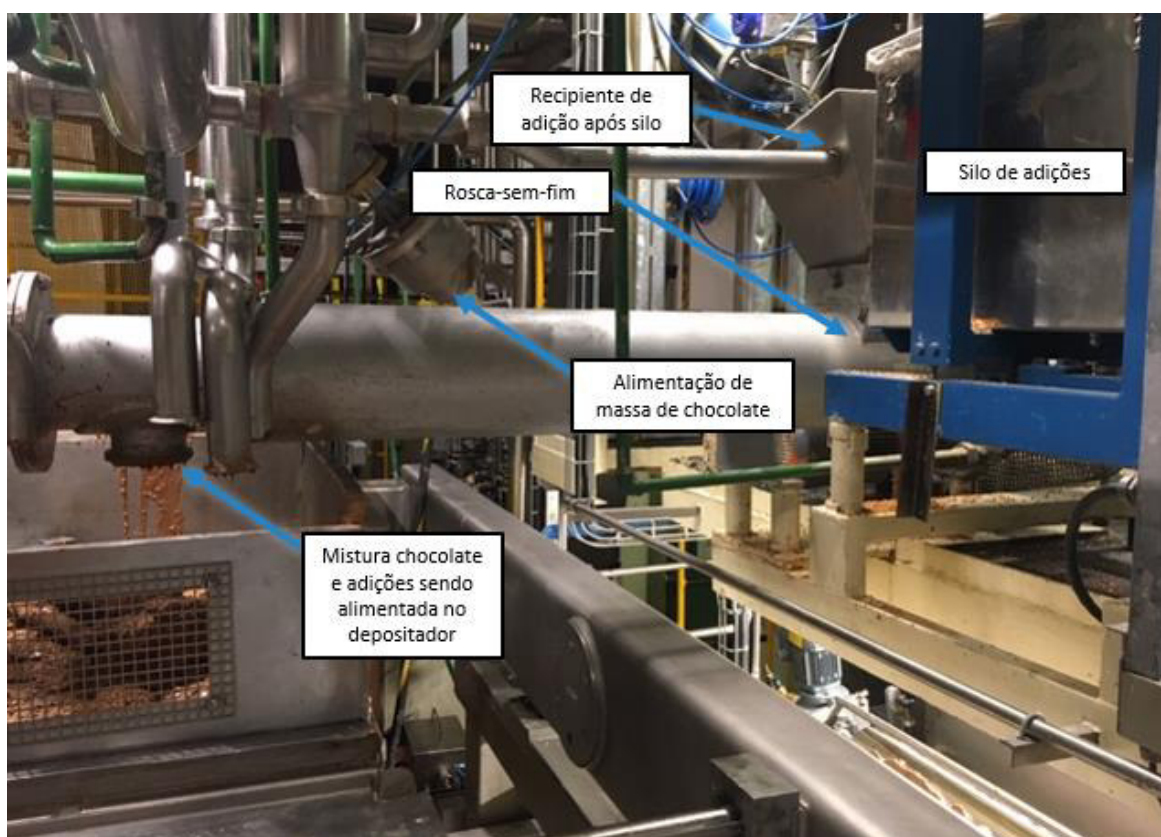
Verificou-se através dos resultados anotados e projetados no diagrama de causa e efeito que os problemas enfrentados no acondicionamento estavam diretamente associados aos impactos verificados na moldagem. O acondicionamento tinha sua eficiência reduzida devido a queda de resistência dos

tabletes moldados de chocolate. Muitos produtos quebravam ao entrar nas máquinas embrulhadeiras devido aos impactos e alterações de velocidade (cisalhamento do tablete), gerando aumento da quantidade de retrabalho e, portanto, queda drástica da eficiência global do recurso. Assim, o foco das iniciativas foi voltado para a moldagem.

4.3 Aplicação das melhorias e acompanhamento do indicador de eficiência

Com as análises dos diagramas de causa e efeito, verificou-se que a maior causa da baixa eficiência da linha estava então associada ao alto índice de produtos quebrados nas máquinas de acondicionamento. Este modo de defeito é, portanto, fruto de um erro de processo de fabricação ou moldagem associado a falha de dosagem de adições (flocos de arroz, amendoim ou outros ingredientes da receita que são inseridos na preparação do produto final). Para tratar o problema, focou-se, portanto, no processo de adições que é feito por meio do maquinário representado pela Figura 20.

Figura 20 – Sistema de adições da linha 4.



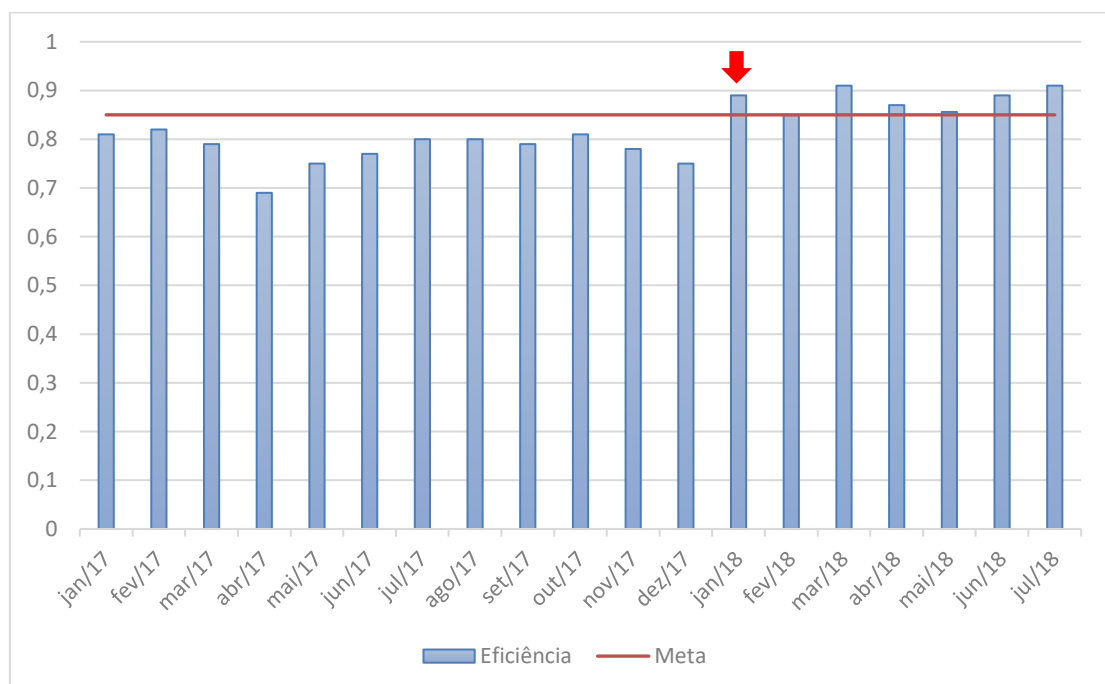
Fonte: Próprio autor.

O sistema de adições funciona através de uma rosca sem-fim mecânica que é abastecida com o ingrediente por meio de um silo alimentado pelo operador. A rosca sem-fim transporta a adição até a etapa de mistura com a massa de chocolate e esta nova preparação é inserida no depositador e, por fim, nos moldes. A velocidade (em hertz) da rosca sem-fim é, então, o fator determinante para a composição (em %) de massa de chocolate *versus* adição.

O erro de composição observado durante as oito produções analisadas para cada produto e para construção das auditorias de processo ocorre devido falha de modulação da velocidade da rosca pelo PLC (controle de processos via lógica programável) da linha. Para sanar o problema, portanto, inseriu-se um modulador eletrônico no motor da rosca sem-fim associado em série com o medidor de vazão de massa de chocolate. Assim, qualquer variação de reologia (escoamento e viscosidade) na massa que influenciasse a vazão para dentro do depositador e alterasse a composição final do sistema massa/adição seria sentida pelo modulador eletrônico do motor da rosca e a rotação de alimentação seria alterada para manter a receita.

Após a aplicação da melhoria, o indicador de eficiência foi compilado para verificação dos ganhos com os estudos e melhorias inseridas, conforme apresentado pela Figura 21.

Figura 21 – Histórico de eficiências da linha 4 comparado a meta esperada após as melhorias em Janeiro/2018.



Fonte: Próprio autor.

Analisando a Figura 21 segundo os conceitos de PDCA, após a aplicação das melhorias e tecnologias, mencionadas houve elevação do patamar das eficiências da linha 4 e esse novo nível é nitidamente observado quando relacionadas as eficiências do histórico (ano de 2017) com o cenário atual.

Com a diminuição da geração de retrabalho e a maximização das eficiências, foi possível otimizar os lucros obtidos sobre cada produto uma vez que o custo de produção foi, conseqüentemente, reduzido. Além disso, com melhores eficiências, também foi possível atender ao mercado utilizando menores tempos de ocupação da linha para tais produtos.

Em dados financeiros, a redução do retrabalho foi lida pelo sistema como um custo evitado uma vez que antes, era considerado como perda inerente do processo de fabricação. Assim, após a aplicação das melhorias mencionadas, foi possível reestruturar o custo de produção de cada um dos produtos estudados e tornar o preço de mercado mais competitivo. Além disso, o ganho de R\$ 362.756,00 (trezentos e sessenta e dois mil setecentos e cinquenta e seis reais) refletidos também pela redução do retrabalho (economia de energia, horas de linha e mão de obra, entre outros) retornaram para o setor como projetos de melhoria e *upgrade* (melhoria) das outras linhas de moldagem.

5 CONCLUSÃO

Através dos estudos e do resultado alcançado pelo presente trabalho, a linha 4 assumiu a primeira colocação em flexibilidade da fábrica de chocolates, uma vez que passou a entregar em tempo mais significativo para o mercado, o volume de chocolates moldados demandado. Em números, o aumento do nível de serviço (atendimento do mercado) foi elevado de 87% em janeiro/2017 para 94,6% em julho/2018.

O volume de retrabalho gerado pela linha 4 foi reduzido em aproximadamente 12% até julho/2018 e os membros da equipe foram certificados como multiplicadores da prática de solução de problemas complexos em PDCA.

Pela escolha assertiva da metodologia foi possível suportar a realização do projeto no sentido de organização do tempo e visão estratégica relacionada a cada etapa, uma vez que os objetivos de cada momento (Planejar, Executar, Verificar e Analisar) estavam muito bem definidos dentro do ciclo de PDCA. Por exemplo, ao historizar os dados de geração de retrabalho e focar as iniciativas do projeto por setor, linha e produto, como demonstrado, a equipe já estava em posse de todos os dados necessários para analisar os parâmetros e o processo e, assim, determinar a causa raiz.

Será cada vez mais frequente encontrar projetos de melhoria contínua associados a manufatura de chocolate com foco em qualidade, eficiência e atendimento de mercado e isso pelo fato de que os consumidores de todo o globo se tornam mais exigentes e críticos. Assim, cada iniciativa de PDCA se transforma em um solo fértil para novos estudos e melhorias.

REFERÊNCIAS

- AASTED. **Chocolate depositor machine**. 2019. Disponível em: <https://www.aasted.eu/equipment/depositing>. Acesso em: 10 out. 2019.
- AGOSTINETTO, J. S. **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças**. 2006. 121 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma**. Belo Horizonte: INDG, 2002. 232 p.
- BATISTA, A. P. S. A. **Chocolate: sua história e principais características**. 2008. 48 p. Monografia (Especialização em Gastronomia e Saúde) – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2008.
- BECKETT, S. T. **The science of chocolate**. 2nd ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2008. 240 p.
- BRAITT, B. A. A.; FETTERMANN, D. C. Aplicação do método DMAIC para análise de problemas de produção: um estudo de caso. **E-xacta**, v. 7, n. 1, p. 125-138, 2014.
- CAMPOS, V. F. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: UFMG/Fundação Christiano Ottoni, 1992. 229 p.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas diretrizes**. 4. ed. Nova Lima: INDG, 2004a. 332 p.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. 8. ed. Nova Lima: INDG, 2004b. 266 p.
- COUTINHO, T. **PDCA X SDCA: qual a diferença**. 2017. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/pdca-x-sdca>. Acesso em 18 abr. 2018.
- HUTCHINS, D. Introducing TPM. **Manufacturing Engineer Journal**, v. 77, n. 1, p. 34-39, 1998.
- KRAFCHIK, J. F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, v. 30, n. 1, p. 41-52, 1988.
- PMBOK. **A guide to the project management body of knowledge – PMBOK guide**. 3rd ed. Newton Square: Project Management Institute. 2004. 390 p.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291 p.
- SILVEIRA, C. B. **Indicadores de performance da manutenção industrial**. São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/indicadores-performance-manutencao-industrial/>. Acesso em: 18 abr. 2018.

TONINI, A. C. **A contribuição dos Seis Sigma para a melhoria dos processos de software.** 2006. 252 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world:** the story of lean production. New York: Harper Collins, 1992. 323 p.