

**Melhoria da eficiência de um processo por meio do método DMAIC:  
pesquisa-ação em uma fábrica de chocolates**

**Process efficiency improvement through DMAIC method: action research  
in a chocolate factory**

---

Lukas Paiva da Silva\* - [spaivalukas@gmail.com](mailto:spaivalukas@gmail.com)

Luiz Gabriel Pereira Herzog\*\* - [gabriel\\_herzog@hotmail.com](mailto:gabriel_herzog@hotmail.com)

Cintia Tavares do Carmo\* - [cintiata@gmail.com](mailto:cintiata@gmail.com)

Fernando Antônio Forcellini\*\* - [forcellini@gmail.com](mailto:forcellini@gmail.com)

\*Instituto Federal do Espírito Santo – (IFES), Vitória, ES

\*\*Universidade Federal de Santa Catarina – (UFSC), Florianópolis, SC

---

**Article History:**

Submitted: 2021- 03 - 08

Revised: 2021 - 03 - 11

Accepted: 2021 - 04 - 23

---

**Resumo:** A indústria alimentícia representa um importante papel tanto na promoção de empregos para a melhoria da economia quanto no fornecimento de alimentos confiáveis e seguros à sociedade. Contudo, o setor enfrenta diversos desafios em busca pela eficiência e produtividade. Portanto, o presente trabalho visa aumentar a eficiência de uma linha de produção de chocolates em uma empresa de grande porte a partir da implementação do método DMAIC. A pesquisa foi realizada por meio de uma revisão sistemática da literatura investigando a implementação do DMAIC na indústria alimentícia. Além disso, o trabalho foi desenvolvido por uma pesquisa-ação durante seis meses em uma fábrica de chocolates de produção em larga escala localizada na região metropolitana do Espírito Santo. A partir da utilização de diversas técnicas e ferramentas da qualidade para investigação dos problemas como, *Project charter*, diagrama de Pareto, *brainstorming* e diagrama de causa e efeito, aumentou-se a eficiência do processo de 56% para 79%. Por fim, são realizadas as considerações finais, contendo as contribuições acadêmicas e práticas bem como as limitações de pesquisa e oportunidades para trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** DMAIC; Seis *Sigma*; Indústria Alimentícia; Pesquisa-ação

**Abstract:** The food industry plays an important role both in promoting jobs to improve the economy and in providing reliable and safe food to society. However, the sector faces several challenges in search of efficiency and productivity. Therefore, the present work aims to increase the efficiency of a chocolate production line in a large company through a DMAIC implementation method. The research was carried out through a systematic literature review regarding the DMAIC implementation method in the food industry. In addition, the work was carried out through action research for six months in a large-scale chocolate factory located in the metropolitan region of Espírito Santo. Using different quality techniques and tools to investigate problems such as Project Charter, Pareto diagram, brainstorming, and cause and effect diagram, the efficiency of the process was increased from 56% to 79%. Finally, the final considerations are made, containing the academic and practical contributions as well as the limitations of research and opportunities for future work.

**Keywords:** DMAIC; Six Sigma; Food Industry; Action research

## 1. Introdução

A indústria alimentícia representa um papel importante na economia de diversos países, tanto na criação de empregos (Sharma *et al.*, 2019) quanto no fornecimento de alimentos seguros e confiáveis à aproximadamente oito bilhões de pessoas no mundo (Al-Aomar *et al.*, 2017; ONU, 2017). Desta forma, o setor enfrenta múltiplos desafios que os força melhorar sua produtividade, qualidade de entrega e estratégias para se manterem competitivas (Costa *et al.*, 2018). Com isso, recomenda-se a implementação de procedimentos para assegurar qualidade nos processos produtivos de seus alimentos à população (Kotsanopoulos e Arvanitoyannis, 2017).

Neste contexto, empresas buscam alternativas gerenciais para melhorar a eficiência produtiva (Lobo *et al.*, 2018), o desempenho econômico (Costa *et al.*, 2020), a qualidade de produtos e serviços satisfatórios (Parmar e Desai, 2019), atendendo as expectativas dos consumidores (Singh e Rathi, 2018). Logo, torna-se imprescindível identificar, analisar e controlar os problemas por meio de aplicações estratégicas que promovam a melhoria contínua do ambiente (Francisco *et al.*, 2020; Muganyi *et al.*, 2018). Dentre essas alternativas, insere-se o conceito da filosofia Seis *Sigma* (SS).

O SS objetiva aperfeiçoar as atividades por meio do controle estatístico (Uluskan, 2016) com o intuito de reduzir a variabilidade das amostras (Wei e Cheng, 2020), corrigindo erros em uma escala de 3.4 defeitos por milhão (Li *et al.*, 2019; Srinivasan *et al.*, 2016) a partir de ferramentas e técnicas de melhoria contínua (Stanivuk *et al.*, 2020). O termo *sigma* representa o símbolo matemático correspondente ao desvio padrão, essencial na identificação da dispersão das amostras (Zhou *et al.*, 2020). O conceito de SS surgiu na década de 1980 na *Motorola* (Laureani e Antony, 2019), tornando-se popularmente conhecida como estratégia de promoção à excelência em negócios em 1995, após implementação na *General Eletric* (Alexander *et al.*, 2019; Parmar e Desai, 2019).

Essa abordagem tem se mostrado eficiente para empresas que o implementam (Mueller e Cross, 2020), principalmente por meio da utilização da ferramenta DMAIC (Mousavi Isfahani *et al.*, 2019; Rathilall e Singh, 2018; Raval *et al.*, 2019). O DMAIC representa um procedimento sistemático, adaptado do ciclo PDCA, voltado à melhoria dos negócios segmentado em cinco etapas (*define, measure, analyze, improve e control*) destinadas a auxiliar a tomada de decisão nos processos (C.R e Thakkar, 2019; Guo *et al.*, 2019).

Recentemente, DMAIC tem sido utilizado na indústria alimentícia para analisar o desperdício de comida (Kolawole *et al.*, 2021), minimizar o tempo de espera nos restaurantes universitários (Kambli *et al.*, 2020), reduzir gargalos nos processos (Nandakumar *et al.*, 2020) e identificar os fatores de defeitos (Machfud e Atika, 2020). Apesar disso, verificou-se a escassez de investigação da implementação do método na promoção do aumento da eficiência das linhas de produção (Fernandes e Jain, 2015; Vergara *et al.*, 2019).

Portanto, para preencher esta lacuna de pesquisa, o presente este trabalho visa aumentar a eficiência de uma linha de produção de uma empresa do setor alimentício por meio da implementação do método DMAIC. Assim, deseja-se identificar as causas raízes, analisar os problemas prioritários e propor melhorias a um processo por meio da sistematização de etapas permitidas pelo uso da ferramenta. Desta forma, espera-se que esta pesquisa contribua tanto para a expansão do conhecimento da aplicação de DMAIC no setor alimentício e preenchimento do *gap* na literatura quanto para o auxílio à praticantes da ferramenta em ambientes manufatureiros.

A partir desta seção introdutória, este trabalho será estruturado da seguinte maneira. A seção 2 descreve a metodologia da pesquisa. A seção 3 desenvolve uma breve revisão sistemática na literatura para verificar trabalhos que utilizaram a ferramenta DMAIC no setor alimentício. A seção 4 caracteriza-se por implementar e discutir os principais resultados obtidos a partir da utilização do método DMAIC. Por fim, a seção 5 identifica as considerações finais, reconhecendo as contribuições, limitações e recomendações para pesquisas futuras.

## 2. Metodologia

A metodologia deste trabalho será caracterizada pelo desenvolvimento de duas etapas: (i) fundamentação teórica baseada na elaboração de uma revisão sistemática da literatura e (ii) aplicação de uma pesquisa-ação em uma empresa do ramo alimentício produtora de chocolates em larga escala.

### 2.1. Revisão sistemática da literatura

Esta seção está direcionada a identificar pesquisas anteriores que investigaram a implementação da ferramenta DMAIC na indústria alimentícia. Para tal, definiu-se a abordagem de revisão sistemática da literatura. De maneira geral, este método é frequentemente utilizado em revisões de literatura por promover e impulsionar o

desenvolvimento de novos conhecimentos a partir de trabalhos publicados (Tranfield *et al.*, 2003) devido à sistematização da pesquisa e procedimentos explícitos, rigorosos, confiáveis e reproduzíveis (Fink, 2019).

Utilizou-se a query composta pela combinação das palavras “*DMAIC*” AND (“*FOOD SECTOR*” OR “*FOOD INDUSTR\**” OR “*FOOD MANUFACTUR\**” OR “*FOOD*”). Definiu-se as bases de dados online *Scoups (Elsevier)* e *Web of Science* para o acesso dos documentos. Ambas são consideradas plataformas científicas que possuem trabalhos de referência, interdisciplinares, qualificados, confiáveis e revisado por pares (Rashidi *et al.*, 2020; Reim *et al.*, 2015). Os dados foram coletados das bases dados em 14 de fevereiro de 2021 e os artigos foram gerenciados por meio do *software Mendeley* e analisados pelo *software R*. Os critérios de exclusão utilizados nesta pesquisa são exemplificados na Tabela 1 e ilustrados por meio das etapas identificação, triagem, elegibilidade e inclusão do método PRISMA (Moher *et al.*, 2009) na Figura 1.

Tabela 1 – Critérios da pesquisa sistemática

CE	Critério	<i>Scopus (Elsevier)</i>	<i>Web of Science</i>	Total
CE1	Editoriais, capítulos de livros e revisões	4	0	4
CE2	Idiomas diferentes do português, inglês e espanhol	1	0	1
CE3	Indisponibilidade para acesso completo	5	0	5
CE4	Duplicidade nas bases de dados	-	-	6
CE5	Incompatibilidade ao escopo da pesquisa	7	3	10

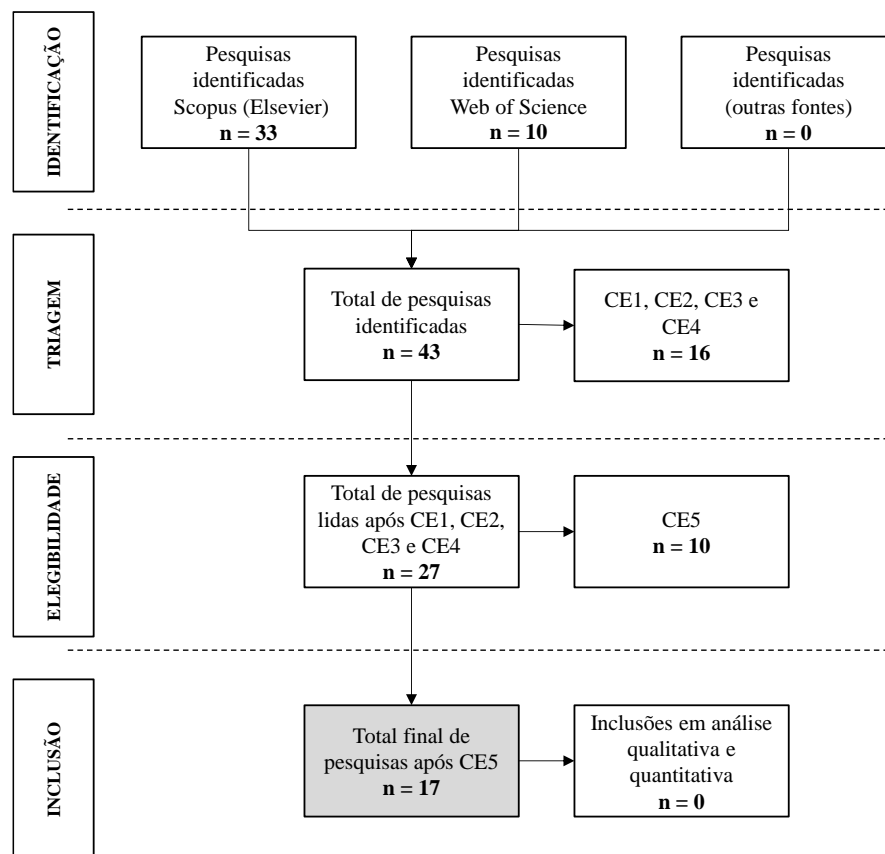


Figura 1 – Metodologia PRISMA

## 2.2. Pesquisa-ação

A pesquisa-ação promove condições de melhoria por meio da análise, planejamento de ações e transformações nos cenários analisados (Miguel *et al.*, 2012). O método objetiva criar e disseminar conhecimento a partir da interação entre pesquisadores e representantes da empresa que apresentam influência direta na pesquisa (Mello *et al.*, 2012; Prashar, 2020), mediante experiência e observação de um problema prático (Thiollent, 1986; Thiollent e Silva, 2007).

A pesquisa-ação foi conduzida a partir da implementação do método DMAIC por meio de um estudo de caso singular durante seis meses em uma empresa de grande porte produtora de chocolates em larga escala localizada na região metropolitana do estado do Espírito Santo. O estudo de caso permite a investigação de eventos empíricos atuais no universo analisado (Yin, 2017). Conseqüentemente, a análise de estudo de caso singular promove melhores oportunidades de aprofundamento de observações e apontamentos de pesquisa (Voss *et al.*, 2002). Além disso, o estudo de caso apresenta uma abordagem quantitativa e qualitativa pois os resultados da pesquisa-ação foram desenvolvidos a partir da

análise estatística dos dados bem como pela percepção, sensibilização e participação dos colaboradores.

A pedido da organização, decidiu-se preservar o nome real da empresa. Ainda, ressalta-se que o retorno financeiro esperado após a implementação do projeto não será divulgado devido à critérios de confidencialidade da organização. Contudo, assegura-se a veracidade das informações coletadas visto que um dos autores atua diretamente no planejamento, elaboração e aplicação das atividades na empresa. Consequentemente, facilita-se a obtenção de dados e participação nas ações que influenciam nos resultados.

Por fim, os principais resultados serão discutidos a partir da identificação e análise das semelhanças e diferenças encontradas na literatura referente à aplicação do DMAIC em organizações do ramo alimentício. A Figura 2 apresenta o processo de fabricação dos bombons em barras de chocolate.

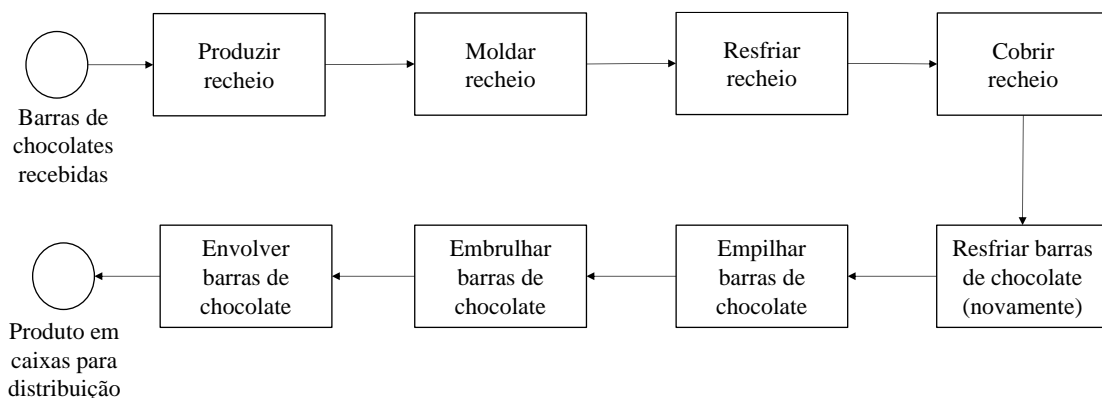


Figura 2 – Processo de fabricação de bombons em barras de chocolate

As barras de chocolates são produzidas por uma linha de produção auxiliar e são transferidas para o departamento da cozinha onde o processo se inicia. O recheio é produzido na cozinha e é transportado por esteiras ao moinho, em que se molda o recheio no rolo moldador a fim de determinar o tamanho e peso da barra de acordo com a cavidade estimada no rolo. A seguir, resfria-se o recheio no primeiro túnel de resfriamento antes da etapa de cobrideira, responsável por revestir o recheio com massa de chocolate produzida na refinaria da fábrica. Após esta etapa, as barras já revestidas são resfriadas novamente por mais dois túneis de resfriamento, manuseadas por plaquetas, empilhadas em caçambas e posicionadas em pallets para serem transportadas ao setor de embrulho. Nesta fase, os operadores abastecem a embrulhadeira manualmente e as barras são realocadas dentro de cartuchos. Estes cartuchos são levados por uma esteira transportadora até envolvente, onde são envolvidos

por um plástico. Por fim, os produtos são armazenados em caixas de expedição, prontos para distribuição.

### 3. DMAIC na indústria alimentícia

Após aplicação dos critérios de exclusão e utilização do método PRISMA, compreende-se a composição de 17 pesquisas. Destacou-se o evento de conferência *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* e o periódico *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, ambos com duas publicações. Os institutos de ensino *Sepuluh Nopember Institute of Technology* e *University of Missouri* sobressaíram-se com duas publicações cada. Além disso, os países com maior representatividade foram a Índia (4), Indonésia (2) e Nigéria (2).

Hung e Sung (2011) foram referenciados por dois trabalhos presentes nesta revisão sistemática. Este trabalho reduziu a taxa de defeitos e custos na produção de salgados no Taiwan em aproximadamente 70% após seis meses de implementação do método DMAIC. A Figura 3 indica a distribuição das publicações ao longo dos anos.

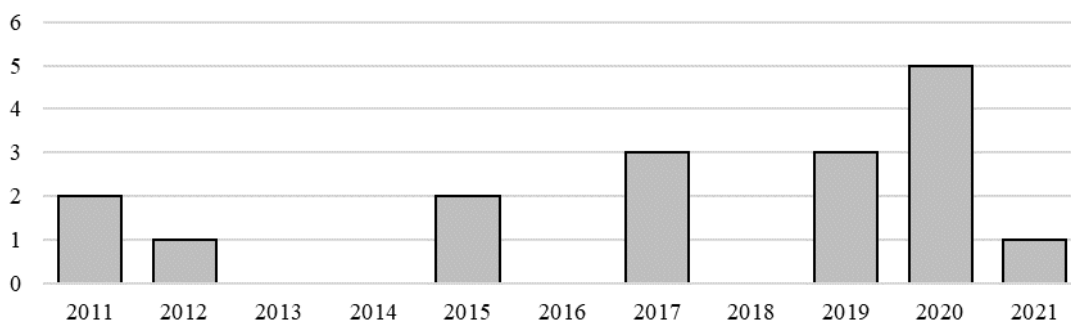


Figura 3 – Publicação ao longo dos anos

Notou-se a presença de ferramentas estratégicas e da qualidade responsáveis por auxiliar o processo de implementação do método DMAIC. A Figura 4 identifica as seis principais ferramentas utilizadas nas pesquisas.

Assim, utilizou-se o:

- ✓ Diagrama de causa e efeito pois permite a identificação dos potenciais causas raízes de um problema (Prajapati e Suman, 2019; Uluskan, 2019; Uluskan e Oda, 2020);
- ✓ Diagrama de Pareto uma vez que determina os fatores cruciais do problema à uma taxa de 80-20% (Pereira et al., 2019; Ľavodová et al., 2020);
- ✓ *Brainstorming* para auxiliar a geração de soluções por meio do compartilhamento de ideias (Al-Samarraie e Hurmuzan, 2018; Krotov, 2019);

- ✓ FMEA (*failure mode and effect analysis*) a fim de classificar as falhas no processo pela severidade, ocorrência e detecção (Kumar e Parameshwaran, 2020);
- ✓ *Project charter* de modo a estabelecer e planejar os principais valores, objetivos e direção do projeto (Patyal *et al.*, 2020); e
- ✓ SIPOC (*supplier, input, process, output, and customer*) para mapear sistematicamente os principais elementos do processo por meio de um diagrama (Al-Aomar e Hussain, 2019; Hussain *et al.*, 2018).

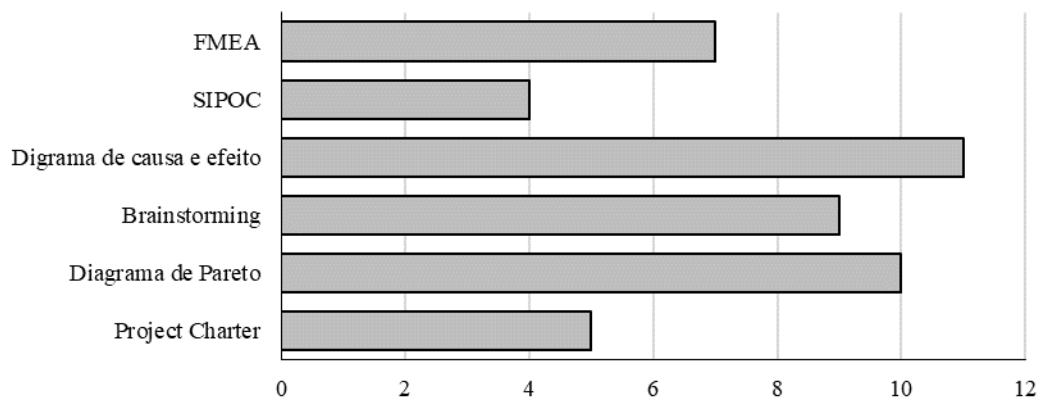


Figura 4 – Principais ferramentas utilizadas

Dentre os setores da indústria alimentícia identificados nos trabalhos selecionados, evidencia-se os departamentos de panificadoras (Álvarez *et al.*, 2017; Kolawole *et al.*, 2021; Maheshwar, 2012), laticínios (Desai *et al.*, 2015; Machfud e Atika, 2020; Powell *et al.*, 2017), doces (Ibarra *et al.*, 2019; Sordan *et al.*, 2020) e processamento (Kehinde *et al.*, 2019; Nandakumar *et al.*, 2020).

De maneira geral, percebeu-se diversos benefícios de aplicação da metodologia DMAIC nas organizações investigadas, como por exemplo:

- ✓ Elevação do nível de sigma (Machfud e Atika, 2020; Sordan *et al.*, 2020; Vanany *et al.*, 2020);
- ✓ Redução de defeitos (Desai *et al.*, 2015; Hung e Sung, 2011; Machfud e Atika, 2020; Maheshwar, 2012; Sordan *et al.*, 2020); e
- ✓ Minimização de desperdícios (Álvarez *et al.*, 2017; Ibarra *et al.*, 2019; Kolawole *et al.*, 2021).

Identificou-se que a abordagem utilizada permitiu a priorização dos principais problemas nos processos analisados devido às características sistemáticas e disciplinadas de



investigação das etapas da ferramenta, como por exemplo, na: identificação dos eventos e agentes de riscos na produção de queijo (Machfud e Atika, 2020), elaboração de um modelo para promover a redução de defeitos de produtos de origem halal (Vanany *et al.*, 2020), determinação dos fatores responsáveis por gerar bolhas na massa dos produtos (Sordan *et al.*, 2020), identificação das causas raízes na produção de pães (Álvarez *et al.*, 2017), definição dos elementos que promovem desperdícios no processo de fabricação de doces (Ibarra *et al.*, 2019) e salgados (Hung e Sung, 2011), entre outros.

Notou-se que as habilidades e competências técnicas dos funcionários são tão importantes quanto a adesão de novas ferramentas de controle da qualidade, equipamentos operacionais e métodos gerenciais destinadas às melhorias nos processos nas empresas (Vanany *et al.*, 2020). Desta forma, verifica-se que o nível de escolaridade e capacitação dos colaboradores da operação impactam a continuidade e eficácia de um projeto DMAIC (Hung e Sung, 2011).

Além disso, percebeu-se que o engajamento dos membros é essencial para o sucesso do projeto (Ibarra *et al.*, 2019; Nandakumar *et al.*, 2020). Assim, recomenda-se o desenvolvimento de prática de incentivo e bonificação para sustentar a implementação de projetos de melhoria à longo prazo (Hung e Sung, 2011; Ibarra *et al.*, 2019; Vanany *et al.*, 2020).

O processo de desenvolvimento, elaboração e implementação da metodologia DMAIC nas organizações permite a sistematização da resolução dos problemas prioritários. Para isto, salienta-se a importância do planejamento de um sistema de gerenciamento direcionado ao projeto (Hung e Sung, 2011). Assim, as partes interessadas envolvidas apresentam objetivos e metas em comum de modo a garantir que o processo de tomada de soluções seja orientado à visão da organização (Ibarra *et al.*, 2019; Kolawole *et al.*, 2021).

A aplicação de ferramentas de melhorias da qualidade nos processos na indústria alimentícia deve compreender a interação e integração entre os seguintes fatores: necessidades dos consumidores, perecibilidade do alimento e normas regulamentadoras de manuseamento, armazenagem e distribuição dos produtos (Hung e Sung, 2011; Powell *et al.*, 2017).

Por fim, elaborou-se a matriz SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities, and threats*) referente aos principais resultados encontrados na investigação da implementação do método DMAIC no contexto da indústria alimentícia (Quadro 1). Esta ferramenta permite

analisar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (Paes *et al.*, 2019) por meio da identificação dos fatores internos e externos de uma organização (Gürel e Tat, 2017).

Quadro 1 – DMAIC no setor alimentício

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistematização de solução de problemas (Álvarez <i>et al.</i>, 2017; Desai <i>et al.</i>, 2015; Hung e Sung, 2011; Kolawole <i>et al.</i>, 2021)</li> <li>- Envolvimento e experiência dos colaboradores da linha de produção (Álvarez <i>et al.</i>, 2017; Ibarra <i>et al.</i>, 2019; Nandakumar <i>et al.</i>, 2020; Vanany <i>et al.</i>, 2020)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imaturidade de implementação das ferramentas da qualidade (Hung e Sung, 2011; Powell <i>et al.</i>, 2017; Vergara <i>et al.</i>, 2019)</li> <li>- Dificuldades de continuidade de implementação do DMAIC após primeiro ciclo (Al-Aomar <i>et al.</i>, 2017; Kolawole <i>et al.</i>, 2021)</li> </ul>
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificação da produtividade e eficiência (Desai <i>et al.</i>, 2015; Fernandes e Jain, 2015; Hung e Sung, 2011; Vergara <i>et al.</i>, 2019)</li> <li>- Soluções alcançáveis a curto tempo (Ibarra <i>et al.</i>, 2019; Machfud e Atika, 2020; Sordan <i>et al.</i>, 2020)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investimentos em projetos de melhoria contínua (Maheshwar, 2012; Vanany <i>et al.</i>, 2020)</li> <li>- Especificidades da indústria alimentícia (Hung e Sung, 2011; Maheshwar, 2012; Powell <i>et al.</i>, 2017)</li> </ul>

#### 4. Pesquisa-ação em uma fábrica de chocolates

##### 4.1. Etapa define

De acordo com o planejamento estratégico da empresa, a definição e elaboração das metas e as respectivas atividades de melhoria são desenvolvidas a partir da necessidade de cada setor produtivo. Após reunião anual, percebeu-se a necessidade de investigar os principais motivos pelo baixo desempenho de produção de chocolate de uma linha da fábrica (linha XYZ, de aqui por diante) visto que a média da eficiência desta linha no ano anterior alcançou aproximadamente 56%. A linha XYZ é responsável pela produção de bombons a partir dos chocolates em barra. Assim, estimou-se o aumento da eficiência da linha XYZ para 75% após conclusão do projeto.

Formalizou-se o projeto a partir do *Project Charter*. No Quadro 2 a seguir são destacadas as principais informações para o desenvolvimento do trabalho, dentre eles: problema, escopo, responsáveis, objetivo, oportunidades (benefícios) e características para o sucesso (restrições, limitações e/ou ameaças).

Quadro 2 – *Project Charter*

<b>Título do projeto</b>	Projeto DMAIC XYZ1
<b>Líder</b>	Analista de qualidade
<b>Gerente do projeto</b>	Supervisor da qualidade
<b>Local</b>	Linha XYZ (fabricação de bombons em barras de chocolate)
<b>Descrição do problema</b>	Investigar os principais motivos responsáveis pela baixa eficiência da linha de produção (atualmente 56%) e propor ações práticas para tratar os problemas identificados.

<b>Meta</b>	Aumentar a eficiência da linha de produção para 75% após seis meses.
<b>Benefícios esperados</b>	- Aumentar volume de produção; - Redução do número de intervenções realizadas nas máquinas; e - Introdução da cultura de melhoria contínua nos processos da organização.
<b>Características para o sucesso do projeto</b>	- Confiabilidade do banco de dados; - Qualificação da mão-de-obra; - Recursos financeiros; - Número de participantes da equipe; e - Tempo destinado à realização do projeto.
<b>Escopo do projeto</b>	Os esforços para a realização da implementação do DMAIC neste projeto estão centralizados apenas em uma linha de produção. Informações referentes às análises de dados das linhas de produção auxiliares não serão investigadas.
<b>Período de realização</b>	<i>Milestones: define</i> (15 dias), <i>measure</i> (15 dias), <i>analyze</i> (1 mês), <i>improve</i> (3 meses) e <i>control</i> (1 mês).
<b>Estrutura da equipe de trabalho</b>	Analista de qualidade (1), operador mecânico (1), electricista (1) e técnico de segurança do trabalho (1).

#### 4.2. Etapa measure

Inicialmente, mensurou-se o desempenho da linha de produção pelo indicador eficiência. Este indicador considera as horas totais, horas de paradas planejadas e horas de paradas não planejadas do processo. Percebeu-se que as horas de paradas não planejadas apresentam maior impacto no resultado da eficiência. Dentre as principais causas encontradas, destacam-se: falhas no processo, pequenas paradas (paradas menores que dez minutos), quebras de equipamentos, espera por materiais, retrabalho, entre outros. Tais causas são representadas no diagrama de Pareto (Figura 5) elaborado por dados operacionais relativos a um período de um ano.

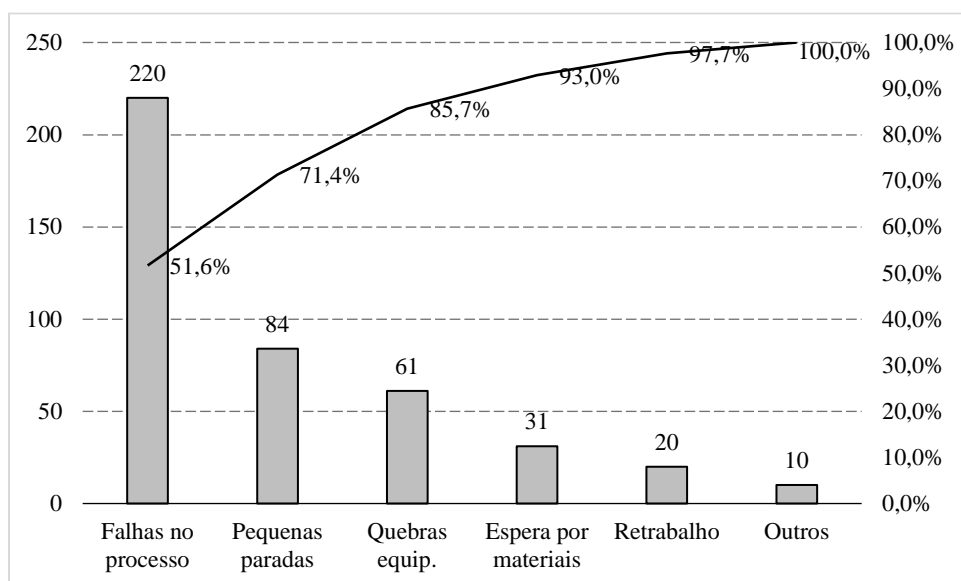


Figura 5 – Horas de paradas não planejadas

Notou-se que as falhas no processo e pequenas paradas são responsáveis pelo maior impacto de paradas de horas não planejadas na linha de produção dos bombons em barra. Apesar da ordem de prioridade formalizada pelo diagrama de Pareto, para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se por investigar os problemas relacionados às pequenas paradas. Ressalta-se que a proposição de melhorias referentes às falhas no processo será analisada em outras oportunidades devido à complexidade dos procedimentos e ao tempo disponível para a implementação da ferramenta.

Dessa forma, elaborou-se um novo diagrama de Pareto para analisar as causas relacionadas às pequenas paradas (Figura 6). Percebeu-se que a principal razão pelas pequenas paradas se dá pela qualidade da fabricação das barras de chocolate do semifabricado.

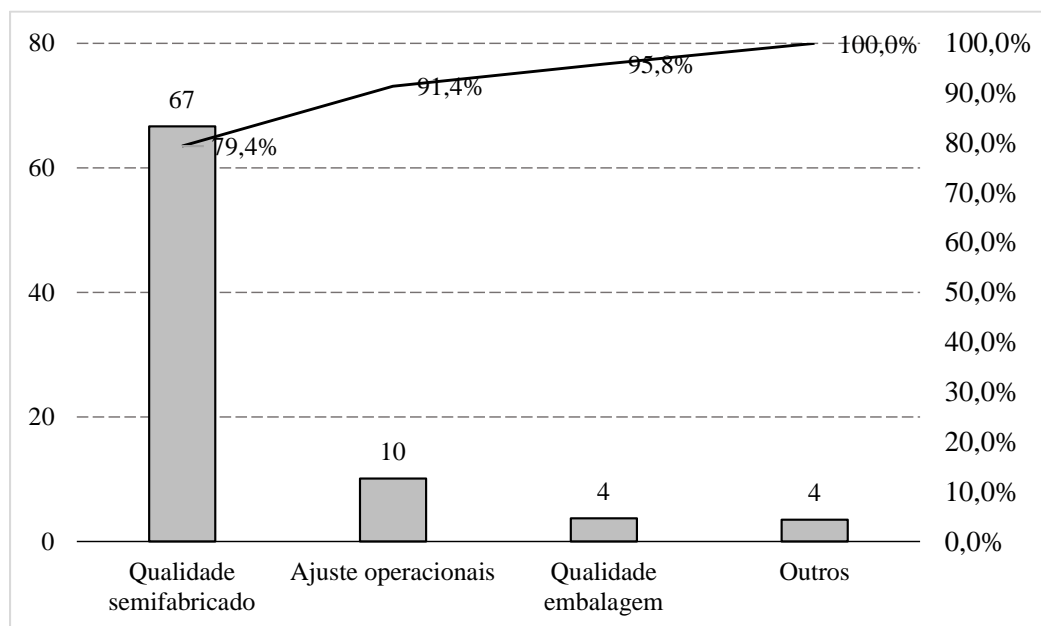


Figura 6 – Pequenas paradas

#### 4.3. Etapa analyze

Após identificação da qualidade do semifabricado como o principal problema para o aumento do número das pequenas paradas da linha XYZ, decidiu-se analisar as causas para tal efeito. Para isso, viu-se a necessidade de coletar dados do chão de fábrica, realizando a prática de *brainstorming* entre a equipe de trabalho a fim de propor soluções ao problema. A Figura 7 a seguir identifica as relações dos problemas por meio de um diagrama de causa e efeito.

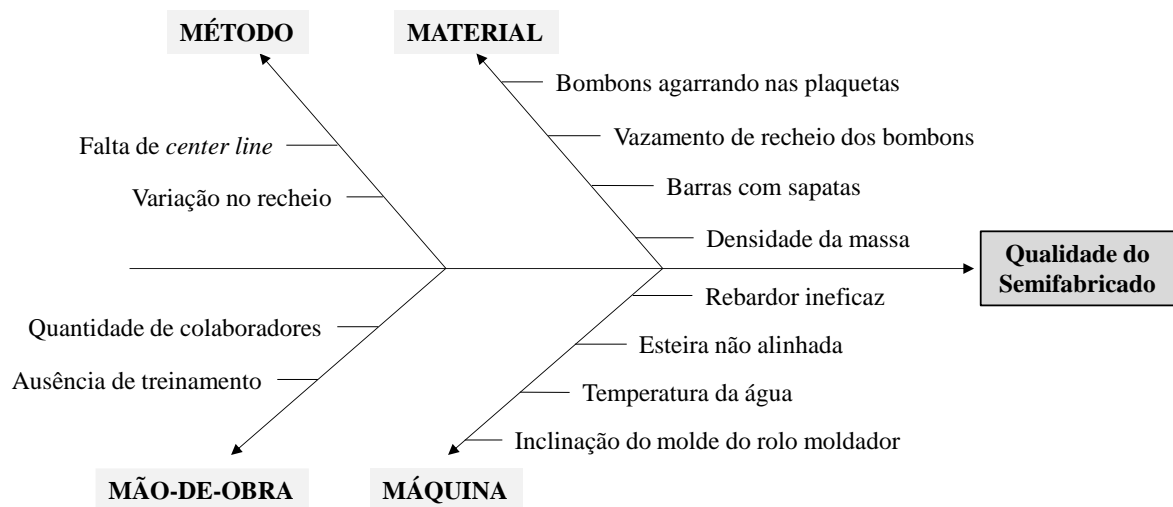


Figura 7 – Qualidade do semifabricado

A partir dos dados obtidos pela organização, observação do processo atual e considerações realizadas pelos colaboradores do chão de fábrica, os principais problemas relacionados à qualidade do semifabricado são:

- ✓ Formação de sapatas nas barras de chocolate devido a presença de inclinação da cavidade do rolo moldador;
- ✓ Desalinhamento das barras nas plaquetas causadas pela ausência de treinamento da mão-de-obra, dificultando a compreensão e manuseio das características do equipamento; e
- ✓ Ausência de *center line* em decorrência da falta de padronização do bombom em barra.

#### 4.4. Etapa *improve*

Nesta etapa, propuseram-se nove soluções de melhorias para solucionar o problema da qualidade do semifabricado. Conseqüentemente, espera-se reduzir a quantidade de pequenas paradas e, assim, aumentar a eficiência da linha de produção de bombons em barra. Tais soluções foram dispostas em um diagrama que relaciona o impacto e esforços necessários para alcançar os resultados (Figura 8).

Verificou-se a viabilidade de execução das propostas de melhorias a partir de reuniões com a supervisão/gerência da linha de produção e equipe de trabalho. Definiu-se priorizar a atuação dos seguintes obstáculos: confecção do novo rolo moldador e parâmetros para as novas cavidades (2), *coaching* com operadores (4) e *coaching* com transportadores (6).

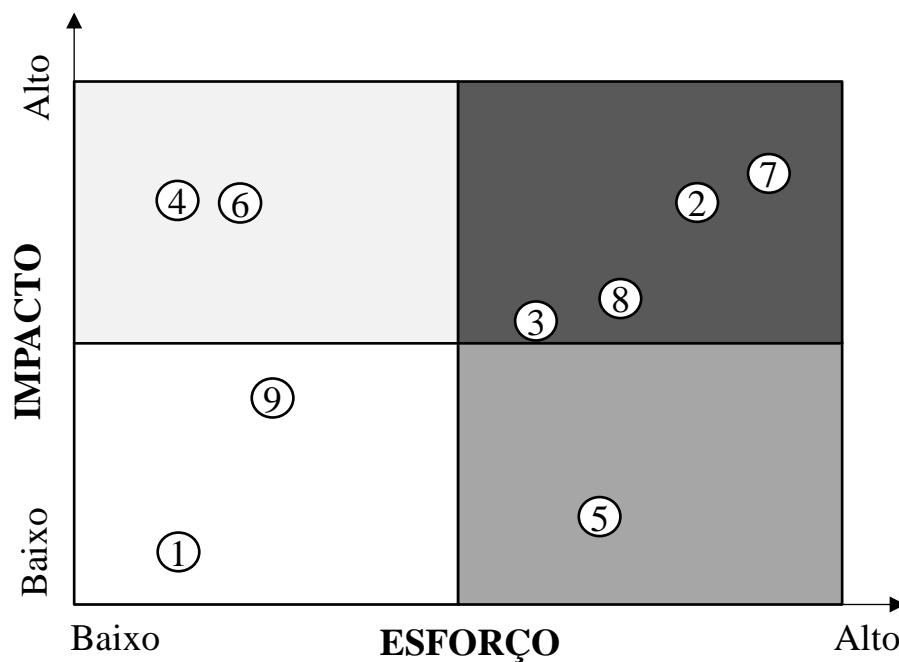


Figura 8 – Propostas de melhorias. Legenda: (1) recuperar rebarbador, (2) confecção do novo rolo moldador e parâmetros para as novas cavidades, (3) *center line* da linha de produção do semifabricado, (4) *coaching* com operadores, (5) restaurar condições básicas das máquinas, (6) *coaching* com transportadores, (7) troca da esteira transportadora, (8) *center line* da linha XYZ e (9) aferição da velocidade da esteira

Como apresentado, uma das principais causas encontradas para o problema prioritário é a presença de sapatas nas barras. As sapatas são formadas devido a inclinação do rolo moldador e ausência de padronização dos bombons em barra. Apesar de apresentar elevados esforços, esta proposição de melhoria promove alto impacto no alcance dos resultados. Assim, planejou-se novo dimensionamento dos bombons a partir do cálculo da densidade do recheio do bombom por meio de uma proveta e balança. A proveta foi utilizada para determinar o volume do recheio percebido pelo deslocamento da água. A balança foi empregada para definir o valor da massa dos recheios.

Três dimensionamentos foram sugeridos (Figura 9) e, após teste com 50 unidades, recomendou-se a utilização da opção 3 pois apresentou melhor desempenho e menor impacto na fase de embrulhadeira. O novo formato permitiu a adição de cinco gramas de recheio pois percebeu-se que o custo do recheio é menor do que a cobertura. Com o novo formato escolhido, optou-se por zerar a angulação das laterais. A redução da cobertura em cinco gramas e o novo ângulo lateral reto proporcionou a produção de bombons sem sapatas.

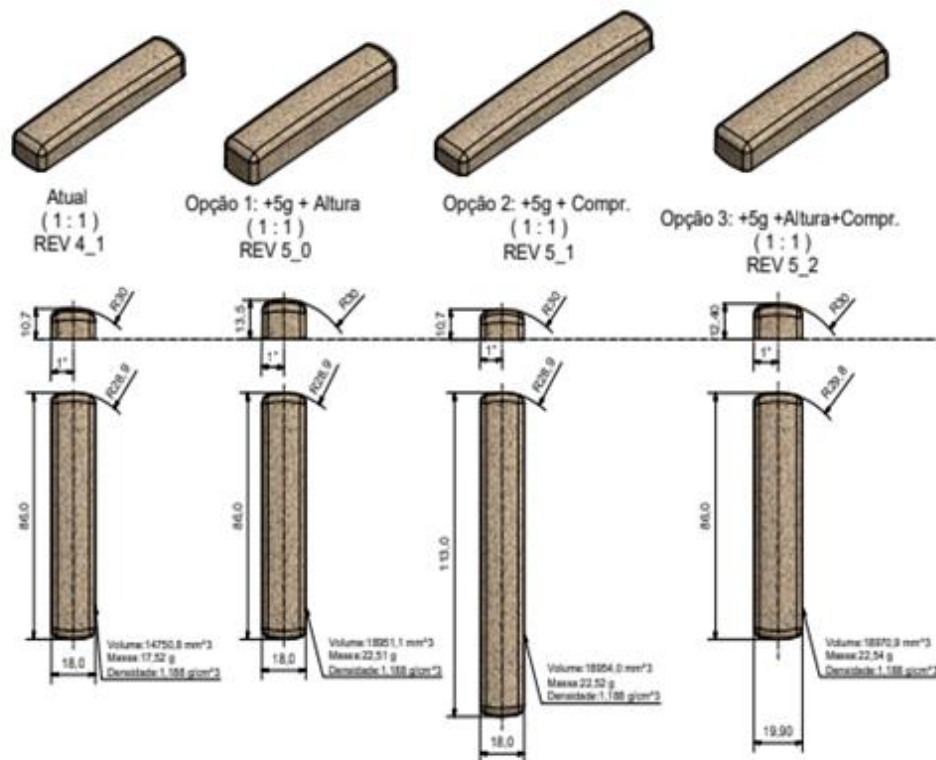


Figura 9 – Opções de dimensionamentos dos bombons em barras de chocolate

Além disso, percebeu-se que o aumento das pequenas paradas está relacionado ao desalinhamento dos bombons nas plaquetas. Este processo ainda é realizado de forma manual, conseqüentemente, desprendendo tempo para a reorganização nas plaquetas. Portanto, realizou-se um *coaching* com todos os operadores da linha, transportadores e membros dos processos para salientar a importância do alinhamento das barras para o embrulhamento. Recomendou-se que este processo seja implementado periodicamente a cada 15 dias de modo a permitir maior adesão dos colaboradores e promover ações práticas para a melhoria contínua neste departamento. Ademais, retirou-se um apoio de suporte do novo rolo moldador, diminuindo a quantidade de bombons nas plaquetas, facilitando a organização e alinhamento para os colaboradores da área.

#### 4.5. Etapa control

Por fim, esta última etapa está destinada a elaborar mecanismos de controle para monitorar os resultados esperados no desenvolvimento desta pesquisa. Percebeu-se aumento significativo do valor da eficiência da linha XYZ de 56% para 79%, alcançando o objetivo traçado para este projeto e, conseqüentemente, confirmando a os benefícios de utilização da ferramenta na empresa. A Tabela 2 resume os resultados referente ao desempenho e

capacidade do processo após a aplicação da etapa *control* por meio da elaboração das cartas de controle (Figuras 10, 11a e 11b).

Tabela 2 – Resumo dos resultados

Período	Pp	PPL	PPU	Ppk	Eficiência
Antes	0,56	-0,83	1,95	-0,83	56%
Depois	2,13	0,66	3,59	0,66	79%

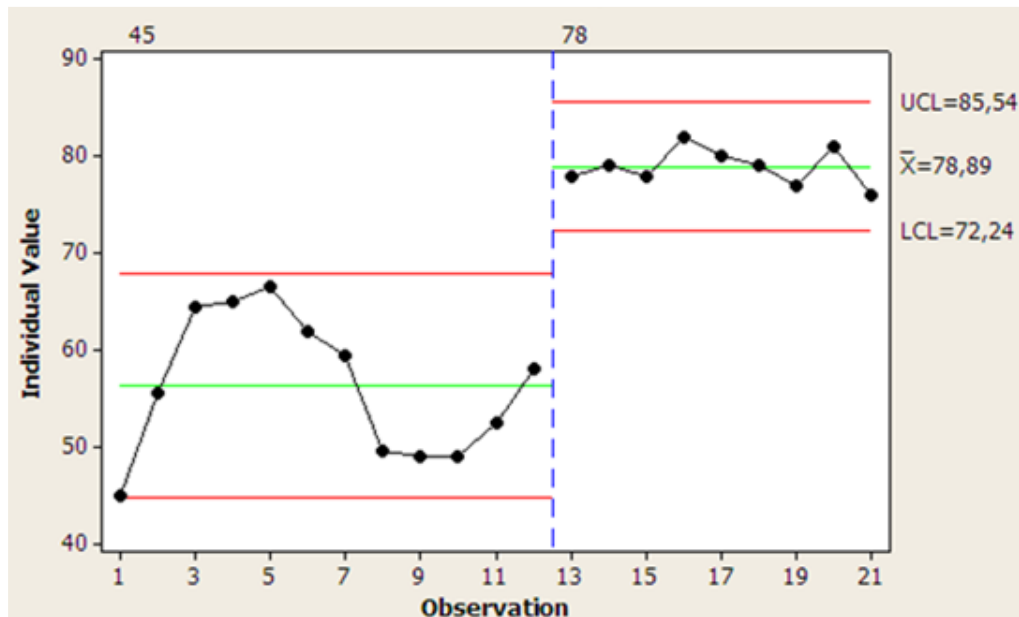


Figura 10 – Comparação da eficiência

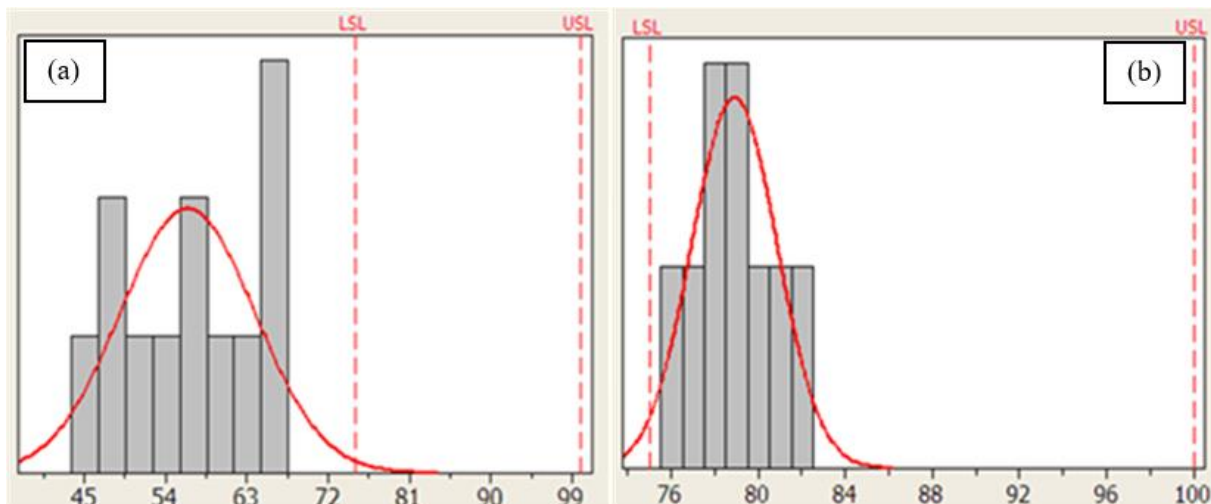


Figura 11 – Limite de especificação antes (a) e depois (b)

O índice Pp mensura a capacidade do desempenho do processo analisado a partir da diferença entre a dispersão das especificações (superior e inferior), desconsiderando a localização do processo. A partir da comparação exclusiva dos valores dos indicadores Pp, interpreta-se que o processo é capaz uma vez que apresentou valor acima do *benchmark*



estabelecido de 1,33. Ainda, como os índices PPL para ambas as situações são inferiores aos valores obtidos do PPU, nota-se que o processo não está centralizado e estão localizados mais próximos dos limites das especificações inferiores (Figura 11b).

O índice Ppk avalia a proximidade do processo em relação à média. Embora este índice tenha apresentado melhorias após a implementação do DMAIC, o processo ainda é considerado incapaz. Ou seja, apesar da diminuição da variação dos limites de especificações, a distribuição do processo não está centralizada. Dessa forma, sugere-se a elaboração de um plano de ação corretivo para reduzir esta não conformidade.

#### 4.6. Discussão dos resultados

Assim como percebido nos resultados da revisão sistemática (Figura 4), a implementação do projeto de melhoria na fábrica de chocolates foi auxiliada pela utilização das ferramentas de apoio à qualidade, como o *project charter*, *brainstorming*, diagrama de Pareto e diagrama de causa e efeito. Tais ferramentas foram essenciais para o desenvolvimento e gerenciamento das etapas da metodologia DMAIC na empresa analisada.

A partir disso, salienta-se que a sistematização proposta na abordagem DMAIC permitiu elevar o nível de envolvimento dos funcionários responsáveis pela análise da operação. Portanto, compreende-se que características básicas como escolaridade, qualificação e promoção de treinamentos aos colaboradores influenciaram o sucesso do projeto (Hung e Sung, 2011; Ibarra *et al.*, 2019; Vanany *et al.*, 2020).

A metodologia DMAIC mostrou-se eficiente não só no alcance do objetivo estabelecido no *Project charter*, como também permitiu a identificação dos problemas prioritários da linha de produção a fim de reduzir as falhas percebidas da qualidade do semifabricado. O projeto promoveu aumento da experiência e disseminação do conhecimento dos colaboradores da fábrica a respeito de práticas e ferramentas de melhoria contínua, como percebido em Álvarez *et al.* (2017) e Nandakumar *et al.* (2020), sendo capazes de reduzir o número de desperdícios, promover a consciência da importância da limpeza e organização do ambiente e formalizar o desenvolvimento de atividades padrão.

Notou-se que projetos de implementação de melhoria devem elaborar atividades com períodos curtos de desenvolvimento e implementação a partir de objetivos comuns e metas tangíveis para que a solução seja alcançada sistematicamente (Ibarra *et al.*, 2019; Powell *et*

*al.*, 2017; Sordan *et al.*, 2020). Dessa forma, permite-se tempo hábil para a verificação das etapas além de promover o dinamismo para o alcance dos resultados esperados.

Salienta-se que após a aplicação da etapa *control*, recomenda-se a investigação dos outros problemas identificados (seção 4.4) de forma a promover a rotina de melhoria contínua nos processos internos da organização, conseqüentemente, reiniciando um novo projeto DMAIC. Com isso, a implementação inicial do DMAIC permitida neste trabalho promoveu o desenvolvimento de esforços e recursos necessários para resultados preliminares positivos à fábrica de chocolates.

Apesar dos benefícios apresentados, compreende-se que algumas restrições para a implementação do projeto DMAIC devem ser ressaltadas em devido às singularidades de fábricas da indústria alimentícia (Hung e Sung, 2011; Maheshwar, 2012; Powell *et al.*, 2017), como por exemplo: (i) aumento de produção devido à sazonalidade, percebida em períodos de feriados como Páscoa e Natal e (ii) cumprimento das normas da vigilância sanitária para atender às atividades de manuseio, armazenagem e distribuição dos alimentos previstas pela legislação.

## 5. Conclusão

O presente trabalho objetivou elevar a eficiência de uma linha de produção de 56% para 75% a partir da implementação do método DMAIC em uma fábrica de chocolates durante seis meses. Após desenvolvimento permitido pela sistematização das etapas da ferramenta, obteve-se aumento da eficiência para 79%, alcançando e superando o resultado esperado.

Com isso, verifica-se que esta pesquisa apresenta contribuições acadêmicas e práticas. À princípio, ainda não foram desenvolvidas revisões sistemáticas da literatura referente à análise da implementação do método DMAIC na indústria alimentícia. Logo, a elaboração preliminar dessa revisão permitiu difundir o conhecimento empírico observado. Ainda, este trabalho promoveu a expansão da fronteira do conhecimento a respeito da implementação do DMAIC utilizado como potencializador da eficiência de processos na indústria alimentícia. Por fim, a execução das etapas neste trabalho possibilita a promoção de práticas de rotinas de melhoria contínua nas organizações, contribuindo a praticantes da filosofia SS.

Entretanto, este trabalho apresenta algumas limitações. Dentre elas: (i) período reduzido para implementação do método, como por exemplo, na análise das falhas no

processo (Figura 5) e nas ferramentas de controle estatístico da qualidade na etapa *control*, (ii) resolução de apenas três problemas identificados na seção 4.4 e (iii) impossibilidade de generalização dos resultados percebido pelos benefícios do DMAIC uma vez que a metodologia foi realizada em apenas uma única organização do setor alimentício.

Portanto, recomenda-se as seguintes oportunidades para pesquisas futuras: (i) investigação dos problemas relacionados às causas de falha no processo, impossibilitadas pela duração disponível para execução deste projeto, (ii) implementação de melhorias a partir dos outros problemas identificados na seção 4.4 e (iii) aplicação da ferramenta DMAIC em outros ambientes da indústria alimentícia de modo a disseminar os seus fundamentos à literatura e praticantes.

### Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio recebido para o desenvolvimento desta pesquisa.

### REFERÊNCIAS

- Al-Aomar, R., Al-Saberi, A., Al-Ameri, M., Al-Wahedi, A., & Eke, K. (2017). Six sigma application to food and beverage testing services. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(4), 819–824. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2017.819.824>
- Al-Aomar, R., & Hussain, M. (2019). Exploration and prioritization of lean techniques in a hotel supply chain. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 375–396. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2017-0119>
- Al-Samarraie, H., & Hurmuzan, S. (2018). A review of brainstorming techniques in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, 27(October 2017), 78–91. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.12.002>
- Alexander, P., Antony, J., & Rodgers, B. (2019). Lean Six Sigma for small- and medium-sized manufacturing enterprises: a systematic review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 36(3), 378–397. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2018-0074>
- Álvarez, E.A., Lozano, J.P., & Sampayo, E.F. (2017). Waste reduction in a toast production line using Six sigma methodology. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 33–45.
- C.R, A., & Thakkar, J.J. (2019). Application of Six Sigma DMAIC methodology to reduce the defects in a telecommunication cabinet door manufacturing process: A case study. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 36(9), 1540–1555. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2018-0344>
- Costa, L.B.M., Godinho Filho, M., Fredendall, L.D., & Ganga, G.M.D. (2020). The effect of Lean Six Sigma practices on food industry performance: Implications of the Sector's experience and typical characteristics. *Food Control*, 112(November 2019), 107110. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107110>
- Costa, L.B.M., Godinho Filho, M., Fredendall, L.D., & Gómez Paredes, F.J. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science and Technology*, 82(October), 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Desai, D.A., Kotadiya, P., Makwana, N., & Patel, S. (2015). Curbing variations in packaging process through six sigma way in a large-scale food-processing industry. *Journal of Industrial Engineering International*, 11(1), 119–129. <https://doi.org/10.1007/s40092-014-0082-6>

- Fernandes, S.E., & Jain, S. (2015). Reducing aflatoxins failures in chilli across the value Chain. *IEOM 2015 - 5th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Proceeding. <https://doi.org/10.1109/IEOM.2015.7093850>
- Fink, A. (2019). *Conducting research literature reviews: From the internet to paper* (Fifth edit). Sage publications, Inc.
- Francisco, M.G., Canciglieri Junior, O., & Sant'Anna, Â.M.O. (2020). Design for six sigma integrated product development reference model through systematic review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(4), 767–795. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2019-0052>
- Guo, W., Jiang, P., Xu, L., & Peng, G. (2019). Integration of value stream mapping with DMAIC for concurrent Lean-Kaizen: A case study on an air-conditioner assembly line. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(2), 1–17. <https://doi.org/10.1177/1687814019827115>
- Gürel, E., & Tat, M. (2017). SWOT Analysis: a theoretical review. *The Journal of International Social Research*, 10(51). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2017.1832>
- Hung, H.C., & Sung, M.H. (2011). Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, 6(3), 580–591. <https://doi.org/10.5897/SRE10.823>
- Hussain, M., Ajmal, M.M., Gunasekaran, A., & Khan, M. (2018). Exploration of social sustainability in healthcare supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 203, 977–989. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.157>
- Ibarra, J.D., Robles, A., Montemayor, A., Iñiguez, A., Blanco, A., & Torrecillas, A. (2019). A lean six sigma project to reduce waste and variability in a confectionery manufacturing. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018, 631–641.
- Kambli, A., Sinha, A.A., & Srinivas, S. (2020). Improving campus dining operations using capacity and queue management: A simulation-based case study. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 43(January), 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2020.02.008>
- Kehinde, T.O., Oluleye, A.E., Olaleye, K.J., & Jegede, S.L. (2019). Six sigma approach in safety management of a production firm. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 12(10), 1654–1663.
- Kolawole, O.A., Mishra, J.L., & Hussain, Z. (2021). Addressing food waste and loss in the Nigerian food supply chain: Use of Lean Six Sigma and Double-Loop Learning. *Industrial Marketing Management*, 93(May 2020), 235–249. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.01.006>
- Kotsanopoulos, K.V., & Arvanitoyannis, I.S. (2017). The Role of Auditing, Food Safety, and Food Quality Standards in the Food Industry: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 760–775. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12293>
- Krotov, V. (2019). Predicting the future of disruptive technologies: The method of alternative histories. *Business Horizons*, 62(6), 695–705. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.07.003>
- Kumar, M.B., & Parameshwaran, R. (2020). A comprehensive model to prioritise lean tools for manufacturing industries: A fuzzy FMEA, AHP and QFD-based approach. *International Journal of Services and Operations Management*, 37(2), 170–196. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2020.110337>
- Laureani, A., & Antony, J. (2019). Leadership and Lean Six Sigma: a systematic literature review. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(1–2), 53–81. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1288565>
- Li, N., Laux, C.M., & Antony, J. (2019). How to use lean Six Sigma methodology to improve service process in higher education: A case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(4), 883–908. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2018-0133>
- Lobo, C.V.F., Calado, R.D., & Conceição, R.D.P. da. (2018). Evaluation of value stream mapping (VSM) applicability to the oil and gas chain processes. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(2), 309–330. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2018-0049>
- Machfud, & Atika, N. (2020). Application of six sigma method to minimize risk of rejection product: A case in cheese industry of company X. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 472(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/472/1/012058>

- Maheshwar, G. (2012). Application of Six Sigma in a small food production plant of India: A case study. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 7(2-4), 168-180. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2012.053446>
- Mello, C.H.P., Turrioni, J.B., Xavier, A.F., & Campos, D.F. (2012). Pesquisa-ação na Engenharia de Produção: Proposta de Estruturação para sua Condução. *Produção*, 22(1), 1-13. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000056>
- Miguel, P.A.C., Fleury, A., Mello, C.H.P., Nakano, D.N., Lima, E.P. de L., Turrioni, J.B., Ho, L.L., Morabito, R., Martins, R.A., Sousa, R., Costa, S.E.G., & Pureza, V. (2012). *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações* (2nd ed.). Elsevier Editora Ltda.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D.G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *The Bmj - Research Methods and Reporting*, 339(jul21 1), b2535-b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Mousavi Isfahani, H., Tourani, S., & Seyedin, H. (2019). Lean management approach in hospitals: a systematic review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 161-188. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2017-0051>
- Mueller, P.S., & Cross, J.A. (2020). Factors impacting individual Six Sigma adoption. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(1), 57-83. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2018-0040>
- Muganyi, P., Madanhire, I., & Mbohwa, C. (2018). Business survival and market performance through Lean Six Sigma in the chemical manufacturing industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 566-600. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0064>
- Nandakumar, N., Saleeshya, P.G., & Harikumar, P. (2020). Bottleneck identification and process improvement by lean six sigma DMAIC methodology. *IconAMMA 2018*, 24, 1217-1224.
- ONU. (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision. <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>
- Paes, L.A.B., Bezerra, B.S., Deus, R.M., Jugend, D., & Battistelle, R.A.G. (2019). Organic solid waste management in a circular economy perspective – A systematic review and SWOT analysis. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118086. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118086>
- Parmar, P.S., & Desai, T.N. (2019). A systematic literature review on Sustainable Lean Six Sigma: Current status and future research directions. *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 11, Issue 3). <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2018-0092>
- Patyal, V.S., Modgil, S., & Koilakuntla, M. (2020). Application of Six Sigma methodology in an Indian chemical company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(2), 350-375. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2019-0128>
- Pereira, A.M.H., Silva, M.R., Domingues, M.A.G., & Sá, J.C. (2019). Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study. *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 103-121. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I3.1334>
- Powell, D., Lundebey, S., Chabada, L., & Dreyer, H. (2017). Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(1), 53-64. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0024>
- Prajapati, D., & Suman, G. (2019). Six sigma approach for neonatal jaundice patients in an Indian rural hospital – a case study. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 33(1), 36-51. <https://doi.org/10.1108/IJHCQA-07-2019-0135>
- Prashar, A. (2020). Adopting Six Sigma DMAIC for environmental considerations in process industry environment. *TQM Journal*, 32(6), 1241-1261. <https://doi.org/10.1108/TQM-09-2019-0226>
- Rashidi, K., Noorizadeh, A., Kannan, D., & Cullinane, K. (2020). Applying the triple bottom line in sustainable supplier selection: A meta-review of the state-of-the-art. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122001. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122001>
- Rathilall, R., & Singh, S. (2018). A lean six sigma framework to enhance the competitiveness in selected automotive component manufacturing organisations. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 21(1), 1-13. <https://doi.org/10.4102/sajems.v21i1.1852>

- Raval, S.J., Kant, R., & Shankar, R. (2019). Benchmarking the Lean Six Sigma performance measures: a balanced score card approach. *Benchmarking*, 26(6), 1921–1947. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2018-0160>
- Reim, W., Parida, V., & Ortqvist, D. (2015). Product e Service Systems (PSS) business models and tactics e a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 97, 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.003>
- Sharma, Y.K., Mangla, S.K., Patil, P.P., & Liu, S. (2019). When challenges impede the process: For circular economy-driven sustainability practices in food supply chain. *Management Decision*, 57(4), 995–1017. <https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-1056>
- Singh, M., & Rath, R. (2018). A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors. *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 10, Issue 2). <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2018-0018>
- Sordan, J.E., Chakraborti, S., & Oprime, P. C. (2020). Reducing the percentage of broken drops using the lean six sigma methodology. *Proceedings of the 4th ICQEM Conference*, September, 650.
- Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. R., & Sugumaran, C. (2016). Six Sigma through DMAIC phases: A literature review. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 17(2), 236–257. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2016.074462>
- Stanivuk, T., Gvozdenović, T., Mikuličić, J. Ž., & Lukovac, V. (2020). Application of Six Sigma model on efficient use of vehicle fleet. *Symmetry*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/SYM12050857>
- Ťavodová, M., Náprstková, N., Hnilicová, M., & Beňo, P. (2020). Quality Evaluation of Welding Joints by Different Methods. *FME Transactions*, 48(4), 816–824. <https://doi.org/10.5937/fme2004816T>
- Thiollent, M. (1986). *Metodologia da Pesquisa-Ação* (2nd ed.). Editora Cortez. Editora Autores Associados. <https://doi.org/10.1590/S1517-74912003000500011>
- Thiollent, M., & Silva, G.D.O. (2007). Metodologia de Pesquisa-ação na Área de Gestão de Problemas Ambientais. *Reciis*, 1(1), 93–100. <https://doi.org/10.3395/reciis.v1i1.37pt>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review\*. *British Journal of Management*, 14, 207–222.
- Uluskan, M. (2016). A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(4), 406–429. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2015-0040>
- Uluskan, M. (2019). Design of Experiments Based Six Sigma DMAIC Application: Electrostatic Powder Coating Process. *3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, ISMSIT 2019 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ISMSIT.2019.8932943>
- Uluskan, M., & Oda, E.P. (2020). A thorough Six Sigma DMAIC application for household appliance manufacturing systems: Oven door-panel alignment case. *TQM Journal*, 32(6), 1683–1714. <https://doi.org/10.1108/TQM-06-2019-0171>
- Vanany, I., Hua Tan, K., Siswanto, N., Arvitrida, N.I., & Pahlawan, F.M. (2020). Halal six sigma framework for defects reduction. *Journal of Islamic Marketing*. <https://doi.org/10.1108/JIMA-11-2019-0232>
- Vergara, F., Mancheno, X., Escobar-Segovia, K., & Barcia-Villacreses, K. (2019). Improvement of the calculation of the overall equipment efficiency indicator (OEE) using the six sigma methodology, in a balanced food production plant in Durán - Ecuador. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 2019-July (July 2019), 24–26. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.291>
- Voss, C., Tsikriktsis, N., & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 195–219. <https://doi.org/10.1108/01443570210414329>
- Wei, C.C., & Cheng, Y.L. (2020). Six Sigma project selection using fuzzy multiple attribute decision-making method. *Total Quality Management and Business Excellence*, 31(11–12), 1266–1289. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1473029>
- Yin, R.K. (2017). *Case study research and applications: design and methods* (Sixth edit). Sage publications.
- Zhou, B., Wu, Y., He, H., Li, C., Tan, L., & Cao, Y. (2020). Practical application of Six Sigma management in analytical biochemistry processes in clinical settings. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 34(1), 1–10. <https://doi.org/10.1002/jcla.23126>