



APLICAÇÃO INTEGRADA DE ELEMENTOS DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DA INDISPONIBILIDADE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NO SETOR DE ALIMENTOS

David Jorge da Silva (Universidade Federal de Pernambuco)
davidjorge_sax@hotmail.com

Milene Karolyne de Souza (Universidade Federal de Pernambuco)
milenekarolyne@gmail.com

Renata Maciel de Melo (Universidade Federal de Pernambuco)
renatamaciel0@gmail.com

A metodologia DMAIC tem forte potencial para auxiliar a estruturação de problemas organizacionais e apoiar a obtenção de soluções para tais problemas. É considerada uma metodologia chave para o sucesso de iniciativas de melhorias que visam a redução de falhas e busca do aumento de produtividade. A aplicação desta se deu em uma indústria do setor alimentício, localizada na região do agreste do estado de Pernambuco, numa linha de biscoitos do tipo laminado, mais precisamente no setor de embalagens. Com sua aplicação foram obtidas melhorias significativas, com uma redução expressiva nas taxas de indisponibilidade da linha, havendo uma redução de 58%. E, também, foram percebidos aumentos de produtividade significativos em relação aos produtos processados na linha em questão, com uma faixa de aumento de produtividade entre 12 e 32%. Apesar do DMAIC ser um dos elementos da metodologia maior Seis Sigma, o mesmo quando bem conduzido e com a utilização integrada de Ferramentas da Qualidade pode trazer bons resultados para a organização. A utilização assertiva de Ferramentas e técnicas da Qualidade como o Gráfico de Pareto, a Matriz G.U.T., o Diagrama de Ishikawa, e o brainstorming, por exemplo, pode preparar a empresa para futuras melhorias, como também a metodologia Seis Sigma em sua totalidade.

Palavras-chave: gestão da qualidade, DMAIC, melhoria contínua, setor alimentício.

1. Introdução

Segundo Campos (2016), o setor de alimentos e bebidas brasileiro representa aproximadamente 10% do total do Produto Interno Bruto – PIB do país e é internacionalmente conhecido pelo seu desenvolvimento e estrutura. Esse setor contribui fortemente com a economia brasileira e tem grande potencial para fortalecer ainda mais, porém, assim como em qualquer outro setor, necessita de sustentações estratégicas no que se refere a seus custos e sua produtividade (COSTA e SILVA, 2018). Como resultado, segundo Kardec e Nascif (2004), as organizações vêm buscando obstinadamente novas ferramentas de gerenciamento com o intuito de serem direcionadas para uma maior competitividade através de uma maior qualidade de seus produtos e produtividade de seus processos e serviços.

Em setores de manufatura com procedimentos de vários estágios e que exigem uma alta velocidade, as paradas de linha de produção podem ser caras e adicionar uma fabricação de resíduos indesejáveis. Para evitar essas falhas aleatórias e o seu impacto na eficiência dos processos, é necessário o uso de técnicas, ferramentas e metodologias alinhadas a uma gestão eficaz. Nesse cenário, como exposto por Carroll (2016), os processos seis sigma têm se mostrado excelentes ferramentas para tornar processos mais eficientes e eficazes, fornecer melhores produtos aos clientes e com preços mais competitivos.

Sin et al. (2015) afirmam que a implementação de melhoria de processos, no que se refere ao uso do seis sigma, conta com a metodologia DMAIC que diz respeito a uma sequência de etapas capazes de conduzir de forma sistemática um estudo de melhoria. Essas etapas são: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Shankar (2009) afirma que o seu uso irá colocar a organização em uma posição competitiva, já que as soluções resultantes irão minimizar ou eliminar o problema.

Assim sendo, o uso dessa metodologia é capaz de estruturar um problema e facilitar a busca de soluções através de ferramentas integradas a um sequenciamento de passos bem definidos, apresentando a capacidade de apoiar gestores de indústrias que necessitam agir rápido e de forma disciplinada, como é o caso da indústria de alimentos.

Diante disso, o presente trabalho fornece a utilização do DMAIC como metodologia de apoio para redução do tempo de linha parada, de biscoitos laminados, em uma indústria localizada no agreste de Pernambuco a fim de aumentar a disponibilidade desta.

2. Revisão da Literatura

2.1. Seis Sigma

Segundo Rodrigues (2014), a metodologia Seis Sigma (do inglês, *Six Sigma*) tem sido o caminho escolhido pelas maiores empresas mundiais na busca do sucesso organizacional, traduzido como: maior rentabilidade e produtos de maior qualidade. O seu principal objetivo é aumentar o lucro de uma empresa a partir da redução da variabilidade, dos defeitos e dos desperdícios que prejudicam a fidelidade do cliente; além do aumento da qualidade (NANDAKUMAR et al., 2020).

Essa metodologia nasceu em meados de 1980, na Motorola, nos Estados Unidos. Porém, tem-se historicamente que a sua raiz original foi encontrada no livro *Quality is Free* escrito pelo autor e “guru” da qualidade Philip Crosby em 1979. Uma das contribuições, advindas do livro citado, foi o conceito de “zero defeito”, que é a filosofia adotada pelo Seis Sigma. A partir de uma profunda melhoria em seu nível de qualidade, a Motorola lançou oficialmente em 1987 o programa Seis Sigma como um conjunto de ações de melhorias (HARRY e SCHROEDER, 2000).

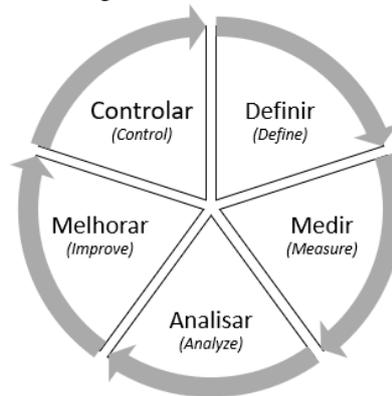
Vale salientar que o DMAIC é a abordagem padrão para a condução dos projetos seis sigma de melhoria de desempenho de produtos e processos, como abordado em Werkema (2014).

2.2. A metodologia DMAIC

A metodologia DMAIC pode ser definida como um procedimento estruturado de melhoria que, originalmente, foi apresentado no conceito Seis Sigma e concebido para projetos relacionados à Gestão da Qualidade. Kwak e Anbari (2006) argumentam que o ciclo DMAIC é um processo de *loop* fechado capaz de eliminar etapas improdutivas e sendo focado, frequentemente, em novas medições e na aplicação de tecnologia para a melhoria contínua.

Cada uma das letras na nomenclatura DMAIC representa uma etapa do processo, descritas na tabela 1, de evolução de um projeto qualquer em questão. De forma sequencial, tem-se: D (*Define*), M (*Measure*), A (*Analyze*), I (*Improve*) e C (*Control*). Na figura 1 pode ser visto o ciclo que representa a metodologia.

Figura 1 - Ciclo DMAIC



Fonte: Os autores (2020)

Tabela 1 – Etapas do DMAIC

Letra	Etapa	Atividade
D	Definir	Definir com precisão o escopo do projeto.
M	Medir	Determinar a localização ou foco do problema.
A	Analisar	Determinar as causas de cada problema prioritário
I	Melhorar	Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário.
C	Controlar	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

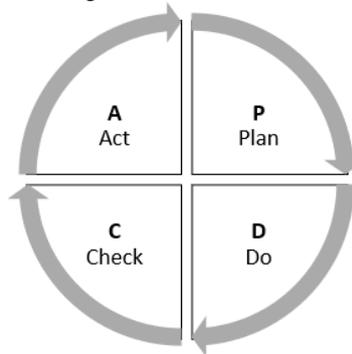
Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

Essa sequência de passos bem definidos e a possibilidade da integração de diversas ferramentas, fornece uma capacidade empresarial de atingir em projetos resultados significativos e estratégicos de maneira sistemática.

2.3. A relação entre o DMAIC e o Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA trata-se de um clássico método de gestão dividido em etapas que apresentam um caminho a seguir para que metas, previamente estabelecidas, sejam devidamente alcançadas (WERKEMA, 2004). O Ciclo pode ser visto na figura 2 e suas etapas na tabela 2.

Figura 2 - Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Werkerma (2013)

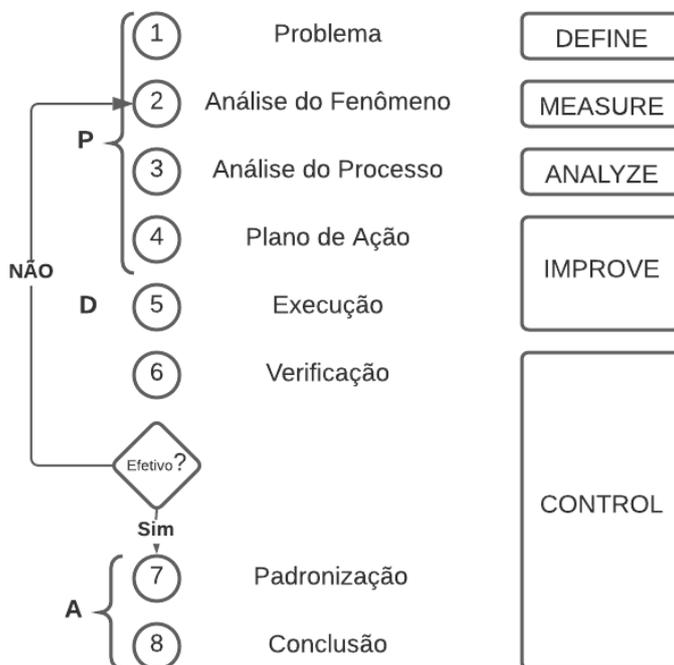
Tabela 2- Etapas do PDCA

Letra	Etapa	Atividade
P	Planejamento	Identificação do problema, reconhecimento das características desse problema, análise do processo ou descoberta das causas principais que impedem o atingimento das metas e o estabelecimento de um plano de ação voltado para as causas principais.
D	Execução	Atuação de acordo com o plano de ação desenvolvido para bloquear as causas fundamentais.
C	Verificação	Verificação com o intuito de confirmar a efetividade do plano de ação. Caso o bloqueio não tenha sido efetivo, voltar para a etapa P.
A	Ação	Duas etapas: padronização e conclusão. Na etapa de padronização, se o bloqueio tiver sido efetivo, é realizada a eliminação definitiva das causas de forma com que o problema não reapareça. Já na etapa de conclusão, ocorre a revisão das atividades e planejamento para próximos trabalhos.

Fonte: Adaptado de Campos (1992)

Como comenta Werkema (2013), existe uma grande correspondência entre o DMAIC e o Ciclo PDCA que pode ser observada na figura 3.

Figura 2 - Correspondência entre o DMAIC e o PDCA



Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

O DMAIC aborda o planejamento de forma mais enfática, imprimindo-lhe algumas vantagens em relação não só ao PDCA como a outros métodos normalmente aplicados para a análise de solução de problemas.

2.4. Uso da metodologia DMAIC no setor de alimentos

A indústria de alimentos é um importante setor da economia brasileira que necessita de uma atenção por enfrentar muitos desafios relacionados a necessidade de oferecer uma ampla gama de produtos, com prazos curtos de entrega e baixo custo. De acordo com Costa et al. (2018), iniciativas de melhoria contínua podem ajudar essa indústria a gerenciar seus desafios. Os autores afirmam que a tendência ao uso de técnicas, metodologias e ferramentas de melhoria contínua, incluindo o DMAIC, na indústria de alimentos tem crescido.

Hakimi, Zahraee e Rohani (2018), por exemplo, realizaram uma aplicação da metodologia DMAIC no processo de produção de iogurte natural. Já Souza et al. (2017), realizaram a aplicação do DMAIC integrada a análise de falhas de embalagens metálicas na indústria de conservas. Hung e Sung (2011), apesar de perceberem uma certa dificuldade devido, principalmente, ao nível educacional dos trabalhadores, à não familiaridade com análises

estatísticas e pouco conhecimento em atividades de melhoria da qualidade, conseguiram resultados significativos na aplicação da metodologia numa indústria de alimentos em Taiwan.

2.5. Principais ferramentas atreladas ao DMAIC

A seguir, são apresentadas as principais ferramentas que foram utilizadas no estudo de caso.

2.5.1. Brainstorming

O Brainstorming tem como objetivo auxiliar grupos de pessoas a produzirem ideias em um espaço de tempo, considerado curto. Trata-se de uma ferramenta muito utilizada para obter soluções para problemas, realizando levantamento de ideias de uma forma democrática e com exposição de sugestões. (CARPINETTI, 2012; TOLEDO et al., 2014).

2.5.2. Carta do Projeto (*Project Chart*)

A Carta do Projeto, do inglês *Project Chart*, ou também conhecido como Termo de Abertura do Projeto, inclui a justificativa do projeto, as principais entregas e os objetivos do projeto. Esse documento é usado para facilitar a comunicação com as partes interessadas e permitir o gerenciamento do escopo do projeto, conforme avança (PYZDEK, 2003).

2.5.3. Gráfico de Pareto

Os gráficos de Pareto, por similaridade ao original, desenvolvido em meados de 1987, podem ser utilizados para diversas aplicações. O gráfico original foi criado para representar a distribuição de renda do país onde Pareto residia, e com ele percebeu-se que 80% de toda riqueza nacional estava concentrada nas mãos de apenas 20% da população, uma parcela muito pequena. Dessa forma, por analogia, pode-se mostrar que os principais defeitos em uma determinada operação, de um processo produtivo, podem ser derivados de um pequeno número de causas (CARVALHO e CARPINETTI, 2016).

2.5.4. Matriz G.U.T

A Matriz G.U.T é uma ferramenta de apoio para soluções de problemas, estabelecimento de estratégias, desenvolvimento de projetos, tomada de decisões. E, sua sigla G.U.T significa Gravidade, Urgência e Tendência, respectivamente (PESTANA et al., 2016). A definição de cada um desses critérios pode ser vista na tabela 3, abaixo.

Tabela 3 – Conceito dos critérios (Matriz GUT)

G	Gravidade	Impacto do problema sobre as coisas, pessoas, resultados, processos ou organizações e efeitos que surgirão em longo prazo, caso o problema não seja resolvido
U	Urgência	Relação com o tempo disponível ou necessário para resolver o problema
T	Tendência	Potencial de crescimento do problema, avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema

Fonte: Adaptado de Daychaum (2007)

Cada um dos problemas avaliados deve ser associado a cada um desses critérios citados na tabela 3 e devem ser atribuídas pontuações para que seja possível realizar a priorização. Na tabela 4 podem ser vistas pontuações padrão.

Tabela 4 - Pontuação (Matriz GUT)

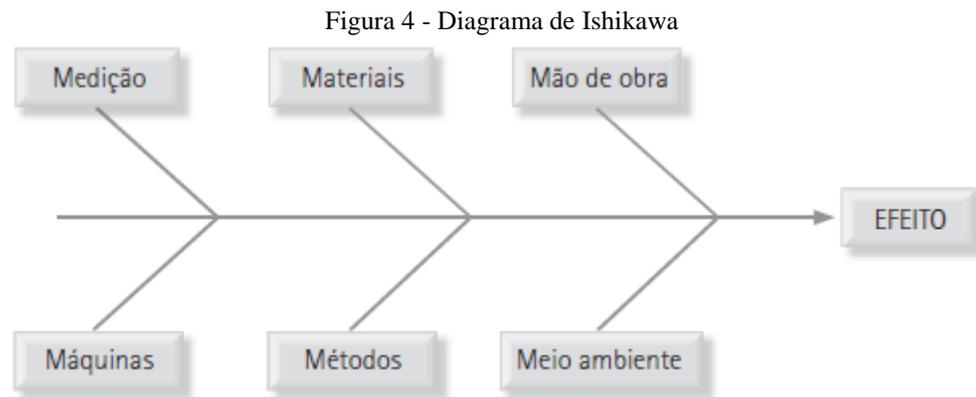
Pontuação	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Imediata	Piorar rapidamente
4	Muito grave	Com alguma urgência	Piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais cedo possível	Piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pode esperar um pouco	Piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar

Fonte: Adaptado de Daychaum (2007)

De acordo com Fáveri e Silva (2016), essa ferramenta auxilia o gestor através de um escalonamento, identificando quais problemas podem ser solucionados primeiro, com o diferencial de uma certa simplicidade de aplicação, atribuindo valores para cada situação de maneira objetiva.

2.5.5. Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa (figura 4), também chamado de digrama de causa e efeito ou espinha de peixe, é usado para identificar as causas de um desvio da qualidade, denominado efeito. Vale salientar que essa identificação de causas também pode ser aplicada a algo positivo. E, normalmente em ambos os casos, para construir o diagrama são usados os 6Ms, que são: mão de obra (pessoas), materiais (componentes), máquinas (equipamentos), métodos, meio ambiente e medição (MELLO, 2011).



Fonte: Adaptado de Mello (2011)

3. Metodologia

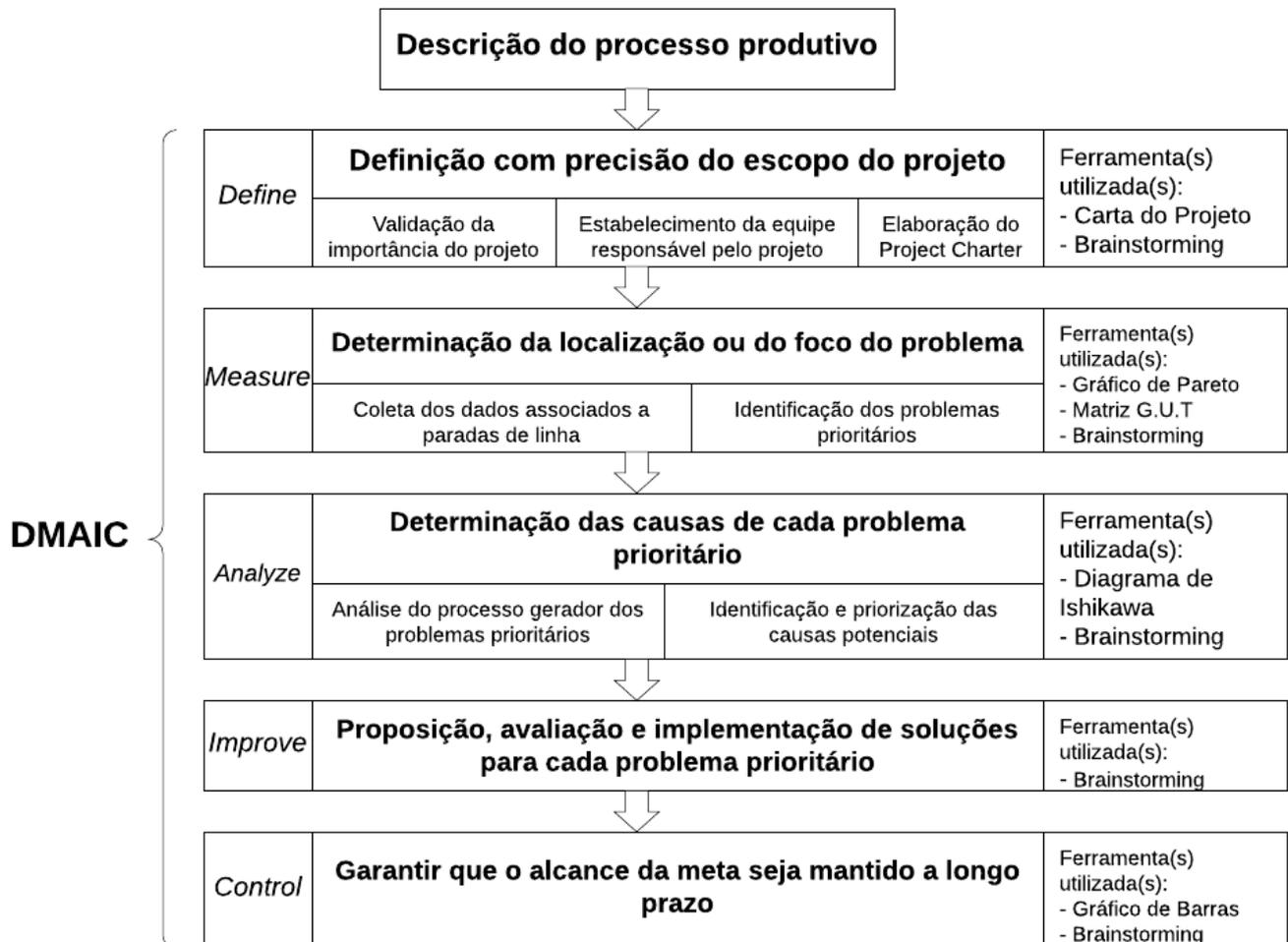
O trabalho em questão é caracterizado como estudo de caso pelo fato de investigar um determinado fenômeno dentro de um contexto real; A pesquisa é considerada como “quali-quantitativa” pois engloba tanto aspectos qualitativos quanto quantitativos; além disso, é tida como pesquisa aplicada, pois, objetiva a geração de conhecimentos envolvendo aplicações práticas dirigidos a soluções de problemas específicos.

O instrumento de coleta de dados consistiu em relatórios gerenciais, acesso ao sistema de informação da empresa e registro de dados e informações apontados pela Gestão de Processos Operacionais - GPO. A fim de fundamentar o estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em periódicos nacionais e internacionais, além de livros e artigos em geral.

A aplicação do estudo foi estruturada considerando a sequência de passos pré-definida pela própria metodologia DMAIC e com o intuito de demonstrar de forma clara tais passos, realizados no estudo, segue abaixo um fluxograma disposto na figura 5.

Após a descrição do processo produtivo, com o intuito de situar o leitor na problemática, foi definido o escopo do projeto em questão, a partir da validação da importância do projeto, estabelecimento da equipe responsável e elaboração do *Project Chart*. Por conseguinte, foi determinada a localização/foco do problema através da coleta dos dados associados a linha de produção de biscoitos laminados e foram identificados os problemas prioritários. Após isso, na etapa de análise, foram determinadas as causas de cada problema prioritário junto com a equipe e houve uma priorização das causas potenciais, além de uma análise a respeito do processo gerador de tais causas. Por fim, foram definidas propostas de soluções e melhoria, além de meios de garantir o mantimento das melhorias propostas a longo prazo. A metodologia é finalizada com um momento de avaliação dos resultados e discussões a respeito de todo o estudo.

Figura 5 - Fluxograma de etapas da metodologia



4. Estudo de caso

A empresa em questão trata-se de uma indústria do setor alimentício, localizada no agreste pernambucano, considerada de grande porte, segundo classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por possuir mais de 500 colaboradores. É produtora de uma vasta linha de produtos, sendo eles segregados em: biscoitos, massas, cafés, mistura para bolo e salgadinhos.

Dentre as linhas de produção, o estudo concentra-se na de biscoitos laminados devido à alta taxa de indisponibilidade, consequente das paradas de linha.

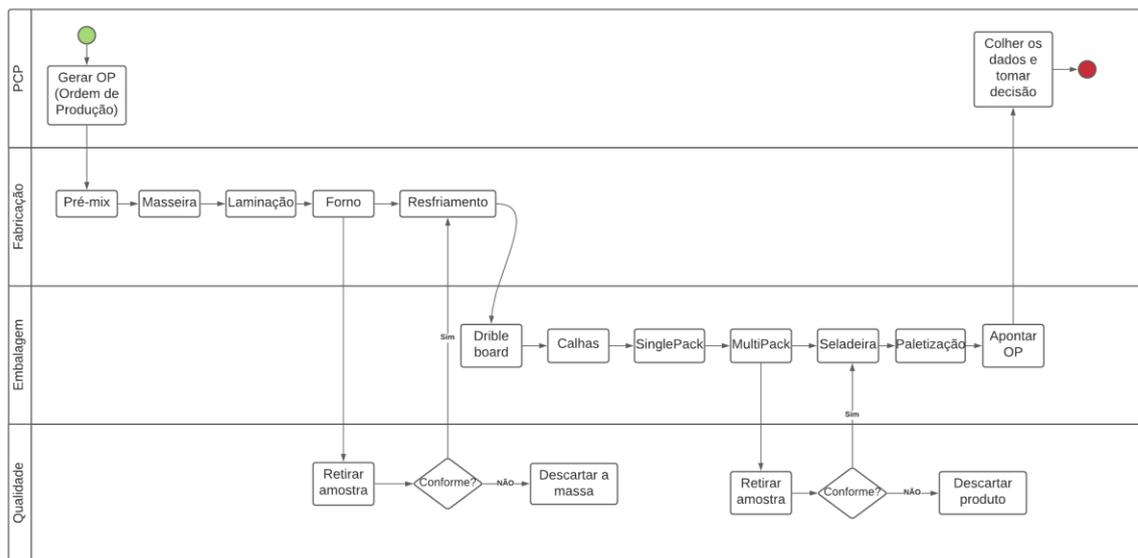
4.1 Descrição do processo produtivo

O processo de produção de biscoitos, tipo laminado, inicia-se com o pré-mix onde realiza-se a pesagem dos micros ingredientes. Em seguida, os materiais são transferidos para a masseira para homogeneizar a mistura de todos os ingredientes (micros e macros, dosados diretamente pelo sistema). Logo após, na etapa de laminação, a massa é modelada através de rolos redutores até atingir a espessura adequada, para então ser estampada e receber o devido corte. A alimentação contínua de massa, a velocidade da esteira e a velocidade dos rolos laminadores devem ser cuidadosamente controlados.

Seguidamente, ocorre o processo de forneamento, que se divide basicamente em cinco zonas: primeira e segunda zonas têm por objetivo a expansão do biscoito, a terceira zona visa a máxima retirada de água e as duas últimas zonas estão atreladas a formação da cor. Nessa etapa são retiradas amostras, pelo setor de Qualidade, para verificar a conformidade em relação a alguns parâmetros, como a umidade. Em caso de não conformidade, a massa deverá ser descartada. Após o forneamento, é realizada a etapa de resfriamento em que o biscoito entra em contato com o ambiente e resfria de forma natural. Logo em seguida, os biscoitos entram na seção de embalagem, primeiramente na etapa do *Dribble board*, responsável por separar e enfileirar os biscoitos nas respectivas calhas de direcionamento. Essas calhas vibratórias movimentam os biscoitos para a primeira embalagem, a *SinglePack*. Após realizar as embalagens individuais, são realizadas as embalagens secundárias, através da *Multipack*. Nesse momento, novamente são coletadas amostras para verificar a conformidade do produto. O processo é finalizado com a seladeira que completa o processo de embalagem e a devida paletização.

Por fim, numa certa periodicidade, é feito o apontamento de tudo que foi produzido a fim de fornecer dados e informações para o setor de PCP, responsável por tomar decisões atreladas a programação e controle da produção. O fluxograma, disposto na figura 6, retrata todo o processo produtivo do biscoito laminado, levando em consideração a participação dos setores de PCP e Qualidade.

Figura 6 - Fluxograma do processo produtivo

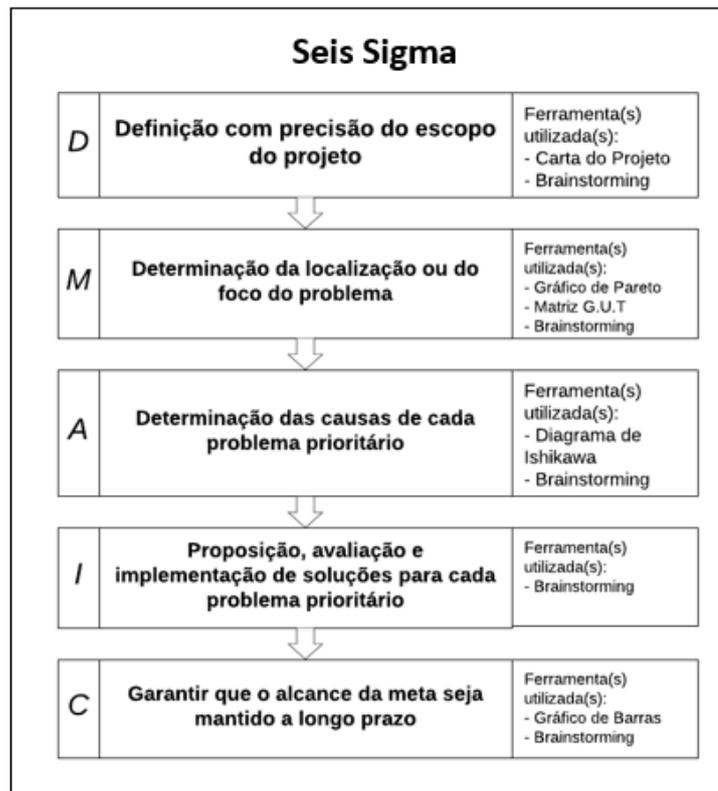


Fonte: Os autores (2021)

4.2 Aplicação do DMAIC

O DMAIC, aqui apresentado, contempla as seguintes ferramentas: *brainstorming*, carta do projeto, gráfico de Pareto, matriz G.U.T., diagrama de Ishikawa e gráfico de barras. Na figura 7 estão relacionadas as ferramentas com as etapas do DMAIC em que tais ferramentas foram utilizadas. É importante deixar claro que na empresa em questão, não há uma equipe formalizada de Seis Sigma e que o uso das ferramentas de forma integrada ao DMAIC foi utilizado estrategicamente para inserir a empresa no contexto da metodologia e prepará-la para um futuro uso da metodologia Seis Sigma por completo, que exige uma complexidade maior.

Figura 7 - Seis Sigma, DMAIC e Ferramentas



Fonte: Os autores (2021)

4.2.1. Definir

Primeiramente, foi definida uma equipe de trabalho multidisciplinar composta por seis integrantes, sendo um *champion*, um líder, três membros e um suporte. O projeto foi realizado no setor de embalagem da linha de fabricação de biscoitos laminados, contemplando desde a etapa de *Dribble board* até a Seladora de caixas, por ser um setor considerado mais crítico, já que baseado nos dados fornecidos pela equipe de GPO, apenas no mês de janeiro do ano de 2020, foram quantificadas 115 horas e 49 minutos de paradas de linha, representando 33% de indisponibilidade. Os objetivos foram o aumento da disponibilidade das máquinas na linha em questão, identificação das principais causas das paradas e aumento da eficiência de produção. Intentando resumir o escopo do projeto foi elaborado um Project Charter, que pode ser visto na tabela 5.

Tabela 5 – Project Charter

Carta do Projeto (Project Charter)
Descrição do problema

Na linha de produção de biscoitos laminados, as paradas de produção advindas da seção de embalagem foram declaradas como um problema crítico na rotina dos trabalhos, inviabilizando o cumprimento do planejamento da produção e, conseqüentemente, comprometendo o atendimento da demanda.

Meta

Diminuir a indisponibilidade da linha de produção para, no mínimo, 16,5%, significando uma diminuição de 50% do total das horas paradas num período de 05 meses (janeiro/2020 à maio/2020)

Restrição do projeto

Apenas a seção de embalagem será contemplada

Membros da equipe

01 *champion*, 01 líder, 03 membros, 01 suporte

Benefícios esperados

Diminuição de paradas de linha, com conseqüente aumento de produtividade e redução de perdas associadas

Fonte: Os autores (2021)

4.2.2. Medir

Inicialmente, foi realizado um *brainstorming* para definir um cenário ideal a respeito do desenvolvimento do projeto. Logo, no geral, estabeleceu-se como cenário ideal a identificação das principais causas das paradas de máquinas, uma maior redução de perdas de embalagem, a obtenção de uma maior quantidade de produto acabado e o melhor desempenho dos três principais fatores: embalagem, operação e máquina.

Para levantamento dos principais problemas ou motivos relacionados as paradas de linha, foi realizado outro *brainstorming* e levantados 31 problemas/motivos, ao todo. Dessa quantidade, ficou pré-definido que 13 desses problemas poderiam ser considerados como representativos, já que alguns foram considerados redundantes. Tais problemas/motivos podem ser vistos na tabela 6.

Tabela 6 - Principais problemas/motivos das paradas de linha

Principais Problemas
- Setup
- Manutenção mecânica de embalagem corretiva
- Administrativa
- Material não conforme
- Manutenção mecânica corretiva
- Parada operacional
- Utilidades externas

- Manutenção elétrica
- Organização do setor
- Início da produção
- Manutenção mecânica retomada de produção
- Manutenção elétrica retomada de produção
- Manutenção mecânica de embalagem retomada de produção

Fonte: Os autores (2021)

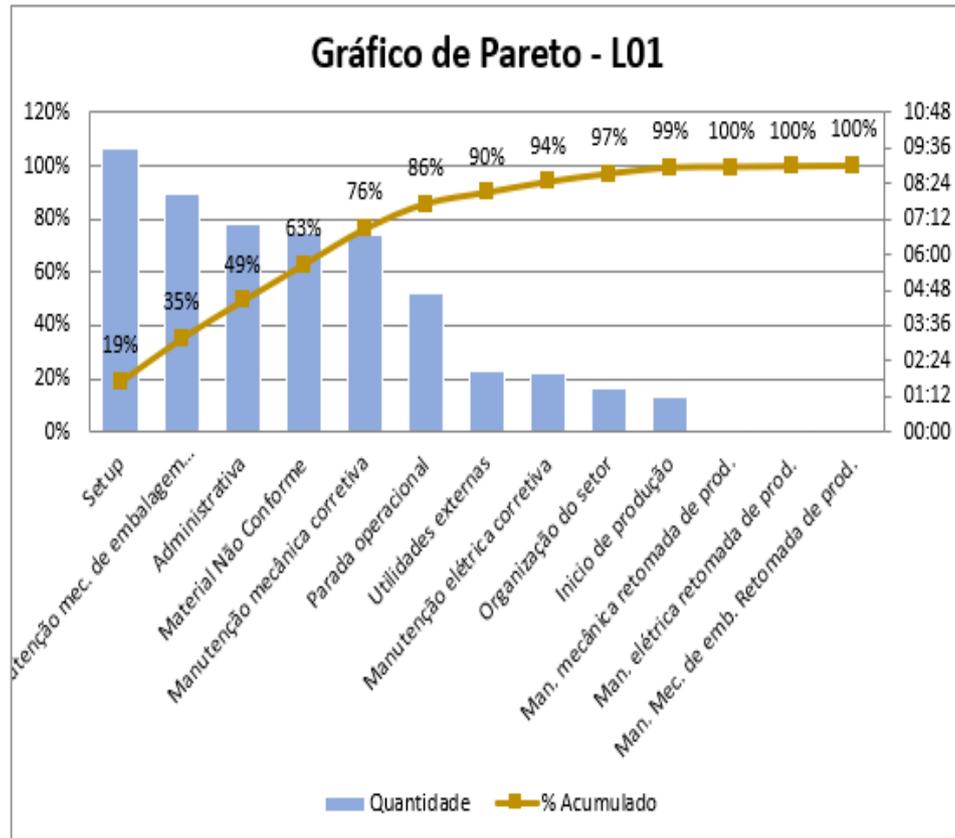
Estabelecidos os principais problemas, foram realizadas medições para quantificar as horas de linha parada, num intervalo de aproximadamente 01 mês, considerando o planejamento da produção. Na tabela 7 pode ser visto a quantidade de horas de parada de linha associadas a cada um dos motivos, além do percentual representativo e o percentual acumulado, visto que os dados foram utilizados como *inputs* para a obtenção do Gráfico de Pareto, figura 8, para realizar uma priorização dos problemas.

Tabela 7 - Horas paradas X problema/motivo

Problema/motivo	Parada de linha (h)	%	% Acumulado
Setup	09:35	19%	19%
Manutenção mec. de embalagem corretiva	08:05	16%	35%
Administrativa	07:00	14%	49%
Material não conforme	06:45	14%	63%
Manutenção mec. corretiva	06:40	13%	76%
Parada operacional	04:42	9%	86%
Utilidades externas	02:05	4%	90%
Manutenção elétrica	02:00	4%	94%
Organização do setor	01:30	3%	97%
Início de produção	01:10	2%	99%
Manutenção mec. Retomada de produção	00:07	0%	100%
Man. elétrica retomada de produção	00:07	0%	100%
Man. mecânica de embalagem retomada de produção	00:05	0%	100%
Total	49:51:00	100%	-

Fonte: Os autores (2021)

Figura 8 - Gráfico de Pareto (linha de laminados)



Fonte: Os autores (2021)

A partir do Gráfico de Pareto é possível perceber que os cinco primeiros motivos/problemas associados a parada da linha, representam 76% da quantidade total de hora cronometrada dessas paradas. Ou seja, baseado no conceito 80/20, tais problemas/motivos devem ser priorizados, sendo eles: setup, manutenção mecânica de embalagem corretiva, administrativa, material não conforme e manutenção mecânica corretiva.

Para garantir a priorização dos problemas levantados, desenvolveu-se uma matriz G.U.T (tabela 8). E percebe-se diante do avaliado em equipe, que a priorização foi a mesma que o Gráfico de Pareto sugeriu. Os cinco primeiros foram ranqueados da mesma forma que o Gráfico de Pareto.

Tabela 8 - Matriz GUT (estudo de caso)

Problema/motivo	G	U	T	GUT
Setup	5	4	5	100
Manutenção mec.	5	4	5	100

de embalagem corretiva				
Administrativa	5	4	5	100
Material não conforme	4	4	5	80
Manutenção mec. corretiva	4	4	5	80
Parada operacional	4	4	4	64
Utilidades externas	4	4	3	48
Manutenção elétrica	4	3	4	48
Organização do setor	3	4	4	48
Início de produção	3	3	5	45
Manutenção mec. retomada de produção	4	3	3	36
Man. elétrica retomada de produção	4	4	2	32
Man. mecânica de embalagem retomada de produção	3	3	3	27

Fonte: Os autores (2021)

4.2.3. Analisar

A partir do levantamento anterior, foram definidas causas (tabela 9) associadas aos principais problemas, e analisadas de forma a investigar o que precisaria ser realizado para atingir determinadas melhorias. Essa investigação foi realizada com o apoio do Diagrama de Ishikawa de forma adaptada, já que a ferramenta foi usada para o levantamento de causas para se atingir a um efeito positivo. Nas figuras 9 e 10, podem ser vistos os diagramas para os efeitos de um filme com bom rendimento (advindo de uma melhor seleção de fornecedores) e de um mordente sincronizado, respectivamente.

Tabela 9 - Lista de causas principais

Causas Principais
- Rendimento dos filmes de plástico (seleção de fornecedores)
- Sincronização do mordente
- Correia lateral na SinglePack
- Referenciamento do mordente da SinglePack
- Lona de saída do estampo e entrada do forno
- Falta de treinamento dos operadores

Fonte: Os autores (2021)

Uma melhor seleção de fornecedores, segundo Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2013), se configura como uma das atividades mais críticas para a gestão de cadeia de suprimentos. Trata-se de uma ação crítica que necessita ser bem definida e praticada, pois tem impacto direto sobre a produção, em si.

No caso do mordente, a importância está principalmente atrelada ao fato de garantir o perfeito

fechamento da embalagem plástica.

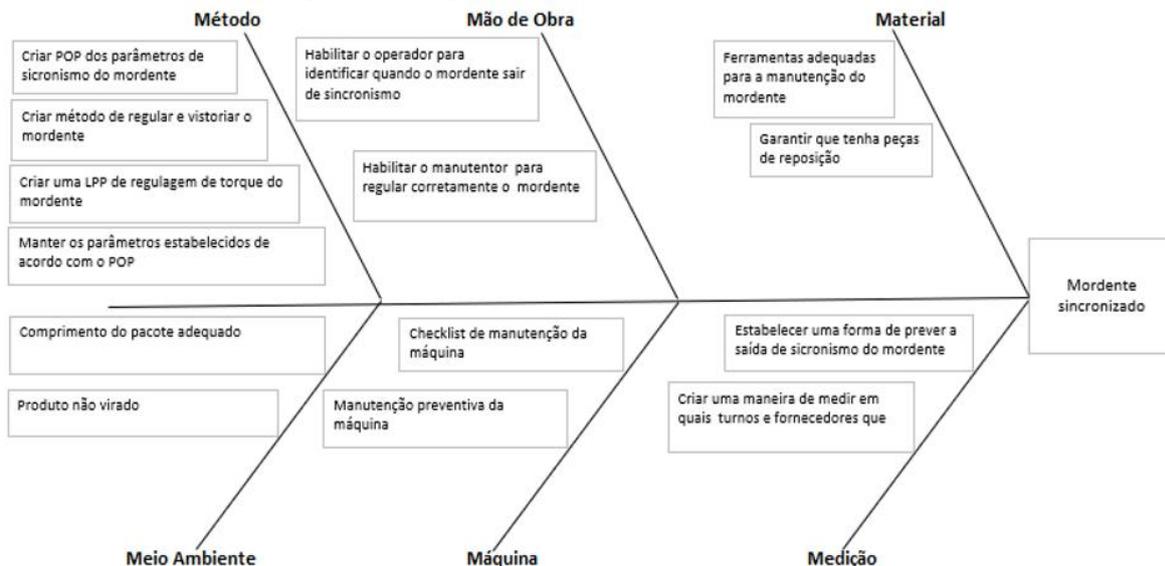
Em ambos os Diagramas, figuras 9 e 10, utilizou-se os chamados 6Ms: método, mão de obra, material, meio ambiente, máquina e medição. Foram elaborados seis diagramas, um para cada efeito relacionado a cada uma das causas listadas na tabela 7, objetivando um levantamento de ações necessárias a atingir tal efeito desejado.

Figura 9 - Diagrama de Ishikawa (Filme com bom rendimento)



Fonte: Os autores (2021)

Figura 10 - Diagrama de Ishikawa (Mordente sincronizado)



Fonte: Os autores (2021)

4.2.4. Melhorar

Foram realizadas iniciativas de forma sistemática colocando em prática algumas das ações

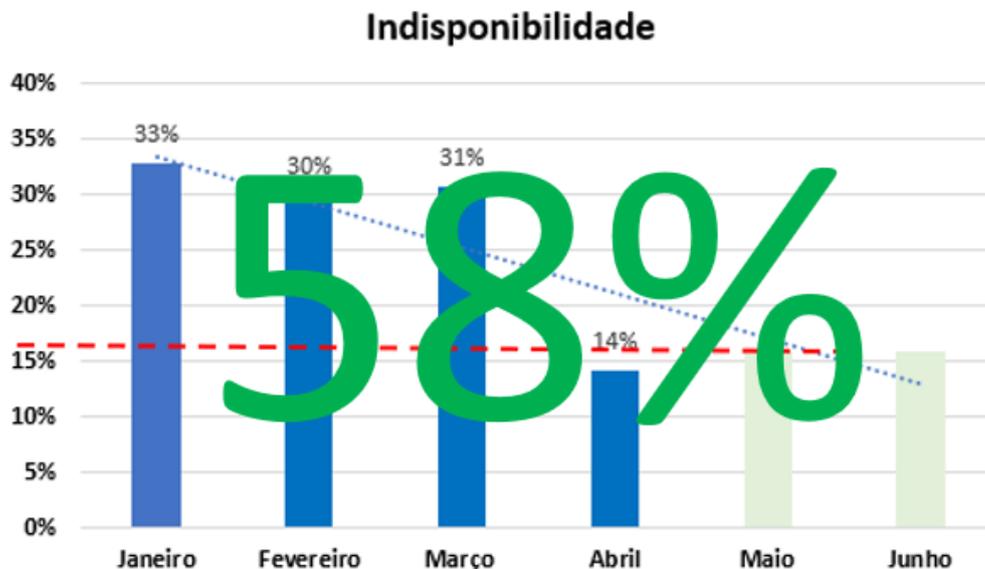
levantadas como necessárias, mas não necessariamente na ordem listada nas etapas anteriores. Primeiramente, foi realizada a substituição da correia lateral por uma corrente na SinglePack já que a correia original da máquina não conseguia “segurar” o biscoito no canal, sendo essa uma das causas principais atreladas aos problemas de parada de linha. Além disso, foi realizada uma melhoria referente ao referenciamento do mordente da SinglePack, onde foi inserida uma placa a fim de evitar que o biscoito vire após o referenciamento do mordente.

Outra iniciativa foi a substituição da lona de saída do estampo e entrada do forno, evitando que ocorram dobras dos biscoitos na transferência entre máquinas e evitando a má formação destes. Também foi realizado o treinamento dos operadores, elaborado pelos setores de produção, qualidade e recursos humanos. E, ainda em aberto, está sendo realizado um estudo de seleção de fornecedores considerando vários critérios para tal decisão.

4.2.5. Controlar

Dado a implementação da metodologia em questão, foram obtidos resultados positivos. Houve uma diminuição de 58% no total de horas paradas, num período de 05 meses, como pode ser visto no gráfico abaixo, na figura 11; ultrapassando, assim, a meta que havia sido estabelecida (uma redução de 50%).

Figura 11 - Gráfico de taxas de indisponibilidade de linha



Fonte: Os autores (2021)

Além disso, todos os diferentes biscoitos produzidos nessa linha de laminados obtiveram um aumento de produtividade, variando entre 12 a 32%.

Vale salientar que o projeto está em andamento, onde estão sendo desenvolvidos procedimentos

operacionais padrão e outros documentos para treinamento e padronização dos processos a fim de manter todas as melhorias obtidas.

5. Conclusão

O trabalho em questão foi realizado com a finalidade de reduzir o tempo de linha de produção parada, em uma indústria do setor alimentício do Agreste Pernambucano, mais precisamente do setor de embalagem dessa linha. Para isso, foi utilizada a metodologia DMAIC como apoio na estruturação e solução do problema em questão e com o seu uso ficou evidente o potencial da metodologia. Foram vistas algumas utilizações da metodologia como forma de reduzir falhas em sistemas produtivos, ao longo do estudo, e foi percebido que os principais comentários dos autores se referiam as vantagens de um sequenciamento lógico que a metodologia fornecia e algumas dificuldades encontradas em relação ao pessoal envolvido.

Esses mesmos pontos foram percebidos no estudo em questão demonstrando que, de fato, há uma necessidade de uma força maior na gestão de mudanças para lidar com tais dificuldades e que é vantajoso esse sequenciamento fornecido pela metodologia.

Ao aplicar o DMAIC, foram obtidos resultados positivos para a empresa com a identificação dos principais problemas, principais causas e levantamento de ações corretivas. Por fim, pode-se concluir que o uso da metodologia no problema proposto pode ser considerado positivo e benéfico para a empresa, quando visto que a solução obtida tem sentido lógico e apresentou uma forte melhoria.

Apesar do DMAIC ser um dos elementos da metodologia Seis Sigma, o mesmo quando bem conduzido e com a utilização integrada de Ferramentas da Qualidade pode trazer bons resultados para a organização. A utilização assertiva de Ferramentas da Qualidade como o Gráfico de Pareto, a Matriz G.U.T. e o Diagrama de Ishikawa, por exemplo, podem preparar a empresa para futuras melhorias, como também a metodologia Seis Sigma em sua totalidade.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, C. C. **A Indústria de Alimentos no Brasil e na América do Sul**. *FGV Projetos*, Nº27, 2016.

CAMPOS, V.F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no Estilo Japonês)**. 2ª. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CARPINETTI, L. **Gestão da qualidade**. 2. ed. Sao Paulo: Atlas, 2012.

- CARROLL, C. T. **Six Sigma for Powerful Improvement: A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and a 25-Lesson Course**. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P. (Coord.). **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- COSTA, J. C. O. R.; SILVA, M. M. **Aplicação da Programação Dinâmica Determinística na substituição de Equipamentos em uma Indústria de Alimentos**. In: *L Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro-RJ, 2018.
- COSTA, L. B. M.; GODINHO FILHO, M.; FREDENDALL, L. D.; PAREDES, F. J. G. Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 82, 122-133, 2018.
- DAYCHOUM, M. **40 Ferramentas e técnicas de gerenciamento**. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- FÁVERI, R.; SILVA, A. Método GUT aplicado à gestão de riscos de desastres: uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. *Revista de Ordem Pública*, Vol.9, 93-107, 2016.
- HAKIMI, S.; ZAHRAEE, S. M.; ROHANI, J. M. Application of Six Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9, 2018.
- HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. **Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations**. New York: Doubleday, 2000.
- HUNG, H. C.; SUNG, M. H. Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, Vol. 6, 580-591, 2011.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Quality Mark, 2004.
- KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, Vol.26, 708-715, 2006.
- LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. *Gest. Prod.*, Vol. 20, 781-801, 2013.
- MELLO, C. H. P. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.
- NANDAKUMAR, N.; SALEESHYA, P. G.; HARIKUMAR, P. Bottleneck Identification and Process Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materials Today: Proceedings*, Vol.24, 1217-1224, 2020.

PESTANA, M. D.; VERAS, G. P.; FERREIRA, M. T. M.; SILVA, A. R. **Aplicação integrada da matriz GUT da qualidade em uma empresa de consultoria ambiental:** Um estudo de caso para elaboração de propostas de melhorias. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa-PB, 2016.

PYZDEK, T. **The Six Sigma Project Planner:** A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC. New York: McGraw-Hill, 2003.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de qualidade Seis Sigma.** 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SHANKAR, R. **Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide.** Milwaukee: Quality Press, 2009.

SIN, A. B.; ZAILANI, S.; IRANMANESH, M.; RAMAYAH, T. Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance. *International Journal of Production Economics*, Vol. 168, 105-117, 2015.

SOUZA, R. S.; ROSA, A. F. P.; PORCÚNCULA, G. S.; SANTOS, G. T. Aplicação do DMAIC e Análise de Embalagens Metálicas na Indústria de Conservas. *GEPROS-Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Vol. 12, 273-295, 2017.

TOLEDO, J. C. et al. **Qualidade: gestão e métodos.** Rio de Janeiro: LTC, 2014.

WERKEMA, C. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas ao PDCA e DMAIC.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.