UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCCA RODRIGUES DE ALENCASTRO GRAÇA

DIAGNÓSTICO DE PROCESSO PRODUTIVO POR MEIO DO USO DAS FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DE GESTÃO DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS DE PAPELÃO ONDULADO

JUIZ DE FORA
2019

LUCCA RODRIGUES DE ALENCASTRO GRAÇA

DIAGNÓSTICO DE PROCESSO PRODUTIVO POR MEIO DO USO DAS FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DE GESTÃO DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS DE PAPELÃO ONDULADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: D. Sc. Clarice Breviglieri Porto

JUIZ DE FORA

2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

de Alencastro Graça, Lucca Rodrigues.
Diagnóstico de processo produtivo por meio do uso das ferramentas e metodologias de gestão da qualidade em uma indústria de fabricação de embalagens de papelão ondulado / Lucca Rodrigues de Alencastro Graça. -- 2019.
78 f.

Orientadora: Clarice Breviglieri Porto
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2019.

1. Diagnóstico de processo. 2. Ferramentas da qualidade. 3. Método de análise e solução de problemas. I. Porto, Clarice Breviglieri, orient. II. Título.

LUCCA RODRIGUES DE ALENCASTRO GRAÇA

DIAGNÓSTICO DE PROCESSO PRODUTIVO POR MEIO DO USO DAS FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DE GESTÃO DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE EMBALAGENS DE PAPELÃO ONDULADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 26 de Novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc Clarice Breviglieri Porto
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc Luiz Henrique Dias Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc Roberto Malheiros Moreira Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Clarice Breviglieri Porto, pelo suporte, orientação e conhecimentos compartilhados.

Aos professores, Luiz Henrique Dias Alves e Roberto Malheiros, pela disponibilidade e atenção concedidas no aprimoramento do trabalho.

Aos professores e colegas do curso de Engenharia de Produção da UFJF pela jornada trilhada em conjunto.

À empresa objeto de estudo, pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento.

À minha família, a qual devo tudo.

RESUMO

A capacidade de um processo gerar *outputs* conformes aos requisitos especificados de maneira consistente é condição trivial de competitividade. Na ocorrência de anomalias no processo, o desenvolvimento de contramedidas deve perpassar por uma análise científica acerca das causas geradoras do problema de modo a solucioná-lo de forma definitiva. Assim, o presente trabalho apresenta a realização de um diagnóstico do processo produtivo da cola, utilizada na fabricação de chapas de papelão ondulado de uma indústria, com o objetivo de delinear, investigar e propor soluções para um problema de variabilidade dos resultados dos seus indicadores da qualidade. O estudo teve como base metodológica a execução de uma pesquisa-ação estruturada por algumas etapas do método de análise e solução de problemas e apoiada pela aplicação das ferramentas da qualidade, fornecendo embasamento e assertividade nos planos de ação que, ao implantados, promoverão a melhoria do desempenho do processo. O trabalho desenvolvido serviu de referência para aplicações futuras dentro da empresa e introduziu conceitos e práticas de gestão da qualidade.

Palavras-chave: Diagnóstico de processo, Ferramentas da qualidade, Método de análise e solução de problemas.

ABSTRACT

The capability of a process to consistently generate outputs that meet specified requirements is a trivial condition of competitiveness. In the event of anomalies in the process, the development of countermeasures must go through a scientific analysis about the causes that originated the problem in order to solve it definitively. Thus, the present work presents a diagnosis of the glue production process, used in the manufacture of corrugated cardboards of an industry, with the objective of delineating, investigating and proposing solutions to a problem of variability of the results of its quality indicators. The study had as methodological basis the execution of an action research structured by some steps of the QC Story method of analysis and problem solving and supported by the application of the quality tools, providing basis and assertiveness in the action plans that, when implemented, will promote the improvement of the process performance. The work developed served as a reference for future applications within the company and introduced quality management concepts and practices.

Keywords: Process diagnosis, Quality tools, QC-Story.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do ciclo investigação-ação 14
Figura 2 - Esquema Trilogia Juran 19
Figura 3 - Conceitos fundamentais de gestão da qualidade 20
Figura 4 - Modelo esquemático de processo 21
Figura 5 - Triplo papel das funções segundo Juran 22
Figura 6 - Necessidades básicas humanas que são pré-condições à motivação 25
Figura 7 - Diferença entre fluxograma e macrofluxograma 27
Figura 8 - Descrição do negócio 29
Figura 9 - Relação de causa-efeito entre fornecedor e cliente 30
Figura 10 - Detalhamento do SDCA 32
Figura 11 - Detalhamento do PDCA 33
Figura 12 - Método WV 34
Figura 13 - Interação dos ciclos PDCA e SDCA 35
Figura 14 - Conjugação dos ciclos de manutenção e melhoria 35
Figura 15 – Exemplo de folha de verificação 38
Figura 16 - Estrutura de diagrama de causa-efeito 39
Figura 17 - Formatos comuns de histogramas 41
Figura 18 - Dispersão de histogramas 42
Figura 19 - Exemplo de diagrama de pareto 43
Figura 20 - Formas de diagrama de dispersão 44
Figura 21 - Esquema geral dos gráficos de controle 45
Figura 22 - Produtos de empresa 50
Figura 23 - Estrutura de uma chapa de papelão 50
Figura 24 - Modelo de Onduladeira 51
Figura 25 - Seções da Onduladeira 52
Figura 26 - Colagem no Cabeçote 53
Figura 27 - Colagem na Forradeira 53
Figura 28 - Etapas do processo de colagem 54
Figura 29 - Máquina de cozinha de cola 55
Figura 30 - Etapas de fabricação da cola 55
Figura 31 - Fluxograma do processo executivo da Fábrica de Cola 56
Figura 32 - Níveis de viscosidade da cola 57

Figura 33 - Folha de verificação 59
Figura 34 - Teste de o*utlier* viscosidade 59
Figura 35 - Carta de controle viscosidade 60
Figura 36 - Teste de normalidade viscosidade 61
Figura 37 - Capacidade do processo viscosidade 61
Figura 38- Teste de *outlier* ponto-gel 62
Figura 39 - Carta de controle ponto-gel 63
Figura 40 - Tesste de normalidade ponto-gel 63
Figura 41 - Capacidade do processo ponto-gel 64
Figura 42 - Mapa de descrição da área 65
Figura 43 - Matriz de dispersão viscosidade x temperatura 66
Figura 44 - Matriz de dispersão viscosidade x tempo 66
Figura 45 - Fontes de variação do processo (diagrama espinha de peixe) 68
Figura 46 - Causas prováveis (diagrama espinha de peixe) 69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Produtividade do setor de papelão ondulado.....10
Quadro 2 - Passos da Trilogia Juran.....18
Quadro 3 - Formulário SIPOC 28
Quadro 4 - Formulário de especificação de indicadores de desempenho.....30
Quadro 5 - Causas comuns/aleatórias e especiais/assinaláveis 31
Quadro 6 - As sete ferramentas da qualidade e seus objetivos.....37
Quadro 7 - Interpretação do índice de capacidade do processos.....47
Quadro 8 - Exemplo de quadro 5W1H.....48
Quadro 9 - Receita da cola 54
Quadro 10 - 5 Porquês.....69
Quadro 11 - Planos de ação (5W1H).....71

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CLP – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

PDCA – *PLAN* (PLANEJAR), *DO* (FAZER), *CHECK* (CHECAR) E *ACT* (AGIR)

PMES – PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

SDCA – *STANDARD* (PADRÃO), *DO* (EXECUÇÃO), *CHECK* (CHECAGEM) E *ACT* (AÇÃO)

SIPOC – *SUPPLIERS* (FORNECEDORES), *INPUTS* (ENTRADAS), *PROCESS* (PROCESSO), *OUTPUTS* (SAÍDAS) E *CUSTOMERS* (CLIENTES)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 10

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 10
1.2 JUSTIFICATIVA 11
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 12
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 13
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 13
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 14

2. GESTÃO DA QUALIDADE 16

2.1 CONCEITO DE QUALIDADE 16
2.2 CONCEITO DE GESTÃO DA QUALIDADE 17
2.3 CULTURA DA QUALIDADE 19
2.4 FUNDAMENTOS DA GESTÃO DA QUALIDADE 20
2.4.1 VISÃO SISTÊMICA DE PROCESSOS 20
2.4.2 FOCO NO CLIENTE 21
2.4.3 MELHORIA CONTÍNUA E ABORDAGEM CIENTÍFICA 22
2.4.4 LIDERANÇA, COMPROMETIMENTO E PARTICIPAÇÃO DAS PESSOAS 24
2.5 GESTÃO DA QUALIDADE OPERACIONAL 25
2.5.1 GESTÃO POR PROCESSOS 25
2.5.2 MAPEAMENTO DE PROCESSOS 26
2.5.3 INDICADORES DE PROCESSO 29
2.5.4 VARIABILIDADE DE PROCESSOS 30
2.5.5 MÉTODOS DE GERENCIAMENTO DE PROCESSOS – PDCA E SDCA 32
2.5.6 FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PROCESSOS 35

3. DESENVOLVIMENTO 49

3.1 A EMPRESA 49
3.2 SETOR DE PRODUÇÃO DE CHAPAS DE PAPELÃO 50
3.2.1 PROCESSO DE COLAGEM 53
3.3 FÁBRICA DE COLA 54

3.3.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA COLA 54
3.3.2 CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA COLA 57

4. REALIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO 58

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA 58
4.2 OBSERVAÇÃO DO PROBLEMA 65
4.3 ANÁLISE DO PROBLEMA 67
4.4 ESTABELECIMENTO DO PLANO DE AÇÃO 70

5. CONCLUSÕES 72

REFERÊNCIAS 73

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Não há como negar que, em uma perspectiva histórica, a concorrência empresarial aumentou de forma avassaladora em todos os lugares do mundo e nos diversos setores existentes. Aumento esse devido ao crescente número de empresas no mercado e à respectiva evolução qualitativa das mesmas.

Inserida em tal movimento, a indústria de fabricação de embalagens de papelão ondulado no Brasil não se faz diferente:

O segmento é composto por grandes empresas que integram seu processo produtivo desde a produção de papel, a partir de fibras virgens ou de reciclagem de aparas, até as caixas de papelão ondulado; por médias empresas que adquirem, no mercado, o papel como matéria-prima e realizam as transformações subsequentes até o produto final; e por pequenas empresas de cartonagem que realizam a compra de chapas de papelão ondulado para a conversão em caixas (VIDAL, 2012). Portanto, mesmo atendendo a diferentes nichos, há interface em mercados consumidores e, assim, grande competição entre tais empresas.

Outro fator que reforça o acirramento da concorrência dessa indústria é a evolução da produtividade em R$/homem, que apresenta taxas de crescimento ano a ano, sendo que de 2016 para 2017 essa aumentou 9,50%, conforme apontado no Quadro 1 (ABPO, 2018).

Quadro 1- Produtividade do setor de papelão ondulado

Ano	Produtividade[1*] R$/homem
2012	399.904
2013	439.685
2014	470.206
2015	481.556
2016	494.934
2017	541.906

(1) Calculada a partir do faturamento.

Fonte: ABPO, 2018 (Adaptado)

Diante desse contexto, a única forma de uma empresa se manter viva no mercado é sendo extremamente competitiva. A competitividade de uma empresa é definida por Ferraz, Kupfer e Haguenauer (1996) como sendo a sua capacidade em elaborar e executar estratégias

concorrenciais de modo a possibilitar o alcance ou manutenção, de forma perene, de uma posição sustentável no mercado.

Para a definição de tais estratégias, vale complementar, que o papelão ondulado é um bem relativamente homogêneo, ou seja, com pouca possibilidade de diferenciação e em que os critérios de escolha do consumidor são direcionados ao atendimento às especificações básicas do produto e sensíveis aos preços praticados no mercado. Dessa forma, baseado em Porter (1986), as vantagens competitivas desse perfil de empresa se constroem na estratégia de liderança em custos, conseguindo ofertar um determinado produto, com *performance* comparável aos demais da indústria, porém detendo os menores custos de produção, podendo colocar preços mais baixos para aumentar o *market-share* ou vendendo ao preço do mercado e obtendo uma maior margem de lucro.

Nessa linha, um dos aspectos fundamentais para o alcance da liderança em custos é a gestão da qualidade, não apenas, mas principalmente na dimensão operacional, focada na gestão da qualidade de processos, que consiste no melhor desempenho possível do processo, viabilizada por meio de três passos: eliminar as perdas; eliminar as causas das perdas; e otimizar o processo (PALADINI, 2010). Os benefícios gerados através dessa abordagem, dados pelo aumento da eficácia e eficiência da produção, são exatamente os direcionadores e pilares da estratégia de liderança em custos, ficando claro o caminho a ser seguido pelas empresas competidoras nesse cenário.

1.2 JUSTIFICATIVA

Executar, por meio da gestão da qualidade de processos, uma produção eficaz e eficiente de forma consistente e repetitiva, apesar de aparentemente ser condição *sine qua non* de sobrevivência no mercado, ainda é um desafio presente na realidade da maioria das pequenas e médias empresas (PMEs) brasileiras.

Segundo Silva e Ferreira (2000) existem indicações de que essas organizações de menor porte não conseguem estabelecer uma melhoria continua de seus processos, pois a ênfase não está no processo e sim na fabricação, sendo muitas vezes a busca da qualidade de conformação seu objetivo final.

A partir dessa abordagem obsoleta em relação à qualidade, somada a um desconhecimento dos conceitos de custos da qualidade, grande parte dos gestores das PMEs brasileiras, orientados pela estratégia de liderança em custos, preferem adotar medidas que lhes darão retornos mais visíveis no curto prazo, como *downsizing*, automatização e emprego de

matérias-primas/insumos mais baratos, ao invés de investirem em medidas de médio e longo prazo, como o a implantação de um “sistema integrado de ferramentas, metodologia e capacitação, envolvendo melhoria contínua dos processos organizacionais e resultando em produtos e serviços de alta qualidade...” (SILVA; FERREIRA, 2000, p. 25).

A empresa, objeto de estudo no presente trabalho, pertencente ao segmento de fabricação de embalagens de papelão ondulado, se enquadra nessa caracterização das PMEs e no citado modelo de tomada de decisão por parte de seus gestores. Tem como um de seus principais problemas a falta de estabilidade dos resultados dos processos e, com isso, apresenta altos índices de refugo, de retrabalho e demais desperdícios, o que acaba por inviabilizar o alcance do sucesso da estratégia de liderança em custos exigido pelo setor.

Dessa forma, dá-se a importância em abordar os conceitos da gestão da qualidade e em aplicar seus métodos e ferramentas de maneira a viabilizar a identificação e caracterização dos problemas existentes no processo produtivo, a investigação das respectivas causas desses problemas, e a posterior indicação de ações de melhoria a serem implantadas nesse processo que possibilitem o alcance de resultados satisfatórios e consistentes.

Além disso, como estagiário e na condução do presente trabalho, o autor pôde colocar em exercício o aprendizado acadêmico adquirido ao longo do curso de Engenharia de Produção, vivenciando os desafios e dificuldades inerentes à realidade prática.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O presente trabalho visa relatar o desenvolvimento de um projeto de diagnóstico de processo produtivo a partir do emprego de metodologias e ferramentas de gestão da qualidade com a finalidade de indicar os meios de se alcançar os resultados requisitados de maneira consistente.

Os dados foram coletados, no período de Dezembro de 2018 a Fevereiro de 2019, em uma subárea do setor de produção de chapas de papelão ondulado de uma indústria de fabricação de embalagens de papelão ondulado, de médio porte, situada na região sudeste do Brasil.

A subárea em foco é denominada Fábrica de Cola, responsável por produzir a cola, uma das matérias-primas críticas do processo de produção de chapas de papelão. Essa foi diagnosticada como uma das principais fontes de anomalias do processo de produção de chapas de papelão por diversas vezes entregar seu produto fora das faixas de especificação determinadas no padrão de processo.

Com isso, para realizar a melhoria desse processo, detectou-se a necessidade de estudar o comportamento e as características dos seus resultados, realizar o mapeamento do seu fluxo e das suas interações, investigar as principais causas das variações dos seus resultados e, a partir disso, definir planos de ação endereçados à cada causa encontrada.

É excludente ao escopo a implantação das ações propostas devido à restrição do tempo de vínculo do autor com a empresa.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

Este trabalho tem como principal objetivo realizar um diagnóstico acerca dos problemas relacionados ao processo produtivo do adesivo (cola) utilizado nas chapas de papelão ondulado fabricados na empresa em questão de modo a gerar planos de ação que guiem os envolvidos na estabilização dos resultados dos seus indicadores da qualidade gerando produtos conformes às especificações.

Tem como objetivos específicos:

- Executar passos da etapa de planejamento do PDCA como norteadores de uma abordagem científica do problema;
- Realizar a aplicação prática de ferramentas da qualidade, baseadas em método de análise e solução de problemas.
- Reforçar a importância e a necessidade da gestão da qualidade na rotina da empresa.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

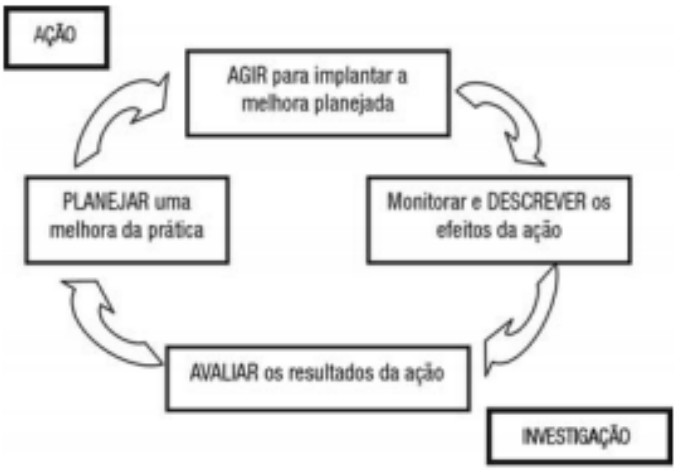
A metodologia executiva do trabalho consistiu inicialmente em uma pesquisa teórica dada pela revisão bibliográfica acerca dos temas envolvidos a fim de nivelar os conceitos utilizados. Em seguida foi realizada uma pesquisa de campo na Fábrica de Cola, onde foi acompanhado o processo *in loco* e verificada a situação inicial. Posteriormente foi realizada uma coleta de dados dos indicadores de qualidade da cola, e um estudo aprofundado desses utilizando-se ferramentas estatísticas com o auxílio do software Minitab® 18. Depois foi feita uma análise horizontal do processo gerando um diagrama SIPOC e um fluxograma. Então, foram estabelecidas as hipóteses causais das variações do processo e, a partir disso, criados os planos de ação a serem implantados para realizar as modificações no processo.

Diante do passo-a-passo exposto, pode-se concluir que o método científico de pesquisa adotado foi o de pesquisa-ação que, de acordo com Fonseca é definida como:

> A pesquisa-ação pressupõe uma participação planejada do pesquisador na situação problemática a ser investigada. O processo de pesquisa recorre a uma metodologia sistemática, no sentido de transformar as realidades observadas, a partir da sua compreensão, conhecimento e compromisso para a ação dos elementos envolvidos na pesquisa (apud GERHARDT; ~~e~~ SILVEIRA, 2009, p.38).

Segundo Tripp (2005, p.445), "É importante que se reconheça a pesquisa-ação como um dos inúmeros tipos de investigação-ação, que é um termo genérico para qualquer processo que siga um ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela". ~~,~~ (Figura 1)

Figura 1 - Representação do ciclo investigação-ação



Fonte: Tripp (2005)

Além disso, quanto à abordagem e natureza da pesquisa, segundo os tipos de pesquisa definidos por Gerhadt e Silveira (2009), a mesma se enquadra como aplicada, por gerar conhecimentos para aplicação prática, e combinada, uma vez que realiza abordagens qualitativas e quantitativas para o aprofundamento da compreensão da organização.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo esses:

O capítulo 1, que contém as informações introdutórias ao estudo, que vão desde as considerações iniciais sobre o tema, perpassando pelas suas justificativas e objetivos, até a metodologia do trabalho.

O capítulo 2 traz uma revisão da literatura sobre o assunto gestão da qualidade, contendo definições de autores e explicações das metodologias e ferramentas da qualidade que objetivam promover o controle e a melhoria dos processos, construindo assim um arcabouço conceitual que servirá de base para o restante do trabalho.

O capítulo 3 apresenta a empresa objeto de estudo, o setor onde o trabalho foi desenvolvido, o processo de fabricação analisado e os respectivos parâmetros de qualidade desse.

O capítulo 4 discorre sobre a realização do trabalho em si, de acordo com a seguinte estrutura: identificação do problema, observação do problema, análise das causas do problema e elaboração dos planos de ação.

O capítulo 5, concluindo o trabalho, faz~~endo~~ uma análise sobre o atingimento dos objetivos propostos e os resultados alcançados, além de fornecer uma sugestão para trabalhos futuros.

2. GESTÃO DA QUALIDADE

Neste capítulo são apresentados os conceitos de qualidade e gestão da qualidade, assim como a importância da construção da cultura da qualidade e os seus principais fundamentos. Em seguida, foca-se na gestão da qualidade operacional, especificamente sobre o gerenciamento de processos, abordando as práticas associadas. Por fim, são expostos os métodos PDCA e SDCA e as ferramentas da qualidade.

2.1 CONCEITO DE QUALIDADE

O conceito de qualidade é de difícil definição. Tal dificuldade ocorre, pois esse termo apresenta uma grande carga de subjetividade e seu emprego é feito de maneira genérica. Diante disso, uma definição precisa que abarque todos os pontos de vista se torna abrangente, heterogênea e pouco aplicável.

Garvin (1992) analisa essa diversidade de interpretações, atrelando a ela a evolução do conceito da qualidade ao longo do século XX. Até 1950, a qualidade do produto era relacionada à perfeição técnica, ou seja, focada no produto e produção. A partir dessa data, a qualidade passou a ser definida como adequação do produto ao uso, englobando a satisfação dos requisitos do cliente à ausência de defeitos. Nas últimas décadas, o termo passou a ser conceituado como satisfação dos clientes, no que tange à experiência completa desses com a empresa, contemplando tanto a adequação ao uso quanto a conformidade com as especificações do produto.

Outra leitura, realizada por Shiba *et al.* (1993) caracteriza a evolução do conceito da qualidade ao longo do tempo nos seguintes estágios:

- Adequação às especificações;
- Adequação ao uso;
- Adequação ao custo;
- Adequação a requisitos latentes.

De maneira geral, conforme Shewhart (1986), a qualidade é definida sob dois pontos de vista: uma dimensão objetiva, referida aos aspectos relativos às propriedades físicas de uma substância. E uma dimensão subjetiva, atrelada ao pensamento, sentimento e diferenciação humana em relação às características de um produto.

Defeo e Juran (2015) fazem duas definições acerca da palavra qualidade:

- A qualidade no que se refere ao atendimento dos requisitos dos clientes com as características do produto, ou seja, maior qualidade custa mais caro.
- A qualidade no que se refere à erradicação de falhas (deficiências), sendo voltada aos custos, e dessa forma, maior qualidade custa menos.

2.2 CONCEITO DE GESTÃO DA QUALIDADE

De acordo com Toledo (*apud* TOLEDO *et al.*, 2017, p.28): "A gestão da qualidade é a abordagem adotada e o conjunto de práticas utilizadas pela empresa para se obter, de forma eficiente e eficaz, a qualidade pretendida para o produto.".

Já para Prazeres (1996, p. 193):

> Conjunto de todas as atividades de todas as funções gerenciais que determina a política da qualidade, objetivos e responsabilidades e os implementa através do planejamento da qualidade, garantia e controle da qualidade e melhorias contínuas da qualidade, como parte do sistema da qualidade.

Assim como o conceito da qualidade evoluiu ao longo do tempo, a abordagem da gestão da qualidade também acompanhou esse movimento. Antes da Revolução Industrial, a gestão da qualidade era autocontrolada pelos artesãos. A partir do século XX, a gestão da qualidade passou a ser executada por meio de inspeções dos produtos finais. No final da década de 1920, passou-se a atribuir a gestão da qualidade ao controle dos resultados dos processos. A partir da década de 1950, a gestão da qualidade começou a ser praticada ao longo de todo o ciclo de produção, envolvendo toda a organização. Por fim, a partir da década de 1970, a gestão da qualidade passou a englobar a perspectiva competitiva do mercado (CARPINETTI, 2016).

Para o autor, as atividades de gestão da qualidade podem ser agrupadas em dois níveis:

- Nível estratégico: onde a gestão da qualidade se integra às decisões de como a empresa compete no mercado guiando os esforços de melhoria da qualidade, de forma a superar a concorrência no atendimento aos requisitos do cliente. Além disso, ela realiza a análise de desempenho da organização decorrente das decisões planejadas e implementadas a fim de avaliar o seu progresso rumo à excelência.
- Nível operacional: onde a gestão da qualidade se integra com o gerenciamento de processos da cadeia de valor da empresa, de modo a garantir o atendimento aos requisitos do cliente e reduzir as perdas decorrentes da falta de eficiência

da produção. Além disso, utiliza métodos e ferramentas para o controle e melhoria contínua dos processos produtivos.

Outra abordagem sintetizada da gestão da qualidade é a Trilogia Juran, em que Defeo e Juran (2015), a definem como composta por três processos gerenciais inter-relacionados, sendo eles:

- *Design* ou planejamento da qualidade;
- Controle ou garantia da qualidade;
- Melhoria ou saltos da qualidade.

Os passos realizados em cada um desses processos são ilustrados na Quadro 2:

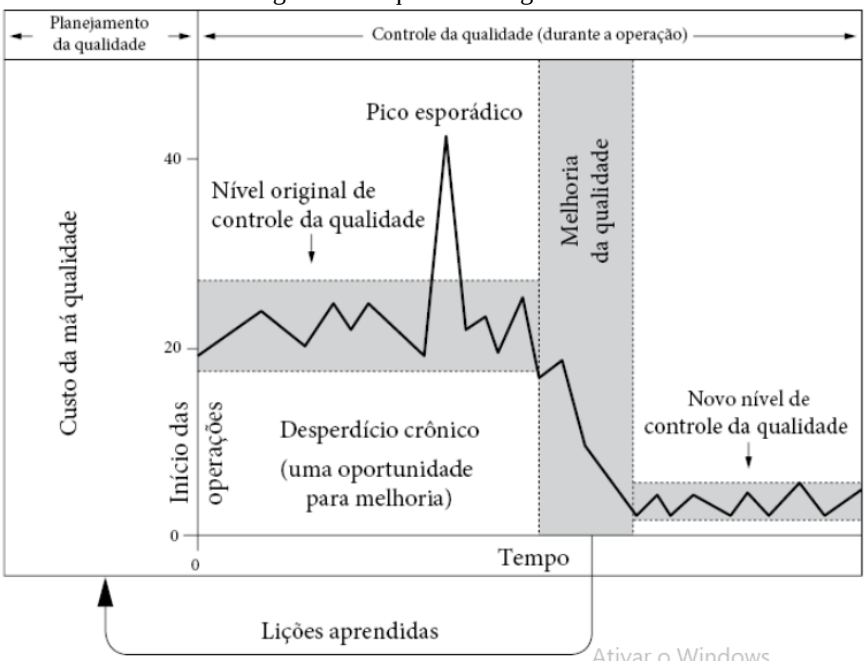
Quadro 2 - Passos da Trilogia Juran

Planejamento de qualidade
Estabelecer metas Identificar os clientes Determinar as necessidades dos clientes Desenvolver características que atendam às necessidades dos clientes Desenvolver processos capazes de produzir os produtos Estabelecer controles processuais Transferir os planos para a operação
Controle de qualidade
Determinar os focos de controle Mensurar o desempenho real Comparar o desempenho real com os alvos e metas Tomar medidas conforme as diferenças Continuar a mensurar e manter o desempenho
Melhoria da qualidade
Comprovar a necessidade com um estudo de caso do negócio Estabelecer uma infraestrutura de projeto Identificar os projetos de melhoria Formar equipes de projeto Oferecer às equipes os recursos, o treinamento e a motivação para: ▪ Diagnosticar as causas ▪ Estimular ações corretivas Estabelecer controles para manter os ganhos

Fonte: Defeo e Juran (2015)

Outra forma de visualizar a Trilogia Juran é através de um diagrama, conforme o ilustrado na Figura 2:

Figura 2 - Esquema Trilogia Juran



Fonte: Defeo e Juran (2015)

Por ele visualiza-se que a etapa inicial é o planejamento da qualidade, que identifica os requisitos dos clientes e os transformam em especificações do produto e do processo de fabricação. Esses planos são então executados, e conforme as operações avançam, percebe-se que os processos não são capazes de produzir 100% de produtos de qualidade, devido a falhas crônicas, que são inerente ás deficiências do projeto do processo. Para impedir que os resultados fiquem piores, como um pico de falha repentino derivado de algum evento não previsto, são executadas tarefas de controle do processo tomando ações corretivas que restaurem o *status quo*, ou seja, ao antigo nível de falhas crônicas aceitável. A certa altura, compreende-se que o desperdício crônico é uma oportunidade de progresso e é realizado o processo de melhoria, gerando um novo projeto de processo de fabricação e reduzindo o nível de falhas crônicas bem abaixo do original (DEFEO;JURAN, 2015).

2.3 CULTURA DA QUALIDADE

Para que a gestão da qualidade seja de fato praticada e efetiva, é necessário que a empresa desenvolva a cultura da qualidade.

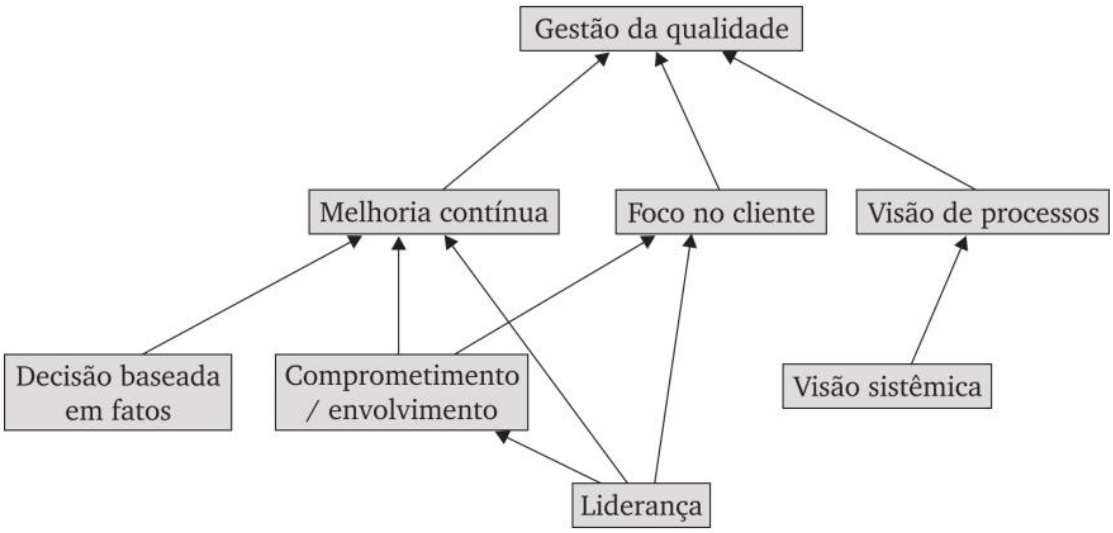
Cultura são um conjunto de valores que um grupo de pessoas atribui a elementos, crenças e ideias que norteiam suas decisões, seus hábitos e seus comportamentos em diversas situações. Assim, o processo de desenvolvimento da cultura da qualidade é uma forma de atribuição de valor à qualidade por parte das pessoas da empresa, direcionando a atenção e

esforços à questão, o que acaba por se refletir na forma em que executam suas atividades produtivas (PALADINI, 2012).

2.4 FUNDAMENTOS DA GESTÃO DA QUALIDADE

A formação da cultura da qualidade perpassa por um conjunto de conceitos fundamentais que alicerçam a gestão da qualidade. Com base em Carpinetti (2016) os fundamentos e suas inter-relações são ilustrados na Figura 3:

Figura 3 - Conceitos fundamentais de gestão da qualidade



Fonte: Carpinetti (2016)

2.4.1 VISÃO SISTÊMICA DE PROCESSOS

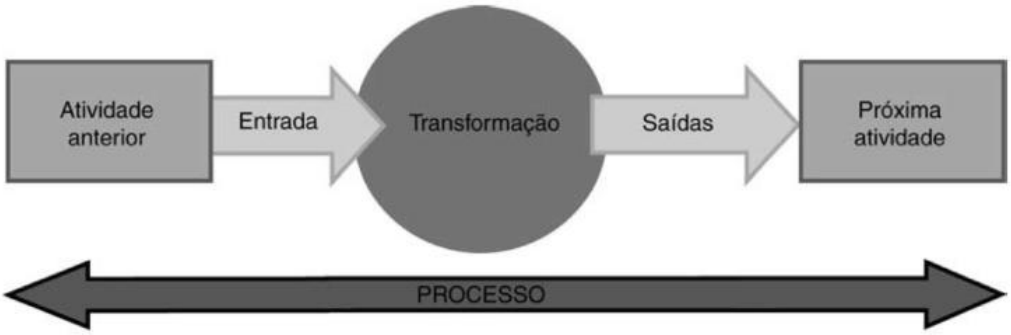
Segundo Toledo *et al.* (2017) um processo pode ser entendido através das seguintes características:

- Atividades interdependentes: A execução de um conjunto de atividades relacionadas que leva à produção de um resultado específico;
- Entradas mensuráveis: cada atividade do processo recebe entradas (inputs) que podem ser materiais ou informações. Essas devem ser especificadas em termos de qualidade, pois interferem diretamente na qualidade do produto do processo;
- Transformação: As atividades de um processo devem modificar as entradas por meio de recursos de transformação, gerando saídas com valor agregado;

- Saídas mensuráveis: cada atividade do processo produz saídas (outputs) que podem ser materiais ou informações. Possuem as mesmas exigências das entradas;
- Repetição: Os processos se caracterizam pela sua natureza repetitiva.

A Figura 4 ilustra a lógica de um processo:

Figura 4 - Modelo esquemático de processo



Fonte: TOLEDO (2017)

Portanto, uma empresa pode ser considerada uma coleção de inúmeros e diversos processos, sendo esses denominados processos de negócio. Aqueles cujas funções têm relação e impacto direto no atendimento ao mercado formam a cadeia interna de valor da empresa.

Carpinetti (2016, p.38) conclui que:

> Como a definição de sistema é de um conjunto de elementos interdependentes que interagem com objetivos comuns formando um todo, cujo resultado depende da soma/interação das partes, percebe-se que essa visão da empresa como um conjunto de processos e atividades de realização do produto na cadeia interna de valor corresponde a uma visão sistêmica da organização.

A partir dessas definições, é possível compreender a importância desse elemento na gestão da qualidade. Por meio dele, as pessoas são capazes de visualizar que as atividades pelas quais são responsáveis são elos fundamentais no alcance da qualidade, que estão interligadas a diversas outras em uma relação de causa-efeito e que o impacto dos seus resultados é refletido ao longo de toda a cadeia de valor interno da empresa.

Além disso, visto que os processos atravessam a estrutura funcional da empresa, esse elemento contribui para a minimização de barreiras entre departamentos e níveis hierárquicos, promovendo a integração de diferentes áreas do conhecimento (CARPINETTI, 2016).

2.4.2 FOCO NO CLIENTE

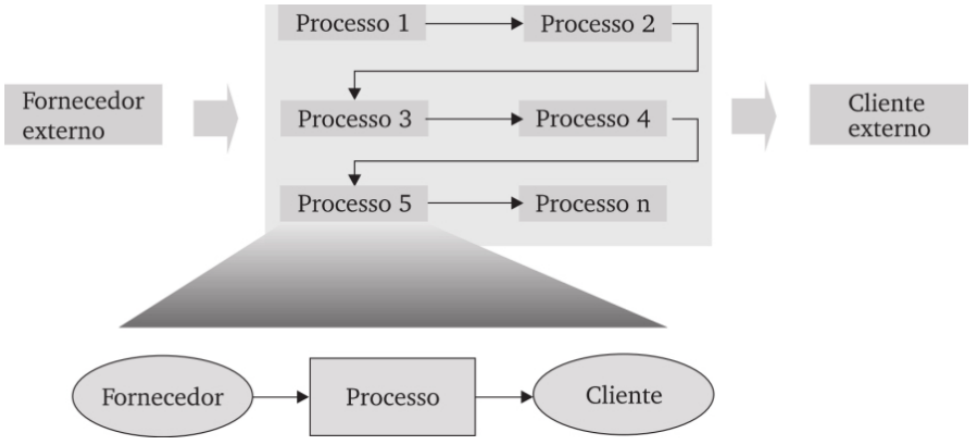
O conceito de foco no cliente é composto por duas abordagens indissociáveis e complementares: identificar a visão do mercado, traduzindo-a em requisitos do produto (*market*

in); direcionar e mobilizar a organização de forma a garantir o atendimento desses requisitos (CARPINETTI, 2016).

Para a realização da segunda abordagem, Juran (1993) desenvolveu um conceito denominado “triplo papel das funções”, que atribui a um mesmo processo de negócio papéis distintos e simultâneos, sendo esses de: fornecedor, pois os resultados do seu processo são *inputs* para o processo subsequente na cadeia interna de valor; processador, pois executa as atividades de transformação de que é responsável utilizando recursos sobre os quais tem autoridade; cliente, pois recebe como *input* para o seu processo o resultado do processo precedente na cadeia interna de valor.

Portanto, para que o conceito de foco no cliente seja integralmente atendido na perspectiva do cliente externo, deve haver, por parte das pessoas e áreas da empresa, uma clara compreensão dos requisitos dos clientes internos e das relações cliente-fornecedor dos processos de negócio pertencentes à cadeia interna de valor (FIGURA 5).

Figura 5 - Triplo papel das funções segundo Juran



Fonte: Carpinetti (2016)

Assim, aumenta-se a chance de alcançar a qualidade do produto final. Além disso, segundo Toledo *et al.* (2017), o foco na satisfação plena das necessidades dos clientes faz com que a qualidade dos produtos ofertados no mercado evolua ao longo do tempo, o que acaba por refletir na busca da maximização do desempenho por parte das empresas e no consequente desenvolvimento do processo econômico.

2.4.3 MELHORIA CONTÍNUA E ABORDAGEM CIENTÍFICA

Para Toledo *et al.* (2017, p.51): “A razão fundamental para a mudança contínua da qualidade é a existência de imperfeições e insatisfações no atendimento das necessidades dos

consumidores, seja porque o produto não atende às necessidades existentes ou porque as necessidades mudaram.”

A partir disso, para os autores, a definição do processo de melhoria contínua é dada como um conjunto de enfoques, atividades e ações que se deve executar para construir e sustentar um compromisso em busca da qualidade que permita:

- A adaptação permanente da organização aos requisitos dos clientes internos e externos, com o objetivo de satisfazer os mesmos e aumentar o volume de vendas;
- A detecção das ineficiências internas e sua solução permanente, melhorando o gerenciamento e reduzindo os custos operacionais;
- A prevenção de falhas em todos os processos da empresa, para evitar posteriores devoluções e reclamações dos clientes.

A melhoria contínua é um processo sistemático de aperfeiçoamentos, incrementais e frequentes, de produtos e processos. Seu enfoque é dado na extração do potencial dos recursos existentes, usando o conhecimento disponível do pessoal envolvido e apoiados por um método de análise e solução de problemas. Além disso, se caracteriza por ser iterativo, ou seja, a partir do estudo do problema e da avaliação dos resultados obtidos com a implementação das ações, adquirem-se novos conhecimentos, que geram novas ações de melhoria e acabam por levar a um ciclo virtuoso, que se praticado com consistência, evolui na direção de grandes melhorias de desempenho.

Outra característica imprescindível da melhoria contínua, como dito por Carpinetti (2016) é o uso da abordagem científica, que é um processo de tomada de decisão sistemático, decorrente de uma série de atividades executadas em etapas logicamente sequenciadas, baseadas em dados e fatos pesquisados e comprovados, e pautada no uso do raciocínio lógico. Assim, essa abordagem se contrapõe aos “achismos” e opiniões não fundamentadas.

Esse fundamento acaba por ser a base para diversos métodos e técnicas que são utilizados para levantamento e priorização de problemas, observação e análise de causas raízes, implementação e avaliação de resultados.

Merli (1993) aponta para que a melhoria contínua seja realmente eficaz nas organizações, a mesma deve ser tratada como prioridade do negócio, difundida em todas as áreas da empresa, e contar com o envolvimento de todos os funcionários.

2.4.4 LIDERANÇA, COMPROMETIMENTO E PARTICIPAÇÃO DAS PESSOAS

Esse fundamento acaba por ser premissa para os demais, conforme explicitado por Carpinetti (2016, p.43):

> O conceito da liderança para a gestão da qualidade parte do pressuposto de que foco no cliente e melhoria contínua só serão incorporados à cultura organizacional se houver liderança para a qualidade, com visão de longo prazo de comprometimento com a qualidade e ambiente adequado para que as pessoas se tornem completamente envolvidas e comprometidas com os objetivos de foco no cliente e melhoria contínua.

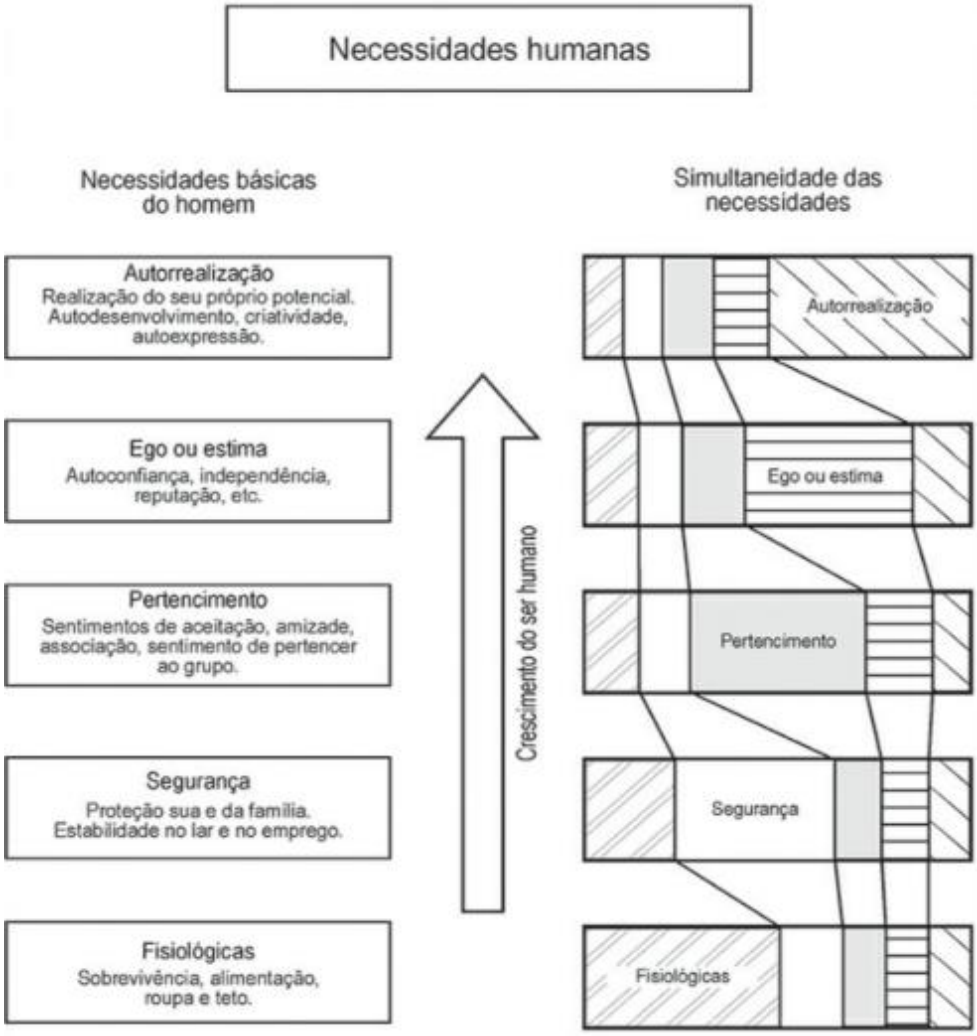
Portanto, a liderança em todos os níveis da empresa deve ser capaz de transmitir os objetivos e metas da qualidade a todos da organização, e de sinalizar, através de discurso e exemplo, a importância de se envolver e se comprometer com a busca pela qualidade como a principal prioridade em suas atividades.

Além disso, o engajamento das pessoas da organização, segundo Toledo *et al.* (2017), depende diretamente de dois outros fatores:

- Formação: Todos devem ser adequadamente educados e treinados para realizar suas atividades, tanto nos aspectos operacionais, quanto tecnológicos e gerenciais. A formação deve ser sistêmica e sustentável.
- Motivação: Todos devem estar motivados a fazer as coisas da melhor maneira possível e a participar coletivamente na consecução dos objetivos da qualidade.

Para Campos (2013, p.154) a motivação das pessoas é afetada por cinco precondições dadas como necessidades básicas dos seres humanos e pode ser visualizada na Figura 6:

Figura 6 - Necessidades básicas humanas que são pré-condições à motivação



Fonte: Campos (2013)

2.5 GESTÃO DA QUALIDADE OPERACIONAL

2.5.1 GESTÃO POR PROCESSOS

Gestão por processos é uma forma de gestão da empresa focada na contínua avaliação, análise e melhoria do desempenho dos processos do negócio da organização.

Por meio dessa concepção, os processos são delineados com:

- Requisitos de clientes internos e externos claramente identificados;
- Prioridades dos processos estabelecidas;
- Procedimentos simplificados e burocracia reduzida;
- Altos níveis de desempenho das entradas;
- Atendimento aos requisitos mensurados por indicadores de desempenho;

- Regularidade no fluxo de informações;
- Aumento da autoridade e autonomia individuais.

Todelo *et al.* (2017) definem o objetivo central da gestão por processos no atendimento a três aspectos:

- Eficácia: o processo estar em condições de satisfazer as necessidades dos clientes;
- Eficiência: o processo utilizar o mínimo dos recursos disponíveis;
- Adaptabilidade: o processo ter condições de atender às mudanças e satisfazer novos requisitos.

2.5.2 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Segundo Toledo *et al.* (2017), o mapeamento de processos é uma prática gerencial de análise e de comunicação.

Essa prática consiste na representação da lógica do funcionamento horizontal de uma empresa através de um formalismo descritivo. O intuito é criar um "mapa de processo", que ilustra graficamente as relações entre seus elementos e atividades. Esses mapas permitem uma melhor compreensão dos processos de negócio e uma melhor visualização das relações sistêmicas dos processos da organização (CARPINETTI, 2016).

As principais ferramentas utilizadas para a realização do mapeamento de processos são o fluxograma e o Diagrama SIPOC.

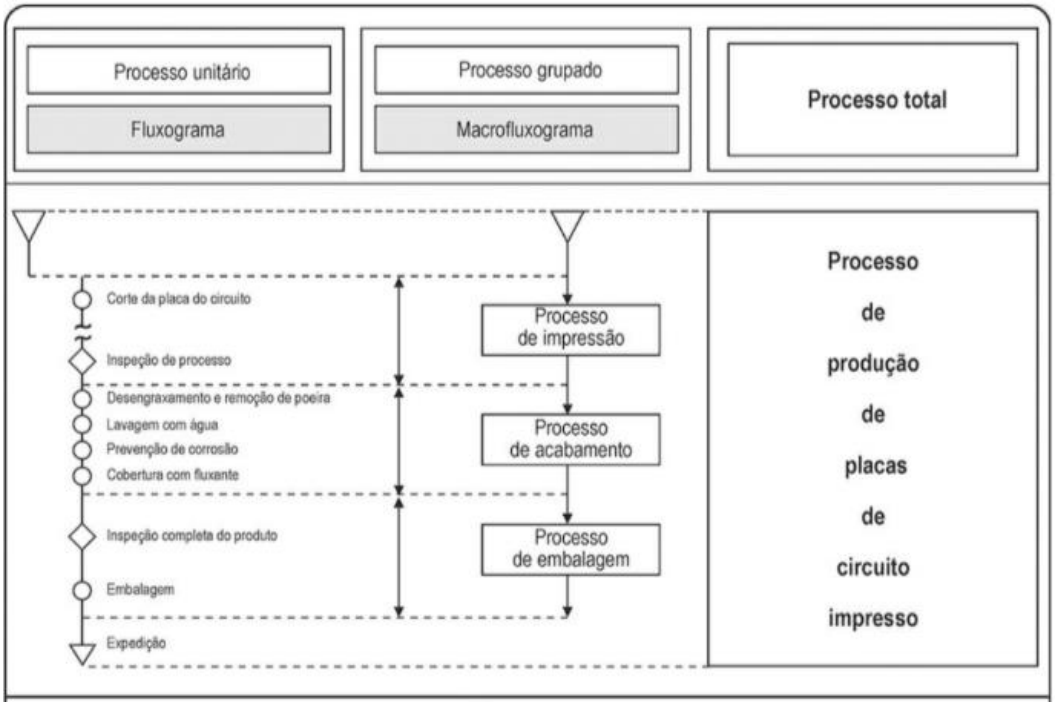
2.5.2.1 FLUXOGRAMAS

Fluxogramas são diagramas gráficos que representam com clareza a sequência e a forma de um processo, explicitando suas entregas, suas relações de atividades e seus recursos utilizados. É uma ferramenta de construção simples, barata e de fácil utilização, que permite uma ampla visualização do processo e facilita a participação de pessoas nas análises de fluxos de trabalho e na identificação de oportunidades de melhoria (TOLEDO *et al.*, 2017).

Campos (2013) define que a função de um fluxograma é a visualização de processos e operações, onde "operação" é uma sequência de trabalhos executados por homens e/ou máquinas que introduzem mudanças em matérias-primas, componentes ou produtos, e "processo" é uma sequência de mudanças de matérias-primas, componentes ou produtos, ou seja, apenas representa a sequência de resultados alcançados nas várias operações. Define também que tarefas são sequências de trabalhos conduzidas por um homem e/ou máquina

dentro de uma operação, sendo que uma operação pode englobar uma ou mais tarefas. Além disso, diferencia “macrofluxograma” de “fluxograma”, como ilustrado na Figura 7:

Figura 7 - Diferença entre fluxograma e macrofluxograma



Fonte: Campos (2013)

Na elaboração do fluxograma, são utilizados símbolos que representam de forma padronizada o significado das tarefas que estão sendo realizadas. Cada organização deve adotar uma simbologia, definir como padrão e seguir conforme padronizado, podendo criar novos símbolos conforme necessário.

Campos (2013) complementa que, num primeiro momento, o fluxograma deve refletir a situação real do processo, ou seja, como ele de fato funciona e não como se imagina ou se idealiza. Dessa forma, é necessário ir ao local que ele acontece e conversar com os envolvidos.

O autor finaliza recomendando a análise crítica do fluxograma para a identificação de possíveis oportunidades de melhorias, por meio das seguintes perguntas:

- Esse processo é necessário?
- Cada etapa do processo é necessária?
- É possível simplificar?
- É possível informatizar ou automatizar no todo ou em parte?
- O que se pode centralizar ou descentralizar?

Caso haja mudanças no processo, as mesmas devem ser implementadas e inseridas na rotina, gerando posteriormente um novo fluxograma do processo.

2.5.2.2 Diagrama SIPOC

A sigla SIPOC é uma abreviação dos termos em inglês: *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Saídas) e *Customers* (Clientes).

Para Toledo *et al.* (2017), esse diagrama possibilita uma representação abrangente dos relacionamentos e recursos de um processo. Sua criação pode ser feita a partir de um formulário, como é exemplificado pelo Quadro 3:

Quadro 3 - Formulário SIPOC

Processo:		Atividade:	
Responsável:			
ENTRADAS			
FORNECEDORES (SUPPLIERS)	INSUMOS (INPUTS)	FREQUÊNCIA	FATOR CRÍTICO
PROCESSAMENTO (*PROCESS*)			
SAÍDAS			
CLIENTES (CLIENTS)	RESULTADOS (OUTPUTS)	FREQUÊNCIA	FATOR CRÍTICO
INDICADOR		MELHORIA	

Fonte: Toledo *et al*(2017)

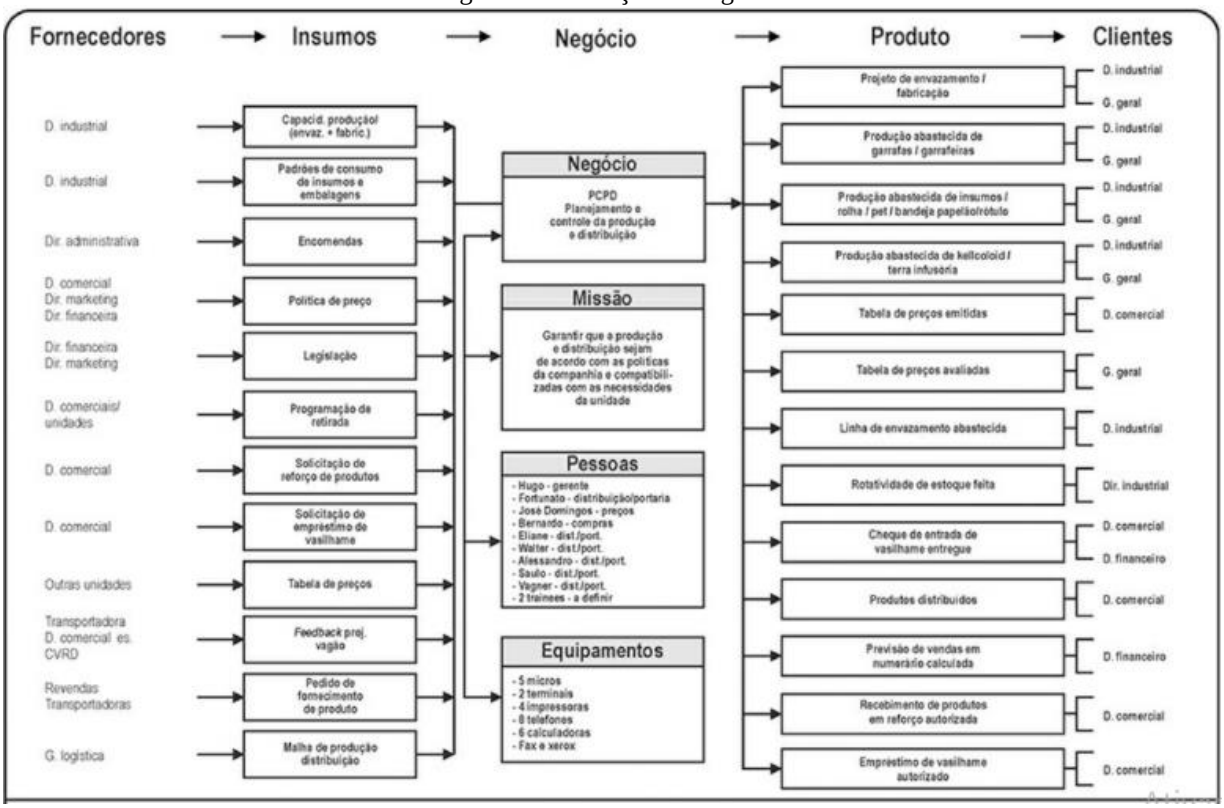
Na parte de “Entradas” do formulário, registram-se os *inputs* necessários para o processo, apontando os fornecedores de cada um, a frequência com que são recebidos e as especificações dos identificados como fatores críticos para a qualidade do processo.

Na parte “Processamento”, descrevem-se as operações e tarefas executadas, assim como os recursos utilizados para a execução das atividades do processo.

Na parte de “Saídas” do formulário, especificam-se os resultados do processo, listando seus *outputs*, os respectivos clientes, a frequência de entrega e as especificações das características da qualidade do produto.

Para Campos (2013), o SIPOC também pode ser denominado como “Descrição do Negócio” e é ilustrado graficamente, como no exemplo da Figura 8:

Figura 8 - Descrição do negócio



Fonte: Campos (2013)

2.5.3 INDICADORES DE PROCESSO

Toledo *et al.* (2017, p.113) define:

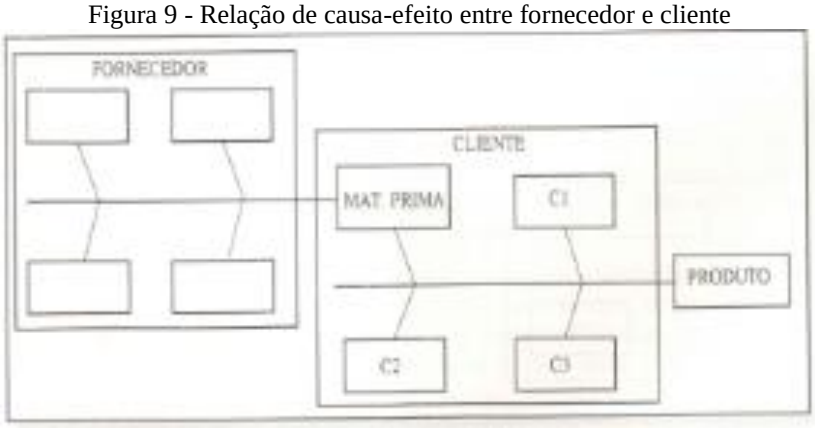
> Indicadores são formas de representações quantificáveis das características de um processo e de seus produtos, usados para controlar e melhorar a qualidade e o desempenho desses produtos ou serviços ao longo do tempo.

Podem ser estabelecidos dois tipos de indicadores:

- Itens de controle: índices numéricos que se referem à saída (efeito) de um processo, ou seja, medem as características da qualidade que são importantes para os clientes do processo;
- Itens de verificação: índices numéricos que se referem às entradas ou condições (causas) de um processo, ou seja, medem os elementos que são problemas ou potenciais problemas do processo.

Filho e Drumond (1994) explicam que há uma relação de causa-efeito entre os tipos de indicadores, em que se pode pensar na característica da qualidade, que deu origem ao item de controle, como produto de um pequeno processo constituído pelas causas que o afetam, medidas pelos itens de verificação. A Figura 9 ilustra essa relação:

Figura 9 - Relação de causa-efeito entre fornecedor e cliente



Fonte: Filho e Drumond (1994)

Campos (2013) comenta que os itens de controle, por serem estabelecidos sobre os resultados do processo, representam as responsabilidades do dono desse processo. E os itens de verificação, por mensurarem o desempenho dos componentes do processo, representam os meios pelos quais o dono do processo tem autoridade. Dessa forma, cada item de controle (efeito) deve ter um ou mais itens de verificação (causas) relacionados a ele.

Os indicadores devem apresentar algumas informações básicas como as apresentadas no formulário retirado de Toledo *et al.* (2017):

Quadro 4 - Formulário de especificação de indicadores de desempenho

INDICADOR DA QUALIDADE	
Processo:	
Atividade:	
Setor:	
Indicador	
Tipo	( ) controle ( ) verificação
Definição	
Meta	
Fórmula	
Procedimentos de Coleta	
Frequência	
Responsável (nome/setor)	
Distribuição	
Divulgação	
Observações	

Fonte: Toledo *et al*(2017)

2.5.4 VARIABILIDADE DE PROCESSOS

Conforme Filho e Drumond (1994) definem:

> Produtos de qualidade são produzidos quando os processos em funcionamento estão aptos a satisfazer, continuamente, as necessidades dos clientes, traduzidas em termos de especificações das características da qualidade do

> produto. Quando os processos falham nessa tarefa, altos custos são incorporados ao produto devido às perdas, inspeção total, refugo ou retrabalho.

Para Toledo *et al.* (2015) os processos de produção podem gerar produtos não conformes, e o percentual e os tipos de não conformidades podem mudar ao longo do tempo. A causa desses fenômenos é a variação inerente ao processo, que pode ser proveniente dos insumos, das máquinas, das inspeções, dos procedimentos, da mão de obra, das condições do ambiente, etc...

Essas variações, segundo Defeo e Juran (2015), se originam dentre duas formas: devido ao comportamento de uma variável, nova ou existente, determinante no processo; ou devido à inter-relação de diversas variáveis menores no processo. As primeiras, denominadas causas especiais/assinaláveis, são tipicamente esporádicas e relativamente fáceis de diagnosticar e aplicar ações corretivas. As segundas, chamadas causas comuns/aleatórias, são tipicamente crônicas e inerentes ao processo, e pela atuação de múltiplas variáveis, se tornam de difícil diagnóstico e solução.

Para os autores é fundamental distinguir as duas causas para serem tomadas decisões de gerenciamento, sendo que as causas especiais são o tema do controle da qualidade e as causas comuns são o tema da melhoria da qualidade.

Filho e Drumond (1994) complementam que se um processo opera com apenas causas comuns de variação, o mesmo é dito “sob controle”, ou seja, seu comportamento é previsível. Já quando o processo opera com causas especiais de variação, ele é dito “fora de controle”, ou seja, seu comportamento é instável e errático.

O Quadro 5 sintetiza as características de cada tipo de causa:

Quadro 5 - Causas comuns/aleatórias e especiais/assinaláveis

Comuns ou aleatórias	Especiais ou assinaláveis
1) São inerentes ao processo e estão sempre presentes.	1) São desvios do comportamento “normal” do processo. Atuam esporadicamente.
2) Muitas pequenas causas que produzem individualmente pouca influência no processo.	2) Uma ou poucas causas que produzem grandes variações no processo.
3) Sua correção exige mudanças maiores no processo. A correção pode ser justificável economicamente, mas nem sempre.	3) Sua correção é, em geral, justificável e pode ser feita na própria linha de produção.
4) A melhoria da qualidade do produto e do processo, quando somente causas comuns estão presentes, necessita de decisões gerenciais que podem envolver investimentos significativos.	4) A melhoria da qualidade pode, em grande parte, ser obtida por meio de ações locais que não envolvem investimentos significativos.
5) São exemplos: capacitação inadequada da mão de obra, produção apressada, manutenção deficiente, equipamento deficiente ou não capaz etc.	5) São exemplos: máquina desregulada, ferramenta gasta, oscilação temporária de energia, falha ocasional do operador etc.

Fonte: Toledo (2017)

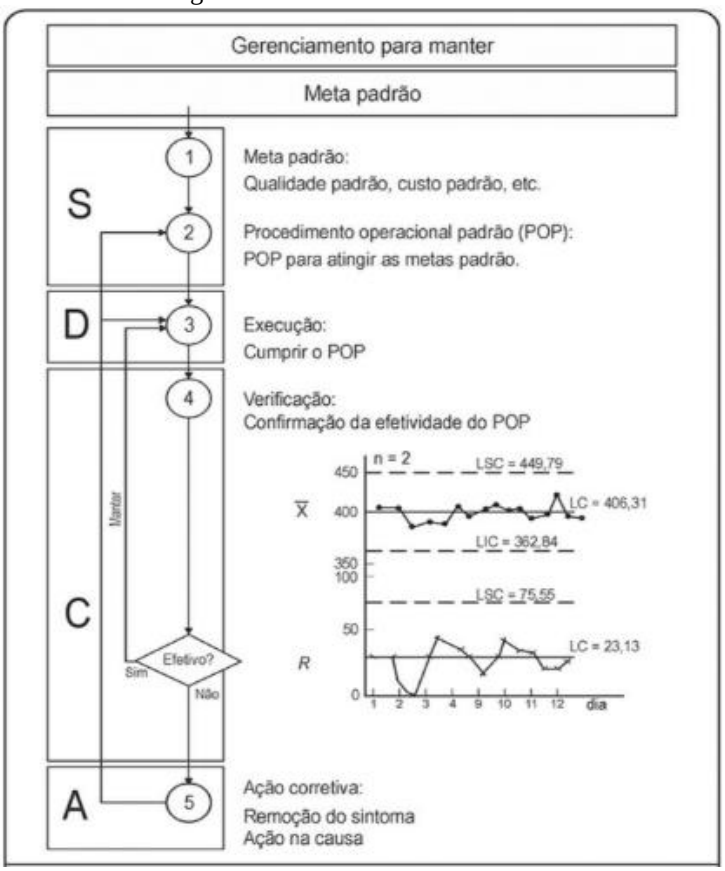
2.5.5 MÉTODOS DE GERENCIAMENTO DE PROCESSOS – PDCA E SDCA

Segundo Campos (2013), a etimologia de "método" é a soma das palavras gregas *meta* e *hodos*, em que *meta* significa resultado e *hodos* significa caminho. Assim, método quer dizer caminho para o resultado.

Para o autor, existem dois tipos de metas:

- Metas para manter, que também podem ser chamadas de metas padrão. Essas são, por exemplo, as de "fabricar um produto sempre com as mesmas dimensões". Tais metas são atingidas por meio de operações padronizadas (padrão de sistema e padrão técnico). O método utilizado nesse contexto é o SDCA, que é uma sigla composta pelas iniciais das palavras americanas *Standard* (Padrão), *Do* (Execução), *Check* (Checagem) e *Act* (Ação). A Figura 10 mostra o SDCA:

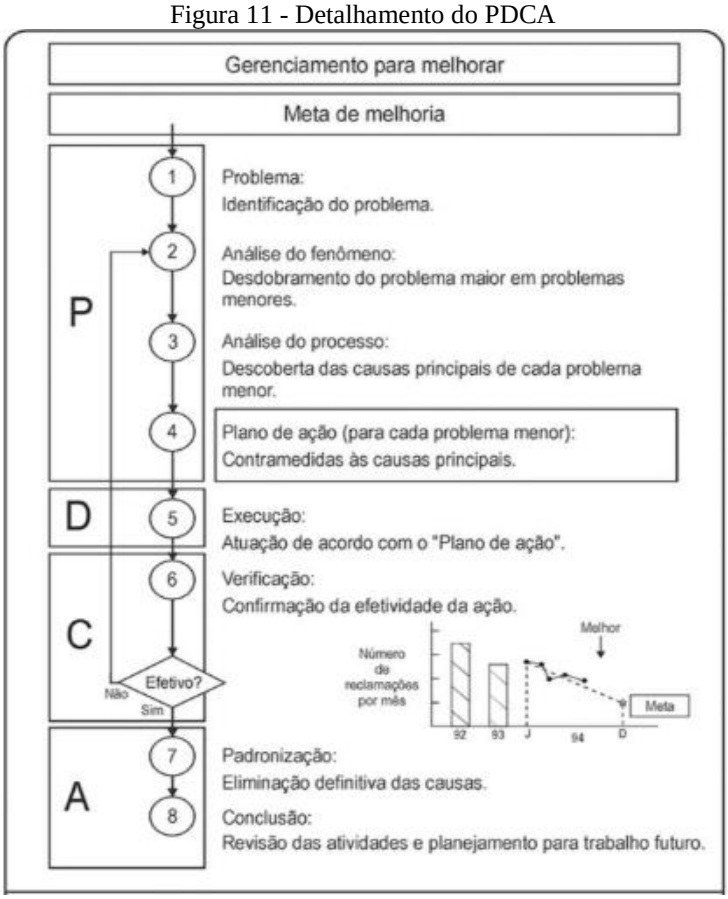
Figura 10 - Detalhamento do SDCA



Fonte: Campos (2013)

- Metas para melhorar, que podem ser definidas pela alta administração, como por exemplo, “aumentar a produção em 8% até dezembro”, ou por uma necessidade de melhoria de desempenho de um processo, como “reduzir em 10% o índice de refugos em seis meses”. Nesse caso, para se atingir tais metas é necessário que a maneira de trabalhar seja modificada, ou seja, devem-se modificar os padrões. O método utilizado nessas situações é o PDCA, que é uma sigla composta pelas iniciais das palavras americanas *Plan* (Planejamento), *Do* (Execução), *Check* (Checagem) e *Act* (Ação). Existe o PDCA direcionado para melhorar um processo existente e o PDCA para definir um novo processo. A Figura 11 mostra o PDCA:

Figura 11 - Detalhamento do PDCA

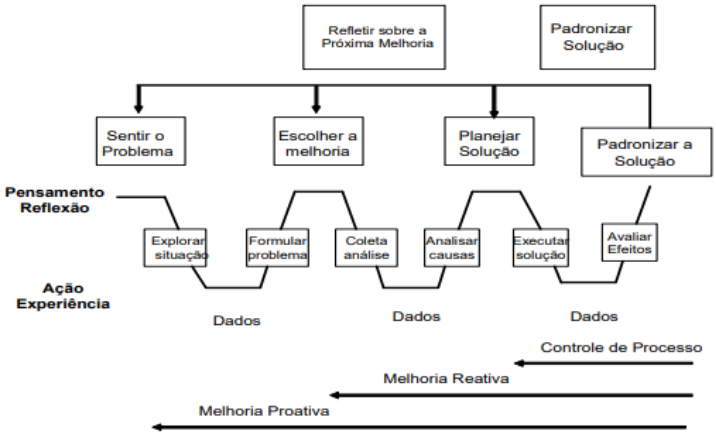


Fonte: Campos (2013)

Dessa forma, pode-se dizer que o PDCA modifica o SDCA, ou melhor, o coloca em outro patamar de desempenho.

Shiba *et al*. (1993) propõe um modelo de gerenciamento semelhante, denominado WV, que é baseado em um conceito de alternância entre o nível do Pensamento/Reflexão e o nível da Ação/Experiência, e que classifica três tipos de melhoria: disposição, melhoria reativa e melhoria proativa. A Figura 12 ilustra o modelo:

Figura 12 - Método WV



Fonte: Shiba *et al*. (1993)

Disposição é a etapa baseada no monitoramento de um processo para garantir que esse siga funcionando da maneira pretendida, ou volte à sua operação-padrão caso ele saia de controle/não atenda às especificações, sendo que nesse caso, devem-se realizar as ações corretivas da maneira preestabelecida no seu padrão técnico de processo. Assim, essa etapa é caracterizada pelo ciclo SDCA.

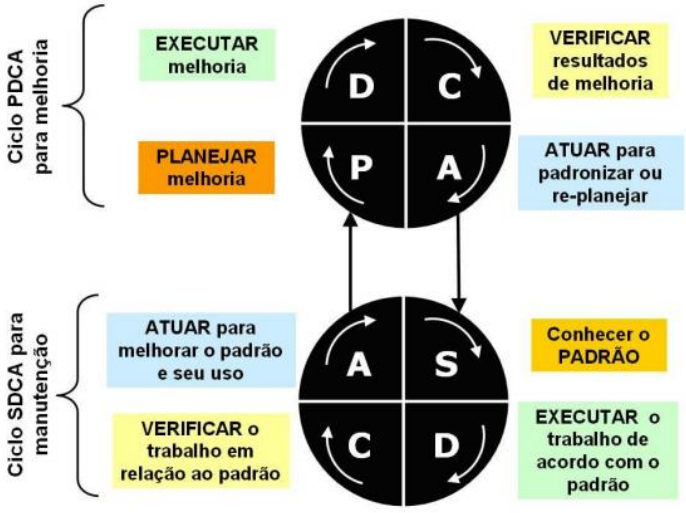
A melhoria reativa se refere aos processos cujas ocorrências de problemas não são resolvidas pelo SDCA. Dessa forma, ela busca identificar as causas dos problemas e implantar as soluções de modo a gerar uma mudança no processo que melhore seu nível de desempenho, definindo um novo padrão. Portanto, essa etapa se caracteriza pela aplicação do ciclo PDCA.

A melhoria proativa se acena a partir de uma nova orientação da empresa e não há uma demanda clara do processo, ou seja, não há uma ideia clara do problema. Dessa forma, explora-se a situação encontrada para formular o problema e, em seguida, aplica-se o PDCA.

O modelo de gerenciamento se dá por meio da interação entre as etapas e a consequente alternância entre os ciclos PDCA e SDCA, assim como a conjugação desses de forma consistente é o que forma a melhoria contínua, como mostram as Figura 13 e 14:

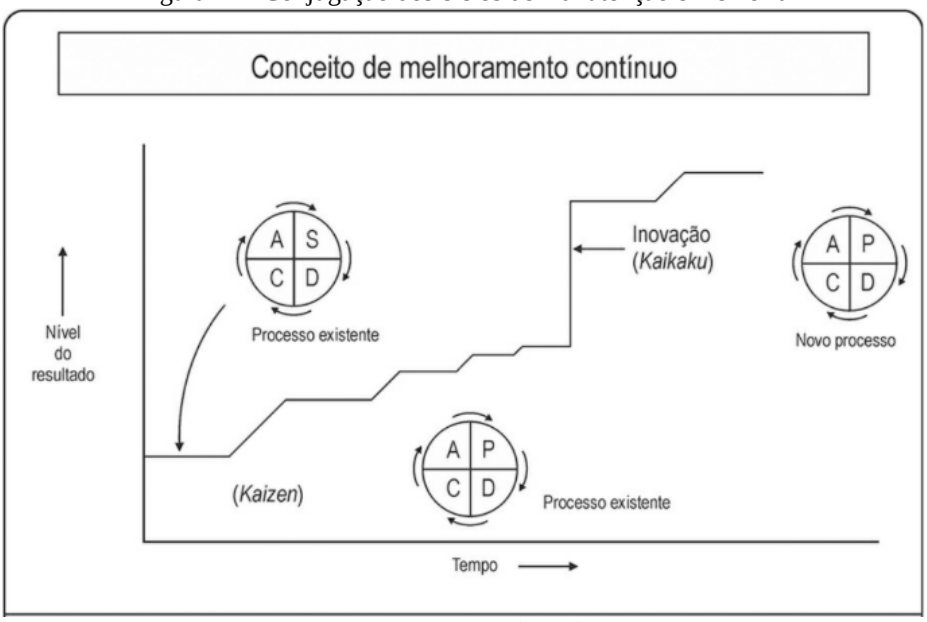
A aplicação do PDCA e do SDCA pode ser auxiliada por um conjunto de técnicas e ferramentas, qualitativas ou quantitativas, que dão suporte aos processos de tomada de decisão nas diferentes etapas do ciclo (CARPINETTI, 2016).

Figura 13 - Interação dos ciclos PDCA e SDCA



Fonte: Shiba *et al*. (1993)

Figura 14 - Conjugação dos ciclos de manutenção e melhoria



Fonte: Campos (2013)

2.5.6 FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PROCESSOS

Carpinetti (2016, p. 73) comenta que: “A evolução da qualidade ocorrida no século passado levou ao surgimento de várias técnicas para gerenciar a qualidade de produto e processo nas operações de produção da cadeia interna de valor.”.

Tais técnicas também podem ser consideradas ferramentas, e são direcionadas para apoiar a identificação, análise e solução de problemas de modo a controlar e promover a melhoraria contínua do desempenho de processos e produtos.

Segundo Toledo *et al*. (2017) essas ferramentas podem ser divididas da seguinte forma:

- Ferramentas básicas da qualidade: Folha de Verificação, Histogramas, Diagrama de Dispersão, Estratificação, Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Pareto e Gráficos de Controle;
- Ferramentas gerenciais da qualidade: Diagrama de Afinidade, Diagrama de Relação, Diagrama em Árvore, Diagrama de Matriz, Diagrama de Matriz de Priorização, Diagrama do Processo Decisório e o Diagrama de Setas;
- Técnicas intermediárias da qualidade: Amostragem, Inferência Estatística, Métodos Não Paramétricos;
- Técnicas avançadas da qualidade: Método Taguchi, Projeto de Experimentos, Análises Multivariadas;
- Ferramentas de planejamento da qualidade: Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment* – QFD) e Análise de Modos de Falhas e Seus Efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis* – FMEA).

Somadas a essas, ainda são utilizadas outras técnicas e ferramentas na prática da Gestão da Qualidade, dentre elas o *Brainstorming* e a tabela 5W1H.

2.5.6.1 BRAINSTORMING

Lobo (2010, p.48) define a técnica de *brainstorming* como:

> Método de geração coletiva de novas ideias pela contribuição e participação de diversos indivíduos inseridos num grupo. A utilização desse método baseia-se no pressuposto de que um grupo gera mais ideias do que os indivíduos isoladamente e constitui, por isso, uma importante fonte de inovação pelo desenvolvimento de pensamentos criativos e promissores.

Essa técnica é utilizada em diversas ferramentas de gestão para serem geradas ideias sobre os possíveis problemas, causas de problemas ou soluções de problemas.

A estruturação das sessões de *brainstorming* é colocada por Toledo *et al.* (2017), da seguinte forma:

- Selecionar um facilitador para conduzir a sessão;
- Recrutar um grupo de pessoas de até oito pessoas;
- Realizar um aquecimento do grupo para ativar o pensamento criativo do grupo;
- Explicar o problema;
- Produzir as ideias individualmente durante quinze minutos;
- Coletar as ideias de cada participante;
- Explicar as ideias, eliminar as duplicadas e selecionar as melhores.

Campos (2009) adiciona que essa é uma técnica de agregação de conhecimento à organização, e, portanto se convoca o conhecimento das pessoas para as sessões, de modo que essas pessoas sejam de origens diversificadas e tenham conhecimentos necessários ao tema.

2.5.6.2 AS SETE FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE

As sete ferramentas básicas da qualidade auxiliam na organização, interpretação e maximização da eficiência no uso de dados relativos a processos e produtos de uma organização por meio de procedimentos de coleta, apresentação e análise desses, transformando-os em informações para a tomada de decisões embasadas e racionais (TOLEDO *et al.*, 2017).

O Quadro 6, a seguir, lista essas ferramentas e indica o principal objetivo a que se destinam:

Quadro 6 - As sete ferramentas da qualidade e seus objetivos

Ferramenta/Técnica da qualidade	Objetivo a que se propõe
Folha de Verificação	Registro e agrupamento logicamente organizado de dados e informações a respeito de uma tarefa ou processo estudado.
Histograma	Representação gráfica do número de vezes que determinada característica ou fenômeno ocorre (distribuição de frequência) no processo estudado.
Diagrama de Dispersão	Estabelecimento da relação ou associação entre dois fenômenos, parâmetros, fatores ou variáveis de um processo estudado.
Estratificação	Agrupamento ou organização de dados de um processo em grupos significativos representativos de segmentos (ou estratos) da população de dados do processo.
Diagrama de Causa e Efeito	Identificação de fatores ou causas (variáveis de verificação) que geram ou sustentam uma degeneração da qualidade ou determinado problema (variável de controle) ou efeito de um processo ou produto.
Diagrama ou Análise de Pareto	Identificação das causas possíveis e mais significativas ou prioritárias de efeitos ou eventos ocorridos num processo.
Gráficos de Controle	Sinalização do comportamento, temporal, de variáveis relacionadas à dinâmica de dado processo.

Fonte: Toledo *et al* (2017)

a) ESTRATIFICAÇÃO

A estratificação consiste na divisão de um grupo em subgrupos com base em características distintivas, sendo que seu objetivo é de identificar como a variação de cada fator interfere no resultado do processo ou problema que se deseja investigar. (CARPINETTI, 2016).

Para Campos (2009), para que possa ser mais bem compreendido, um problema pode ser estratificado por:

- Tempo (manhã/tarde/noite, inverno/verão);
- Local (departamento A/B/C, região A/B/C);
- Tipo (matéria-prima A/B/C, máquina A/B/C, operador A/B/C)

- Sintoma (seco/úmido, rentáveis/não rentáveis).

A estratificação é uma ferramenta bastante útil nas etapas de análise e de observação do problema.

b) FOLHAS DE VERIFICAÇÃO

As Folhas de Verificação são formulários utilizados para registrar dados de forma simples, organizada e padronizada de forma que o seu posterior uso seja facilitado.

Segundo Kume (1993), por mais que a coleta e registro de dados possam parecer simples, na realidade essa atividade tem grande incidência de erros e inconsistências, de acordo com o responsável executante da tarefa. Dessa forma, as Folhas de Verificação tornam-se extremamente úteis.

De maneira geral, as folhas ficam impressas na estação de trabalho onde os dados são coletados, para que os operadores possam fazer o registro de maneira ágil e instantânea (NEVES, 2007).

Toledo *et al.* (2017) coloca que os dados podem ser do tipo: dimensional, temporal, econômico, ou atributos.

Os autores comentam que para um formulário completo e intuitivo, devem-se conter os seguintes campos:

- Instruções: procedimento adotado para a coleta dos dados;
- Dados adicionais: data da coleta, nome do responsável, posto de trabalho e identificação do lote;
- Quadro de dados: representação gráfica ou em tabela do local de registro dos dados.

Na Figura 15, é dado um exemplo de outro modelo de Folha de Verificação:

Figura 15 – Exemplo de folha de verificação

Tipo	Rejeitados	Subtotal
Marcas	卌 卌 卌 卌 卌 //	32
Trincas	卌 卌 卌 ///	23
Incompleto	卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 //	48
Distorção	////	4
Outros	卌 //	8
	Total Geral	115
Total rejeitados	卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 卌 /	86

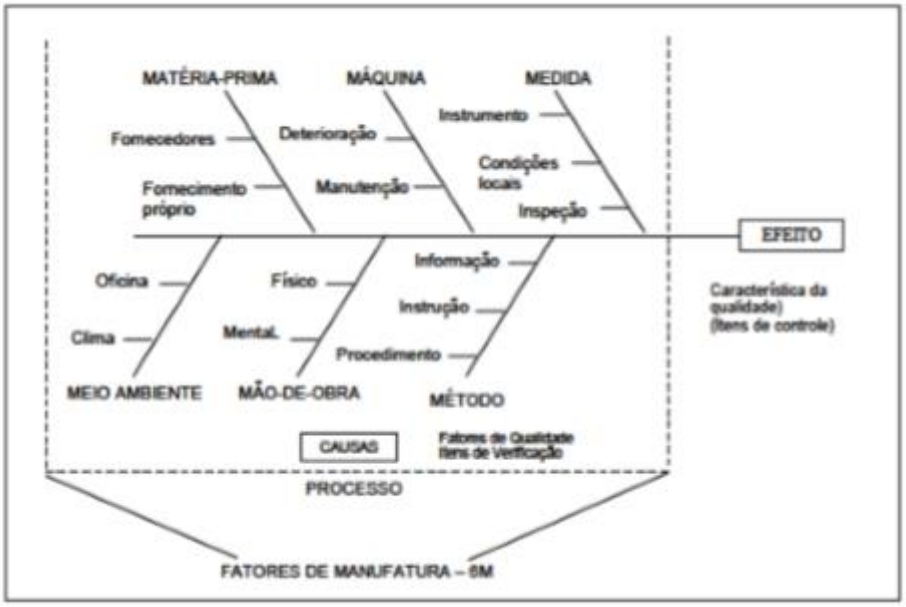
Fonte: Carpinetti (2016)

c) DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta que apresenta de forma visual as relações existentes entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) inerentes ao processo que possam afetar o resultado avaliado. Assim, atua como um direcionador para a revelação da causa fundamental do problema e, com isso, facilita a determinação das contramedidas a serem adotadas (WERKEMA, 2006).

Um Diagrama de Causa e Efeito também é chamado de "Diagrama de Espinha de Peixe", pois sua estrutura lembra o esqueleto de um peixe. Essa ferramenta também pode ser denominada "Gráfico 6M", pois as causas de um processo produtivo podem ser enquadradas em seis categorias básicas: Método, Máquina, Matéria-Prima, Medida, Mão-de-Obra e Meio Ambiente. A Figura 16 apresenta um exemplo:

Figura 16 - Estrutura de diagrama de causa-efeito



Fonte: Campos (2013)

Kume (1993) estabelece o procedimento para a construção de Diagramas de Causa e Efeito para identificação de causas da seguinte forma:

- Etapa 1: Escrever a característica da qualidade enquadrada num retângulo;
- Etapa 2: Desenhar a espinha dorsal apontada para o retângulo do efeito;
- Etapa 3: Escrever as causas primárias associadas às espinhas grandes conectadas à espinha dorsal;
- Etapa 4: Escrever as causas secundárias associadas às espinhas médias conectadas às espinhas grandes;

- Etapa 5: Escrever as causas terciárias associadas às espinhas pequenas conectadas às espinhas médias;
- Etapa 6: Destacar os fatores mais importantes em relação ao impacto na característica da qualidade.

A construção da ferramenta é mais completa e assertiva se realizada pelo grupo de pessoas envolvidas com o processo considerado. Para a identificação das causas primárias, a equipe deve responder à seguinte pergunta: "Que tipo de variabilidade (nas causas) poderia afetar a característica da qualidade de interesse?". Em seguida, para identificar as causas derivadas, deve-se responder à seguinte questão: "Por que isso acontece?". Dessa forma, encontram-se as causas fundamentais (CARPINETTI, 2016).

d) HISTOGRAMA

Carpinetti (2016, p.86) define o histograma como:

> Gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um desses intervalos, é construída uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente.

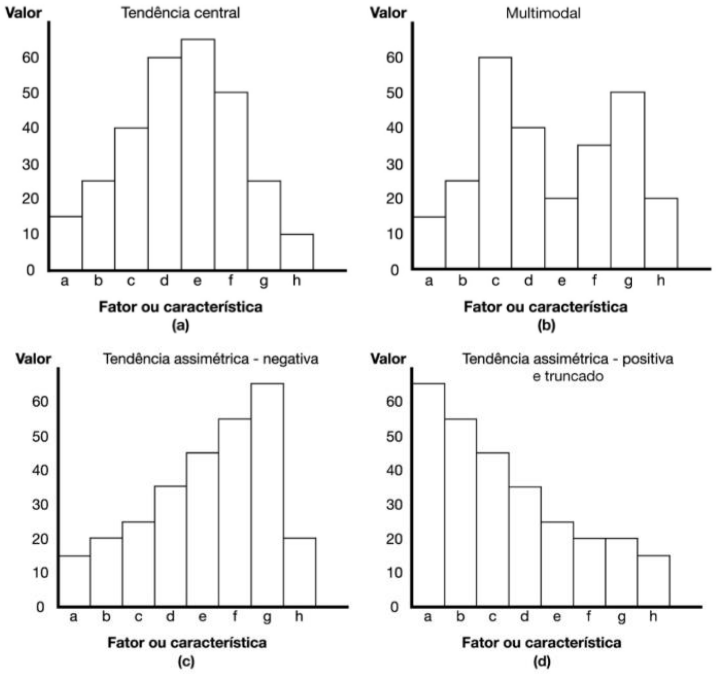
Através dessa ferramenta é possível visualizar a distribuição dos valores da variável, analisando as frequências de conjuntos de valores e a dispersão dos dados em torno do valor central.

Kume (1993) estabelece o procedimento de construção de um histograma pelas seguintes etapas:

- Etapa 1: Calcular a amplitude da amostra (R);
- Etapa 2: Determinar a quantidade de intervalos de classe (k);
- Etapa 3: Determinar os limites dos intervalos de classe (h);
- Etapa 4: Calcular o ponto médio de cada classe;
- Etapa 5: Desenhar o histograma.

Na Figura 17 apresentam- se alguns dos formatos mais comuns de histogramas:

Figura 17 - Formatos comuns de histogramas

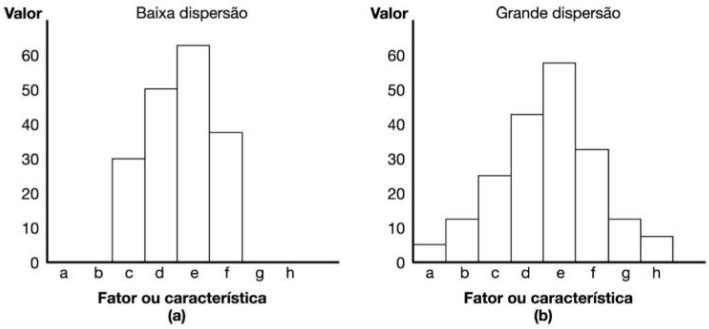


Fonte: Toledo *et al.* (2017)

Podem ser realizadas análises de centralidade ou locação dos histogramas. Os de tendência central, como o da Figura 17(a), são caracterizados por apresentar a classe central com maior frequência e as demais distribuídas de forma simétrica. Os de tendência negativa, como da Figura 17(c), tem seu valor médio deslocado para a direita, com uma distribuição assimétrica em que há uma suave diminuição de frequência para sua esquerda e uma brusca diminuição à direita. Os de tendência positiva, como da Figura 17(d), apresentam característica inversa aos de tendência negativa, sendo que nesse caso, o histograma é dito truncado, onde a classe de maior frequência coincide com o eixo das ordenadas do histograma. Por fim, há também o multimodal, como da Figura 17(b), onde há mais do que uma classe com altas frequências, podendo nesse caso, representar duas ou mais populações distintas (TOLEDO *et al.*, 2017).

Os autores citam outra análise que pode ser feita em cima dos histogramas: da dispersão ou variabilidade dos dados em torno da classe de maior frequência. Podendo ser bastante concentrados, como da Figura 18(a), ou mais espalhados, como da Figura 18(b).

Figura 18 - Dispersão de histogramas



Fonte: Toledo et *al.* (2017)

e) DIAGRAMA DE PARETO

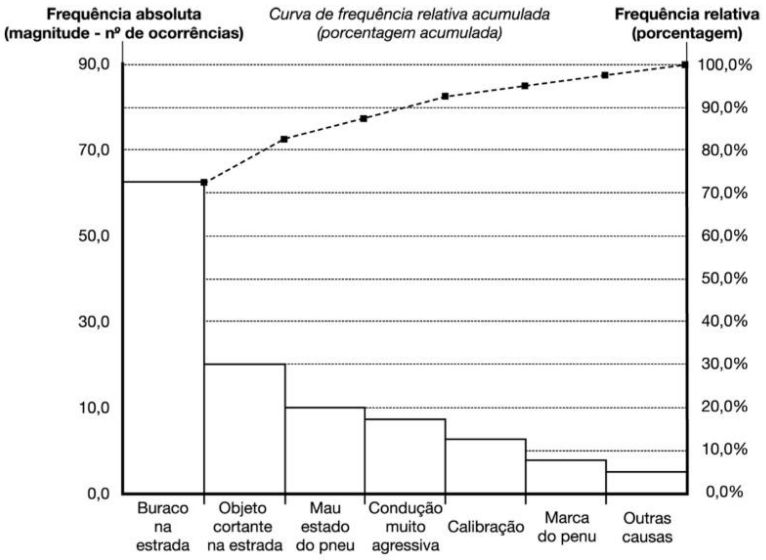
Conforme abordado em Carpinetti (2016), Juran introduziu o Princípio de Pareto ao controle da qualidade como uma forma de estabelecer os “poucos vitais” e os “muitos triviais” demonstrando que a maior parte das perdas da qualidade decorre de um número pequeno de problemas e também que poucas causas são as grandes responsáveis pelos efeitos de um problema. Ao se considerar que os recursos organizacionais são escassos, os mesmos devem ser aplicados na eliminação dos problemas de maior impacto. Assim, ao se identificar as poucas causas vitais dos poucos problemas vitais ocorrentes na empresa, eliminam-se praticamente todas as perdas por meio da execução de algumas ações prioritárias.

A ferramenta utilizada para a aplicação desse princípio é o Diagrama de Pareto, que é um gráfico de barras verticais, que, com os dados coletados em mãos, deve ser construído da seguinte forma:

- Calcular a frequência de cada categoria;
- Calcular a porcentagem da frequência de cada categoria em relação ao total e a porcentagem acumulada;
- Ordenar as categorias no eixo horizontal do gráfico em ordem decrescente de frequência, da esquerda para a direita;
- Criar a escala de frequências no eixo vertical esquerdo e a escala de porcentagens no eixo vertical direito;
- Traçar as barras das categorias e a linha da porcentagem acumulada.

A Figura 19 mostra um exemplo de Diagrama de Pareto.

Figura 19 - Exemplo de diagrama de pareto



Fonte: Toledo *et al*. (2017)

Kume (1993) classifica os Diagramas de Pareto em dois tipos:

- Diagrama de Pareto por Efeitos: para identificar qual é o maior problema que dá origem aos resultados indesejáveis. São utilizados nas características dos processos referentes à qualidade, custo, entrega e segurança;
- Diagrama de Pareto por Causas: para descobrir qual é a maior causa geradora do problema. São utilizados em relação às características dos recursos dos processos, como operador, máquina, matéria-prima e método de operação.

Segundo Toledo *et al.* (2017) deve-se atentar aos seguintes pontos:

- É inconveniente que o item “outros” tenha uma porcentagem muito alta. Isso é sinal de que o método de classificação não foi adequado;
- Se possível, é de preferência representar os dados em função de valores monetários;
- Se um fator for de solução simples, deve-se atacá-lo de imediato, mesmo que não sejam os de maior importância;
- É imprescindível que o Diagrama de Pareto por Causas seja construído após a identificação do problema

f) DIAGRAMA DE DISPERSÃO

Toledo *et al.* (2017) define o Diagrama de Dispersão como uma ferramenta gráfica capaz de demonstrar a relação existente entre duas variáveis, mensurar a intensidade do relacionamento entre elas e identificar qual o tipo de correlação configurado.

De maneira geral, Kume (1993) aponta que as naturezas das duas variáveis analisadas são:

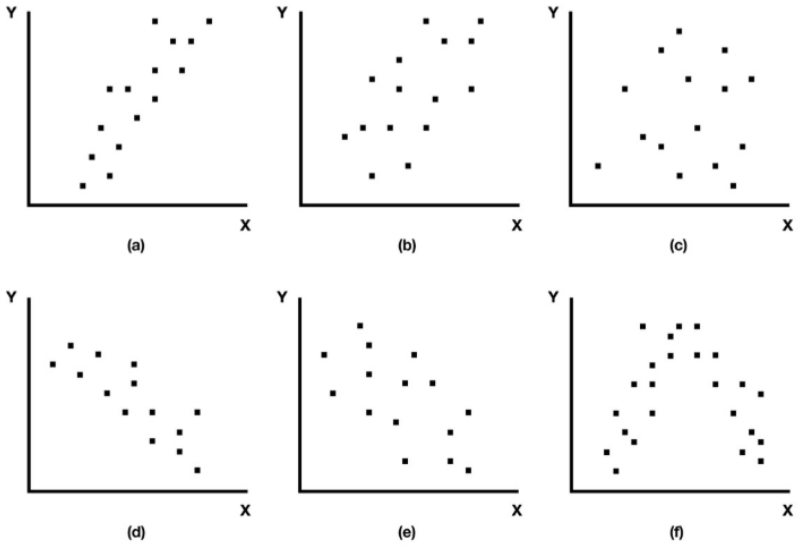
- Uma característica da qualidade e um fator que a afeta;
- Duas características da qualidade que se relacionam;
- Dois fatores que se relacionam com uma mesma característica da qualidade.

A elaboração de um Diagrama de Dispersão é realizada por meio dos seguintes passos:

- Coletar no mínimo 30 pares (x,y) de dados das variáveis de estudo;
- Definir as escalas dos eixos horizontal e vertical de forma que ambos os comprimentos sejam aproximadamente iguais;
- Alocar a variável independente no eixo horizontal e a variável dependente no eixo vertical;
- Representar os pares ordenados com um ponto no plano;
- Se dois ou mais pares de dados forem iguais, desenhar círculos concêntricos no plano.

Na Figura 20 são apresentados alguns exemplos de diagramas:

Figura 20 - Formas de diagrama de dispersão



Fonte: Toledo *et al*. (2017)

Os gráficos podem ser interpretados em termos das correlações entre as variáveis e a respectiva intensidade dessas. A Figura 20(a) apresenta uma correlação fortemente positiva entre as variáveis, ou seja, um crescimento exclusivo de X (causa) corresponde uma relação direta de crescimento de Y (efeito). A Figura 20(b) indica uma correlação fracamente positiva, ou seja, quando X (causa) cresce, há uma tendência corresponde de crescimento de Y (efeito), porém pode haver outras causas de dependência. As figuras 20(d) e 20(e) apresentam correlação

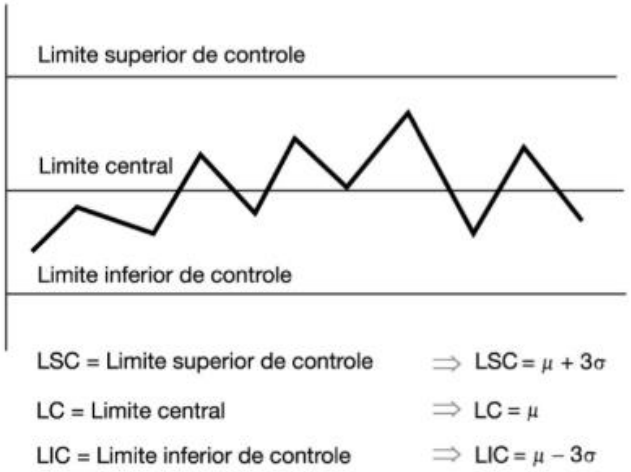
fortemente negativa e fracamente negativa respectivamente e possuem comportamento análogo às correlações positivas. A Figura 20(c) indica ausência de correlação evidente entre X e Y. E a Figura 20(f) mostra que pode existir uma relação não linear entre X e Y (TOLEDO *et al.*, 2017).

g) GRÁFICOS DE CONTROLE

O gráfico de controle foi originalmente proposto em por W. A. Shewhart com o objetivo de erradicar variabilidade anormal dos processos a partir da visualização da diferença entre variações por causas comuns e por causas especiais. Ele consiste em uma linha central, uma linha de limite de controle abaixo da linha central (limite inferior), uma linha de limite de controle acima da linha central (limite superior) e pontos demarcados no gráfico representando os resultados de um processo. Se todos os pontos estiverem dentro do intervalo das linhas de limite de controle, apenas causas comuns estão atuando no processo e o mesmo está "sob controle". Se os pontos estiverem fora do intervalo das linhas de limite de controle ou apresentarem alguma tendência particular, há causas especiais atuando sobre o processo e o mesmo está "fora de controle" (KUME, 1993).

Toledo *et al.* (2017) complementa que os pontos do gráfico são valores calculados a partir de amostras obtidas da característica da qualidade do processo em estudo e plotados em ordem cronológica ao longo do eixo horizontal do gráfico. A linha central representa o valor médio e as linhas de limite inferior e superior representam os limites de variação estatística do processo determinados, geralmente, em três vezes o desvio padrão do conjunto de valores. A Figura 21 ilustra um exemplo genérico de gráfico de controle:

Figura 21 - Esquema geral dos gráficos de controle



Fonte: Toledo *et al.* (2017)

Existem dois tipos básicos de gráficos de controle. Cada um possui gráficos específicos em função das particularidades da característica da qualidade a ser controlada:

- Gráficos de variáveis (quantitativos):
  - $(\bar{X}$ e R) – média e amplitude dos valores de um subgrupo;
  - $(\tilde{X}$ e R) – mediana e amplitude dos valores de um subgrupo;
  - (X, R) – valores individuais e amplitude móvel.
- Gráficos de atributos (qualitativos):
  - gráficos de p – proporção de não conformidades por amostra;
  - gráficos de np – número de unidades não conformes por amostra;
  - gráficos de c – número de não conformidades por amostra;
  - gráficos de u – número de não conformidades por unidade de produto.

Segundo Toledo *et al.* (2017), no caso dos gráficos de variáveis, sempre se deve analisar os pares de gráficos para verificar se existem condições anormais como tendências ou comportamentos cíclicos, que indicam instabilidade do processo. As características de um padrão estável de um gráfico de controle são:

- A maioria dos pontos está próxima da linha central, porém sem uma concentração excessiva (68% entre +-1S em torno da média e 95% entre +-2S em torno da média);
- Nenhum ponto fora dos limites de controle;
- Distribuição temporal aleatória em torno da linha central;
- Não se configuram tendências de aumento ou de diminuição sistemática de pontos (7 pontos consecutivos);
- Não existem comportamentos cíclicos na distribuição temporal dos pontos.

Os autores complementam que há uma fase preliminar de preparação do gráfico de controle, onde são eliminados da análise os *outliers*, para em seguida, definir o gráfico padrão de controle a ser utilizado para monitoramento rotineiro do processo.

Outra análise realizada acerca dos gráficos de controle é a de capacidade do processo, que pode ser avaliada assim que o processo seja considerado estável. Toledo *et al.* (2017, p.278) definem o conceito de capacidade do processo:

> O conceito de capacidade do processo tem uma associação com a especificação do produto que o processo deve atender, ou seja, é a capacidade de o processo produzir unidades do produto, e sua repetibilidade, dentro das especificações de projeto do produto. Assim, a capacidade do processo mede a relação entre a variabilidade natural do processo para produzir determinado produto e a tolerância de especificação do projeto desse produto, que é

representada pela faixa de valores entre o LSE (Limite Superior de Especificação) e o LIE (Limite Inferior de Especificação).

A capacidade de um processo é expressa por um índice que traduz o nível de atendimento de um processo à sua especificação, por meio da seguinte fórmula:

$$Cp = \frac{\text{tolerância de especificação}}{6\sigma}$$

Associado ao *Cp* utiliza-se outro índice denominado *Cpk*, que indica a distância entre o valor médio do processo e o valor nominal da especificação de projeto da característica da qualidade. Seu cálculo é dado pelas seguintes fórmulas:

$$Cpk = \text{Min}\ [Cpk\ \text{inf};\ Cpk\ \text{sup}]$$
$$Cpk\ \text{sup} = (\text{LSE} - \text{média do processo})\ /\ 3 \times \text{desvio padrão do processo}$$
$$Cpk\ \text{inf} = (\text{média do processo} - \text{LIE})\ /\ 3 \times \text{desvio padrão do processo}$$

O Quadro 7 mostra uma ideia de interpretação da capacidade de um processo em relação aos valores dos índices *Cp* e *Cpk*:

Quadro 7 - Interpretação do índice de capacidade do processos

Cp ou *Cpk*	Nível	Conceito/Interpretação
Maior que 1,33	A	CAPAZ – Confiável, os operadores do processo exercem completo controle sobre ele, pode-se utilizar o pré-controle.
Entre 1 e 1,33	B	RELATIVAMENTE CAPAZ – Relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre as operações, mas o controle da qualidade deve monitorar e fornecer informações para evitar a deterioração do processo.
Entre 0,75 e 0,99	C	INCAPAZ – Pouco confiável, requer controle contínuo das operações, pela fabricação e pelo controle da qualidade, visando evitar descontroles e perdas devido a refugos, retrabalhos, paralisações etc.
Menor que 0,75	D	TOTALMENTE INCAPAZ – O processo não tem condições de atender às especificações ou padrões, por isso são requeridos o controle, a revisão e a seleção de 100% dos produtos ou resultados do processo.

Fonte: Toledo *et al.* (2017)

2.5.6.3 5W1H

Essa é uma ferramenta em formato de tabela utilizada para simplificar o entendimento, facilitar a implementação e auxiliar no acompanhamento de planos de ação. Assim, defini-se um plano de ação de forma objetiva e decomposta, segundo Carpinetti (2016), nas seguintes informações, que representam suas iniciais em inglês:

- O quê (*What*): breve descrição da ação ou contramedida;
- Por quê (*Why*): justificativa para implementação da ação;
- Onde (*Where*): em que local será implementada a ação;
- Quem (*Who*): quem será responsável pela implementação da ação;

- Quando (*When*): qual o prazo de conclusão da ação;
- Como (How): breve descrição do procedimento de implementação da ação.

CAMPOS (2013) apresenta um exemplo de uso da ferramenta no Quadro 8 abaixo:

Quadro 8 - Exemplo de quadro 5W1H

Contramedidas *(What)*	Respon-sável *(Who)*	Prazo *(When)*	Local *(Where)*	Justificativa* *(Why)*	Procedimento *(How)*
1. Nivelar a base do equipamento	Trajano	31/8	Laminação	Para evitar quebra do mancal	Desmontar o laminador principal, retirá-lo com a ponte rolante e elevar a base B2 em 2 cm por meio de chapas de aço furadas para dar lugar ao parafuso regulador.
2. Trocar as guias	Augusto	31/8	Laminação	Para evitar paradas	Aproveitar o desmonte do laminador e trocar as guias que já se apresentam gastas.
3. Treinar o pessoal	Marcondes	30/6	Centro trein. e área	Para capacitá-los nos novos procedimentos	Utilizar os procedimentos operacionais padrão RC-0-1-98 e RC-0-1-99 recentemente atualizados.
Aqui você coloca as contramedidas provenientes do *brainstorming* (Ver Quadro 3.1).	Aqui só se coloca um nome, e não um grupo ou uma sigla. O responsável deve ser uma pessoa física.			Nestas cinco colunas você coloca os dados complementares, como mostrado acima.	* Não deixe de colocar esta coluna (WHY). As pessoas querem saber por que fazem cada coisa.

Fonte: Campos (2013)

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 A EMPRESA

A empresa objeto do estudo está há mais de 50 anos no mercado, pertencente ao setor de Papel e Celulose, cujos segmentos-foco são o de fabricação de papeis para embalagens e de embalagens de papelão ondulado. Está entre as 15 maiores indústrias do setor, com faturamento anual médio de R$200 milhões, cerca de 3000 funcionários diretos e indiretos, volume de produção anual médio de 75000 toneladas.

Sua produção é verticalizada e realizada a partir de matéria-prima 100% reciclada, reciclável e biodegradável. Possui duas unidades produtivas localizadas no eixo Rio-São Paulo-Belo Horizonte: uma responsável pela produção do papel para embalagem, e a outra responsável pela produção das chapas e caixas de papelão ondulado.

Dentro da cadeia produtiva, seus principais produtos (Figura 22) são:

- Papel: O papel é produzido a partir de aparas de papel e papelão reciclados que são hidratadas, gerando uma massa, que é limpa e seca até se formar a folha de papel, sendo, em seguida, enroladas e rebobinadas. São produzidas bobinas, com gramaturas que variam entre 95 e 200 g/m², dos tipos de papel: Miolo, WTL e Testliner. Podem ser utilizadas na conversão de embalagens rígidas e flexíveis como chapas, bobinas onduladas, sacolas, sacos de papel.
- Chapa: As chapas de papelão são fabricadas a partir do papel produzido pela empresa ou de fornecedores terceiros. Elas são formadas por um ou mais elementos ondulados (miolo) e dois elementos planos (capas). São matérias-primas na confecção de caixas para embalagem, e podem ser utilizadas diretamente para proteção de mercadorias e para separação de produtos em paletização.
- Caixa: As caixas são montadas a partir da conversão das chapas de papelão produzidas pela própria empresa. É o principal produto da empresa, responsável pelo maior volume de produção e faturamento. São destinadas à proteção, acondicionamento, transporte e exposição de produtos (fruticultura, frigorificado, avicultura, bebidas, cerâmicas...).

Figura 22 - Produtos de empresa

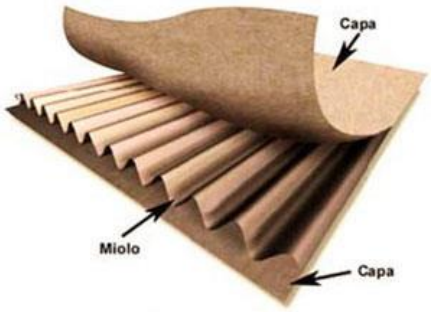
Fonte: O autor

O presente trabalho foi realizado em uma subárea, denominada Fábrica de Cola, do setor de produção de chapas de papelão ondulado de uma das unidades produtivas da empresa em questão.

3.2 SETOR DE PRODUÇÃO DE CHAPAS DE PAPELÃO

As chapas de papelão são compostas por uma estrutura de três ou mais folhas de papel: duas capas planas, uma interna e outra externa, e um ou mais miolos, que são os elementos ondulados da chapa. A Figura 23 ilustra um exemplo de composição de chapa:

Figura 23 - Estrutura de uma chapa de papelão



Fonte: ABRE

Cada família de chapas pode ser formada por diversas composições a partir da combinação de papeis com diferentes gramaturas nas capas e nos miolos, além de apresentar diversos perfis de ondas que variam em altura e quantidade por centímetro linear.

A qualidade de uma chapa de papelão ondulado é ditada a partir de especificações quantitativas e qualitativas requeridas por cada cliente e avaliadas em testes físicos de resistência e em inspeções visuais.

O processo de transformação das bobinas de papel em chapas de papelão é relativamente simples, pois acontece em apenas uma máquina, denominada Onduladeira (Figura 24), e possui basicamente duas matérias-primas: o papel, que sofre transformações físicas ao longo da máquina, sendo tensionado, aquecido, modelado, colado e cortado; e a cola, que é produzida a partir de amido, e tem como função unir os miolos ás capas.

Figura 24 - Modelo de Onduladeira

Fonte: DC TECH

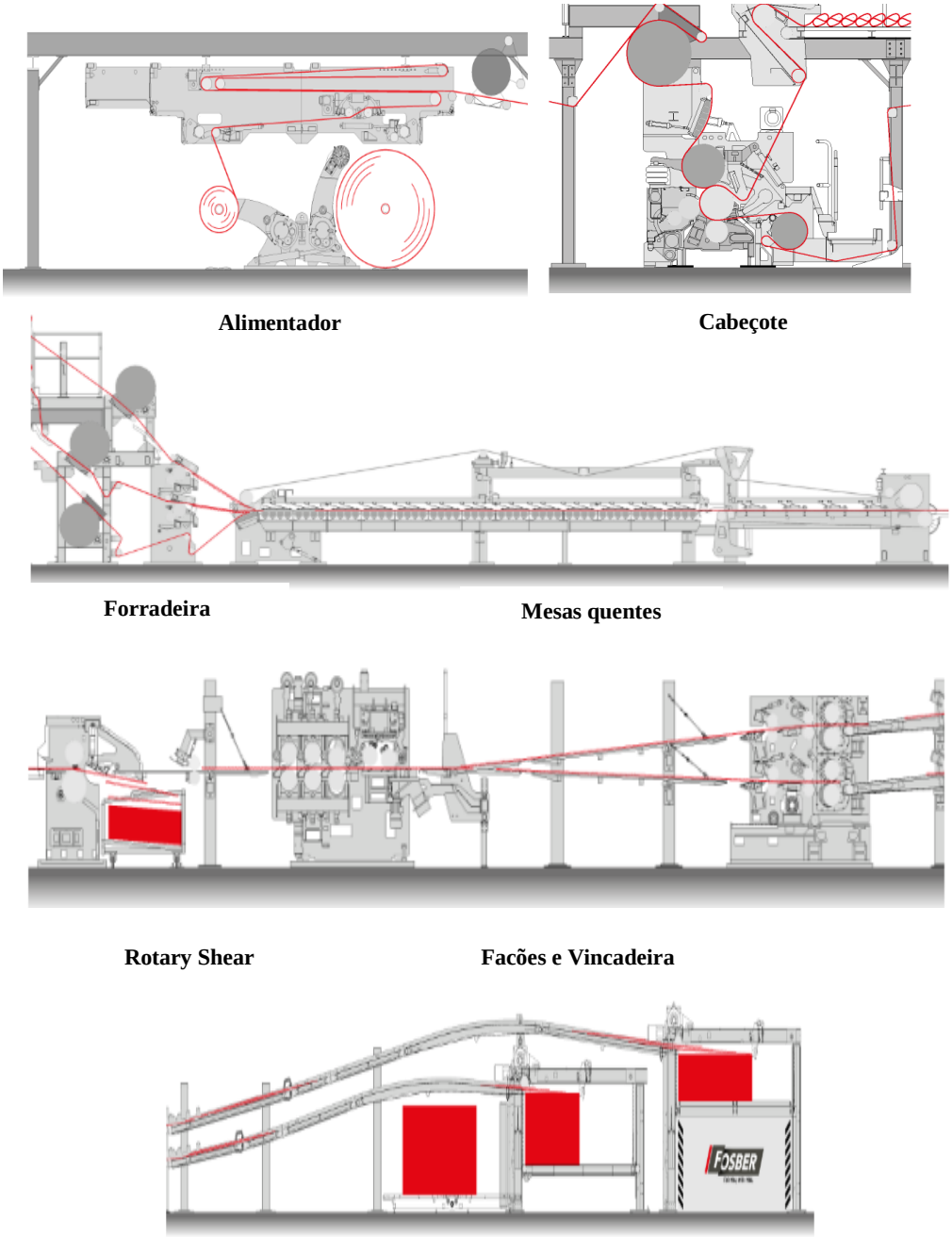
Porém, com a exigência de alta produtividade, o funcionamento da Onduladeira em si é complexo, tendo uma série de parâmetros e possibilidades de ajustes de acordo com as diversas famílias de composições de chapas. Todos esses devem estar em sinergia, através de funções automatizadas e etapas de controle, para que ao final do processo seja produzida uma chapa de qualidade.

De maneira simplificada o processo de confecção de chapas de papelão ondulado é dado da seguinte maneira através da Onduladeira: Inicialmente os rolos de papel são alimentados na máquina por meio de porta-bobinas. Normalmente utilizam-se três rolos de papel: um destinado à confecção do miolo ondulado, um para a capa interna da chapa e outro para a capa externa. A primeira etapa de transformação acontece em uma parte da máquina denominada Cabeçote, onde é realizada a ondulação do miolo e onde esse é colado à capa interna, formando uma composição denominada face simples. A face simples é então conduzida pela ponte até a Forradeira, outra parte da máquina, cuja função é colar a capa externa à face simples, formando a face dupla. Em seguida, o produto entra em uma seção da Onduladeira denominada Mesa

Quente, em que a face dupla passa sob várias sapatas aquecidas com o propósito de ressecar a composição e curar a cola aplicada. Posteriormente, a face dupla é transformada em chapas de diversos comprimentos e larguras, com operações automatizadas executadas por meio das seções no Rotary Shear e nos Facões e Vincadeiras. Por fim, no Stacker, cada formato de chapa é contado e empilhado em montes, finalizando o processo.

As seções da Onduladeira são ilustradas na Figura 25:

Figura 25 - Seções da Onduladeira

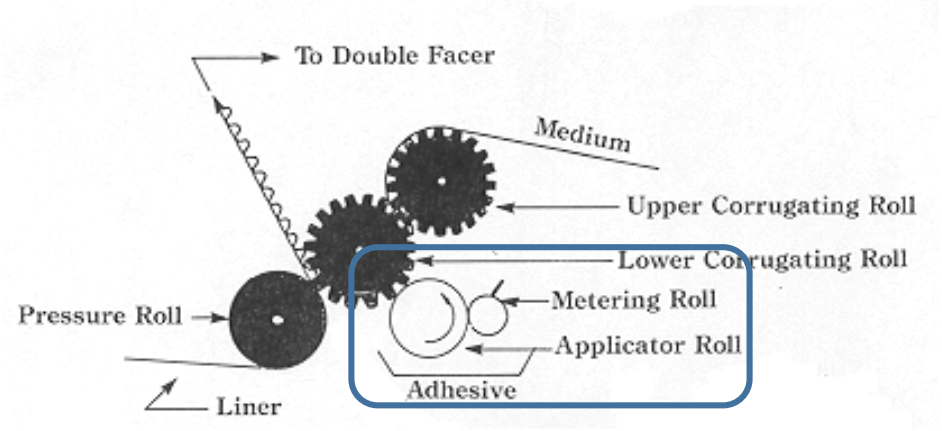


Fonte: Adaptado FOSBER

3.2.1 PROCESSO DE COLAGEM

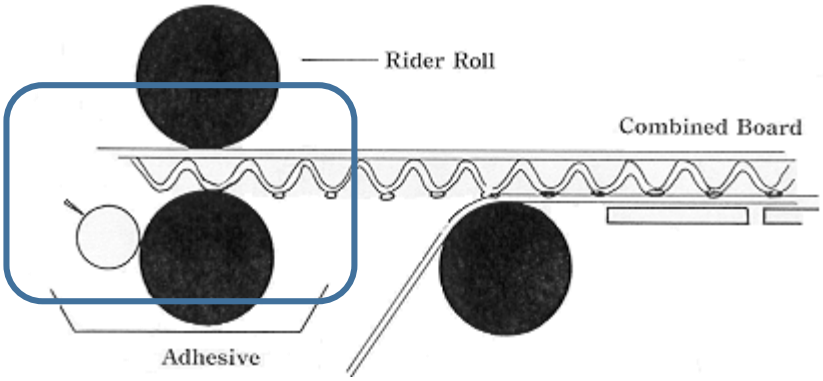
A cola que sai dos tanques de abastecimento, é aplicada em dois momentos na Onduladeira. O primeiro é no Cabeçote (Figura 26), e o segundo na Forradeira, (Figura 27).

Figura 26 - Colagem no Cabeçote



Fonte: Adaptado PKG Solutions

Figura 27 - Colagem na Forradeira

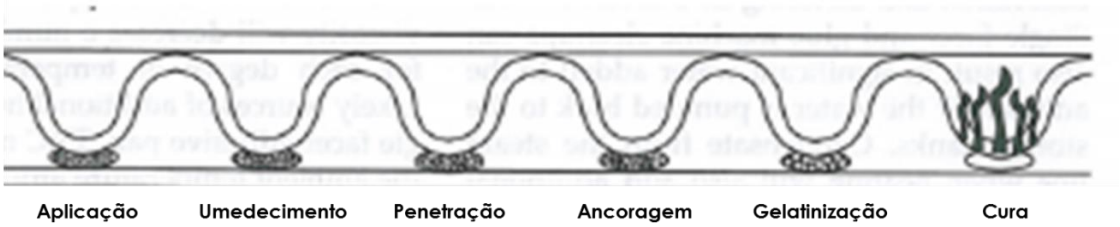


Fonte: Adaptado PKG Solutions

No processo de colagem, a cola passa por cinco etapas de transformação, até se tornar o adesivo que cumpre com as funções requisitadas: A primeira etapa é a de aplicação, em que a cola é aplicada no topo das ondas do miolo, formando o filme de cola. Nas etapas seguintes, a cola líquida se espalha e umedece a superfície do miolo e é rapidamente absorvida pelo papel. Neste momento, acontece a ancoragem do amido nas fibras do papel. Posteriormente, com o aumento da temperatura, o amido absorve água e começa a gelatinizar, parando de penetrar no papel e grudando nas fibras. É formada a “cola verde” com uma coesão suficiente para segurar as superfícies de papel até a cura total da cola. Por fim, o calor transferido nas mesas quentes

remove o resto de água do papel, ocorrendo o processo de cura da cola. As etapas do processo estão ilustradas na Figura 28:

Figura 28 - Etapas do processo de colagem



Fonte: Adaptado PKG Solutions

3.3 FÁBRICA DE COLA

3.3.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA COLA

Na empresa objeto de estudo a cola é produzida internamente, em uma subárea denominada Fábrica de Cola. Essa é produzida em bateladas, a partir de uma receita, composta por ingredientes conforme listado no Quadro 9:

Quadro 9 - Receita da cola

Receita		
Ingrediente	**Funções**	**QTD**
1ª Água	. Dilui o 1º amido e, ao aquecida, permite que esse se gelatinize;	350L
Vapor	. Aquecer a água para que possa cozinhar o 1º amido	50°C
1º Amido	. Confere viscosidade à cola e proporciona a aderência inicial no papel; . Serve de suporte para o 2º amido, retendo a água para que esse se gelatinize na Onduladeira	40 Kg
Mistura	. Misturar os ingredientes	90s
Soda Cáustica	. Diminui a temperatura de gelatinização do amido; . Favorece a penetração da cola no papel; . Seu conteúdo na cola deve ser entre 1,8%-3% do peso do amido	7,2L
Mistura	. Misturar os ingredientes	90s
Bórax	. Confere textura pegajosa à cola; . Proporciona estabilidade durante armazenagem e bombeamento; . Seu conteúdo na cola deve ser entre 1-2,5% do peso do amido	3kg
Mistura	. Misturar os ingredientes	60s
2ª Água	. Realiza o inchamento e gelatinização do 2º amido	390L
2º Amido	. Na onduladeira, absorve a água do 1º amido e se gelatiniza, formando o adesivo	196Kg
Mistura final	. Misturar os ingredientes . Ajusta a viscosidade da cola	150s

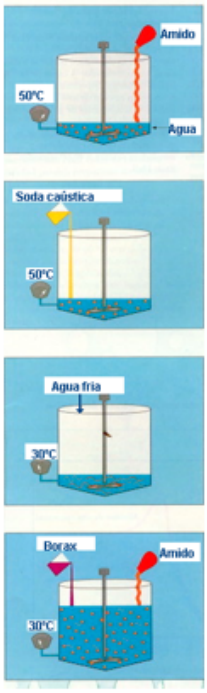
Fonte: Autor

Seu processo produtivo é praticamente todo automatizado, ocorrido em uma máquina que é composta por um tanque de aproximadamente 1500L de capacidade com um *mixer* de alto cisalhamento, conforme ilustrado na Figura 29. Os ingredientes são inseridos no tanque que realiza o cozimento e mistura desses, e ao finalizar o processo, transfere-se a batelada para dois tanques de armazenamento que realizam a alimentação de cola na Onduladeira. O esquema apresentado na Figura 30 ilustra as etapas de produção do lote na máquina.

Figura 29 - Máquina de cozinha de cola

Fonte: Furnax

Figura 30 - Etapas de fabricação da cola



1ª Etapa:
É introduzida a primeira leva de água a temperatura ambiente;
A água é aquecida a 50°C por meio de vapor;
É inserida a primeira batelada de amido cru;
Agita-se a mistura por certo tempo.

2ª Etapa:
É despejada soda cáustica líquida em cima da mistura;
Agita-se a mistura novamente por um período;
O amido é gelatinizado e forma-se o carrier.

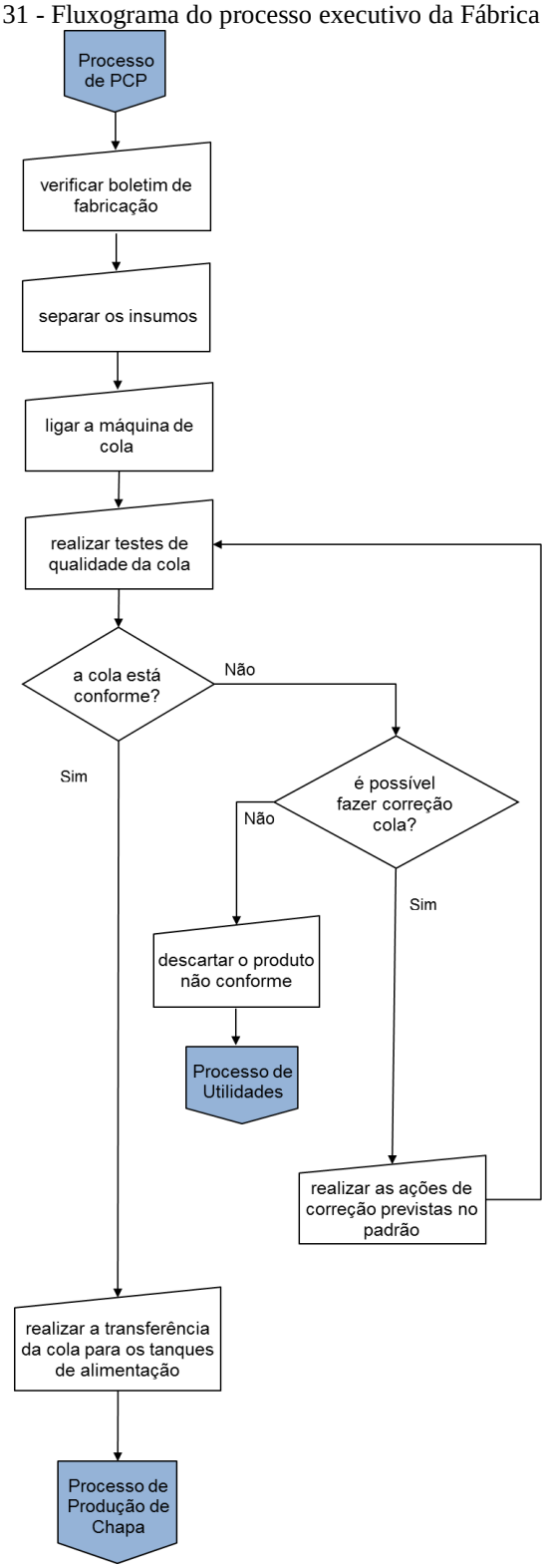
3ª Etapa:
É inserida a segunda leva de água a temperatura ambiente;
Reduz-se a temperatura da mistura.

4ª Etapa:
Adiciona-se a segunda batelada de amido cru;
É despejado o borax;
Agita-se a mistura final;
A cola é bombeada para os tanques de armazenamento.

Fonte: Autor

O procedimento executivo do processo realizado pelo operador é relativamente simples, porém deve ser seguido de forma precisa de acordo com o padrão para que os resultados sejam conformes e consistentes. O procedimento é representado pelo fluxograma abaixo (Figura 31):

Figura 31 - Fluxograma do processo executivo da Fábrica de Cola



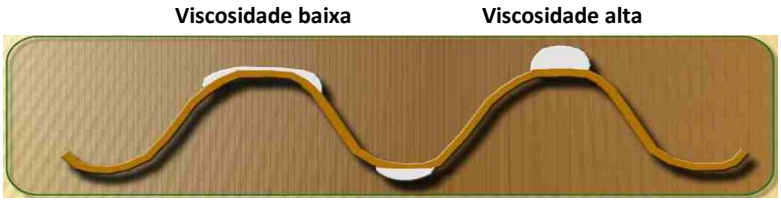
Fonte: Autor

3.3.2 CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DA COLA

As duas principais características da qualidade de uma cola são denominadas: viscosidade e ponto-gel (ou temperatura de gelatinização).

A primeira refere-se à habilidade de um líquido fluir. Ela é importante, pois afeta o processo de colagem na Onduladeira, tanto na forma em que a cola é transferida para o miolo quanto na penetração da mesma nos substratos. Caso a cola esteja com baixa viscosidade, a água pertencente vai ser absorvida rapidamente pelo miolo, ficando uma quantidade insuficiente na superfície para que o amido cru gelatinize, tendo como efeito final uma chapa seca e quebradiça, com uma colagem fraca. Se a cola estiver com alta viscosidade, não ocorrerá uma boa transferência para e do rolo aplicador de cola, e quando for feita a transferência, tenderá a formar uma linha de cola superficial na crista da onda do miolo. Como, dessa forma, a cola demora a penetrar no miolo, o resultado potencial é uma chapa macia e molhada. Tais efeitos são ilustrados na Figura 32:

Figura 32 - Níveis de viscosidade da cola



Fonte: Autor

A segunda característica refere-se à temperatura em que a cola passa de um estado líquido para um estado sólido.

Ambas as características são itens de controle do processo alimentados por métodos de inspeção realizados pelos operadores após cada batelada produzida. O teste de viscosidade é realizado por meio de um equipamento denominado copo Stein-hall, onde esse é preenchido com cola até determinado nível e, a partir daí é cronometrado o tempo de escoamento total do líquido, sendo esse tempo o resultado do teste. O teste do ponto-gel é realizado por meio do enchimento de um Becker com a cola produzida, inserindo um termômetro industrial no recipiente com o líquido e o colocando em banho-maria. Desse momento em diante, agita-se a cola com o termômetro até o ponto em que o líquido passa a oferecer certa resistência, observa-se a temperatura correspondente a esse momento, sendo esse valor o resultado do teste.

4. REALIZAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO

O trabalho de diagnóstico para a melhoria do processo de fabricação da cola se iniciou com o ingresso do autor do processo de estágio na empresa. Após um mês de *job rotation* para o entendimento do macroprocesso fim da planta, foi realizada uma reunião com o gerente geral da fábrica para a definição do escopo do trabalho e das prioridades de ação. Nesse momento, o gerente geral explicitou que o principal problema de momento da planta era o nível de refugo das chapas de papelão ondulado. Estavam com um índice de aproximadamente 18% de refugo nesse processo e o *benchmark* era de 12%. Cada ponto percentual representava cerca de R$120 mil, ou seja, perdia-se cerca de R$720 mil, mensalmente, em relação ao concorrente. Dessa forma, o autor foi direcionado para o setor de fabricação de chapas de papelão, com a missão de auxiliar na redução do refugo desse produto.

No primeiro momento, foi realizada uma reunião com o gerente do setor e os supervisores para um melhor entendimento do problema. Nessa reunião, foi levantado que as principais causas de refugo das chapas de papelão ondulado estavam relacionadas com o processo de colagem das chapas, podendo ser derivadas da operação de colagem ocorrida na Onduladeira ou da própria fabricação da cola em si. Foi colocado pelos participantes que, por muitas vezes, lotes de cola eram fabricados fora das faixas de especificação dos seus dois itens de controle: viscosidade e ponto-gel; e que esse descumprimento das especificações desencadeava uma série de problemas a jusante no processo, como os citados no Tópico 3.3.2. Assim, para varrer as possibilidades de causas e, em paralelo, para ampliar o entendimento do processo por parte do autor, definiu-se como alvo de atuação o processo de fabricação da cola.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Tendo o alvo de atuação delimitado, a primeira etapa do trabalho consistiu na correta definição do problema. Sabia-se que, como dito, com certa frequência, alguns lotes de cola fabricados não atendiam aos critérios de qualidade estabelecidos. Porém, ainda não existia clareza acerca do real problema, ou seja, não havia uma mensuração precisa dos resultados indesejáveis e um entendimento da dimensão da lacuna de melhoria.

Para tal, realizou-se uma análise quantitativa dos dois itens de controle da cola. Foram coletados dados a partir de uma amostra de 10 lotes de cola produzidos ao longo de dois dias entre os períodos de 09:30h as 17:00h seguindo fielmente o padrão executivo do processo,

conforme descrito no Tópico 3.3.1. Após o término de cada batelada, foram feitos os testes de viscosidade e ponto-gel, como citados no Tópico 3.3.2. Os respectivos valores dos testes foram registrados em uma folha de verificação como a da Figura 33:

Figura 33 - Folha de verificação

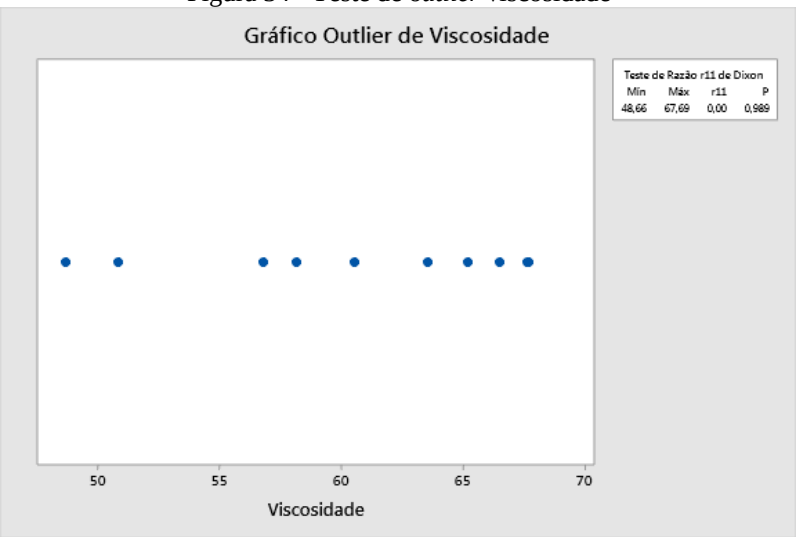
		CONTROLE DE FABRICAÇÃO DA COLA					Data
Turno	**Hora**	**N°Lote**	**Temperatura da cola**	**Viscosidade (45 a 65 s)**	**Ponto Gel (58 a 62°C)**	**Aprovação do produto**	**Observação**
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
Ass Op. Cola:_____							
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
Ass Op. Cola:_____							
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
						( )Conforme ( ) Não conforme	
Ass Op. Cola:_____							

Fonte: Autor

Com a base de dados coletada e registrada na folha de verificação, foi possível, com a utilização do software Minitab® 18, construir uma Carta de Controle e realizar uma Análise de Capacidade do Processo para cada um dos indicadores.

Em relação à viscosidade, para a elaboração da Carta de Controle, inicialmente foi realizado um teste de *outlier*, cujo resultado pode ser visualizado na Figura 34:

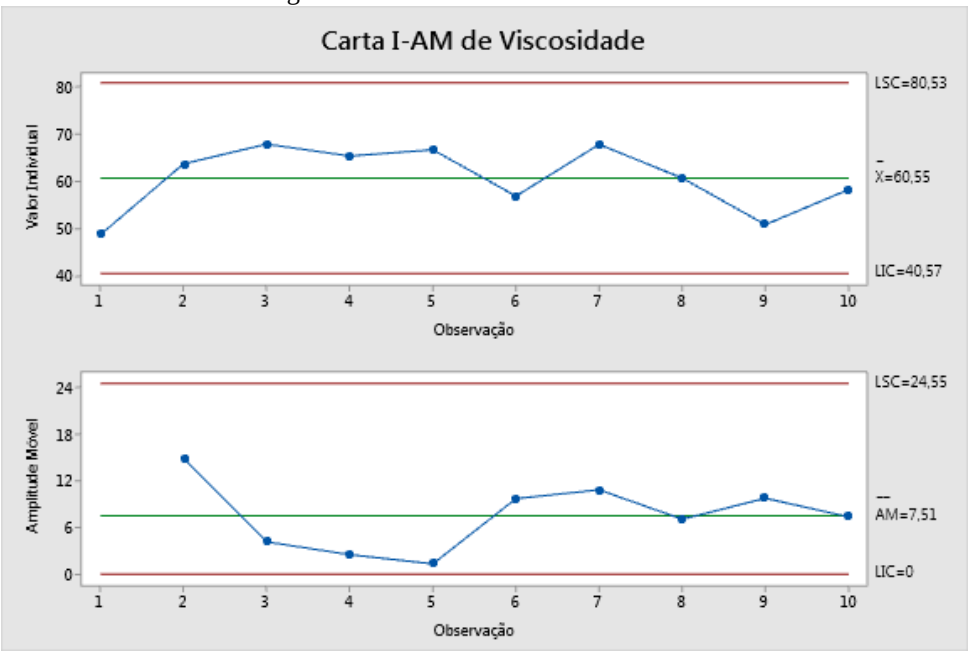
Figura 34 - Teste de o*utlier* viscosidade



Fonte: Autor

Como o p-valor é maior que o nível de significância (0,05) não foi rejeitada a hipótese nula de que todos os valores eram provenientes da mesma população, portanto não foi identificado nenhum *outlier* na base de dados. Assim, seguiu-se para a plotagem do Gráfico de Controle. Visto que os dados coletados eram valores de observações individuais utilizou-se o modelo para medidas individuais e amplitude móvel (Carta I-AM) configurado com a realização de todos os testes para identificação de causas especiais. A Figura 35 ilustra o comportamento do processo:

Figura 35 - Carta de controle viscosidade

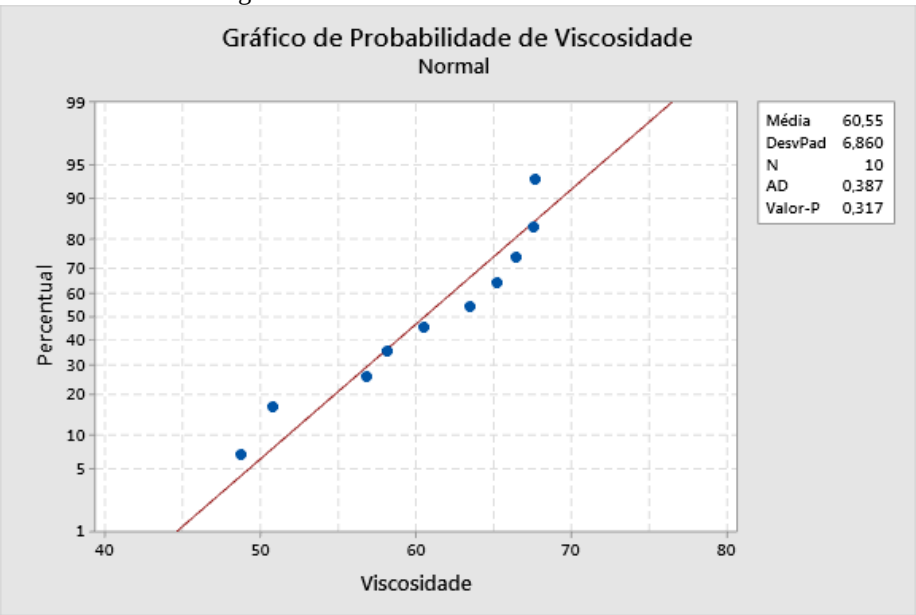


Fonte: Autor

Interpretando o gráfico de acordo com a teoria apontada na letra g do Tópico 2.5.7.2 conjuntamente com os resultados dos testes, pôde-se afirmar que o processo estava sob controle, ou seja, existiam apenas causas comuns atuando no processo e sua variabilidade era considerada estável.

Com essa informação, realizou-se a Análise de Capacidade do Processo. Inicialmente foi feito um teste de normalidade com a base de dados, cuja saída é apresentada na Figura 36:

Figura 36 - Teste de normalidade viscosidade



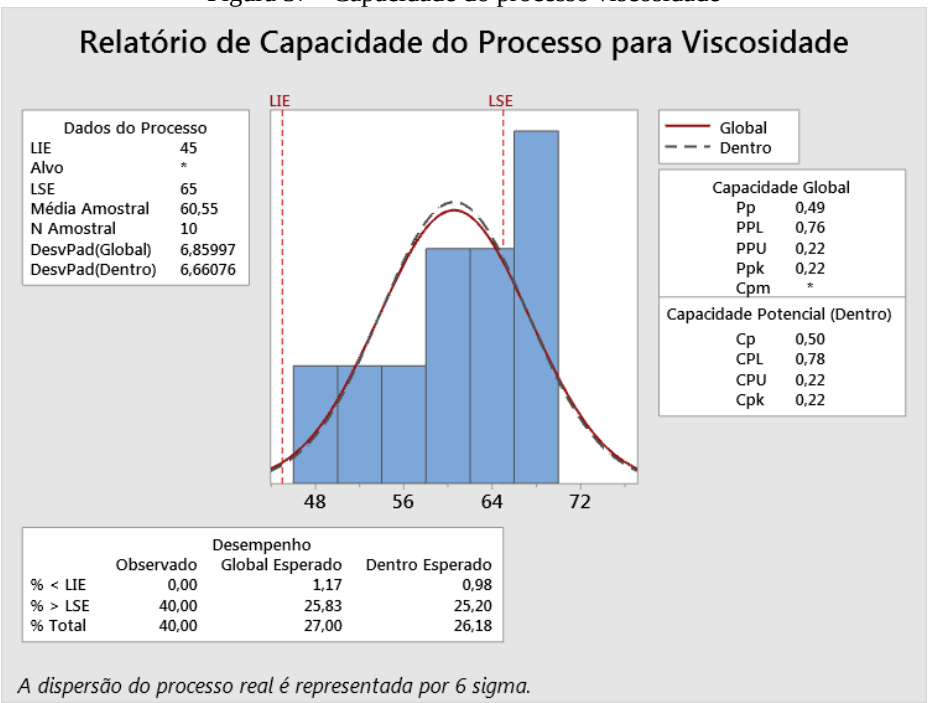
Fonte: Autor

Considerando a hipótese nula, como sendo que os dados seguem a distribuição normal, e o α= 0,05 temos:

Valor-p = 0,317, ou seja, maior que α. Então, falha-se em rejeitar a hipótese nula. Logo os dados seguem a distribuição normal.

Sendo os dados distribuídos normalmente realizou-se a análise de capacidade do processo considerando os limites inferior (45s) e superior (65s) de especificação. A análise está apresentada na Figura 37:

Figura 37 - Capacidade do processo viscosidade



Fonte: Autor

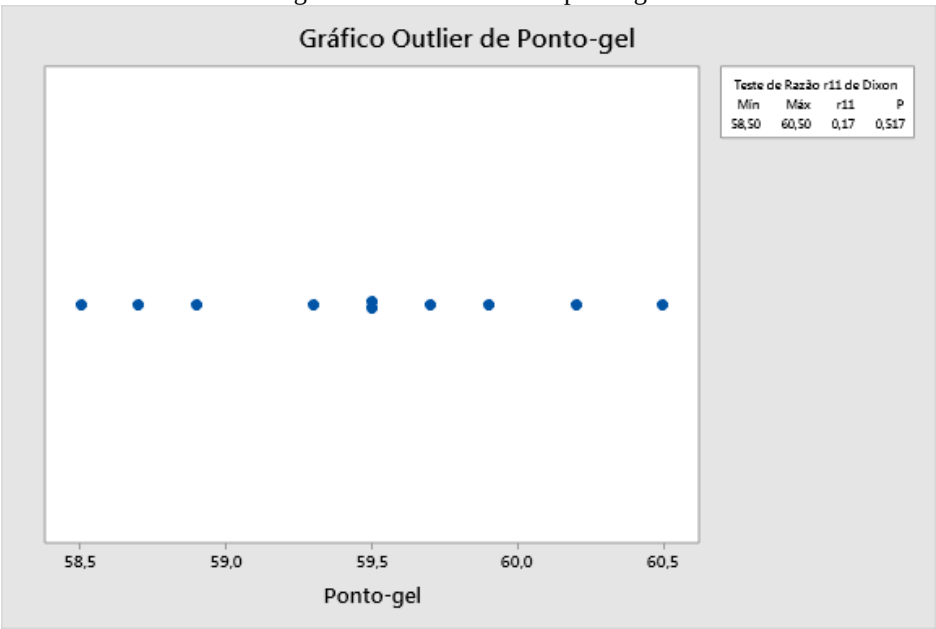
Ao analisar o relatório de capacidade do processo em relação à viscosidade, considerando as referências teóricas citadas na letra g do Tópico 2.5.7.2, verificou-se que a capacidade do processo no longo prazo, Cp = 0,50 e Cpk = 0,22 estavam muito abaixo dos valores aceitáveis (> 1,33), ou seja, o processo não era capaz de atender as especificações. O mesmo ocorreu, ao analisar a *performace* no curto prazo, onde Pp = 0,49 e Ppk = 0,22.

A analisar o desempenho estimado usando o desvio padrão global, o total de não conformes produzidos seria de 27,00%, enquanto o total de não conformes estimado usando o desvio padrão dentro do subgrupo seria de 26,18%.

Para o ponto-gel, repetiu-se o procedimento de análise utilizando a mesma base de dados coletados por meio das amostras de lotes produzidos.

Inicialmente, foi feito um teste de *outlier*, com o resultado demonstrado pela Figura 38:

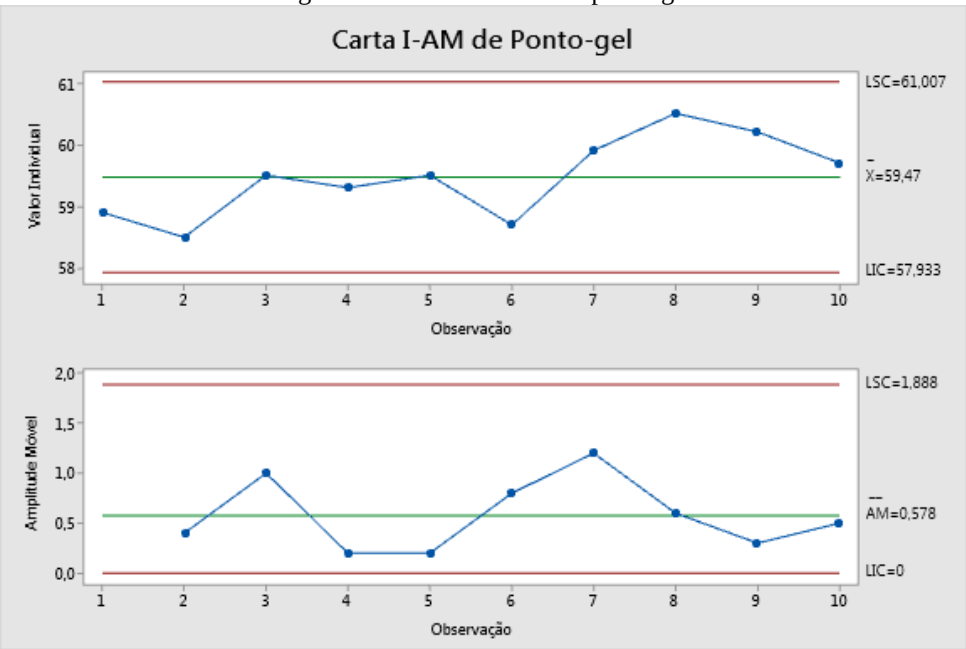
Figura 38- Teste de *outlier* ponto-gel



Fonte: Autor

Como p-valor maior que 0,05, não houve presença de nenhum *outlier*. Assim, realizou-se a plotagem do Gráfico de Controle de medidas individuais e amplitude móvel (Carta I-AM), sendo o comportamento do processo ilustrado pela Figura 39:

Figura 39 - Carta de controle ponto-gel

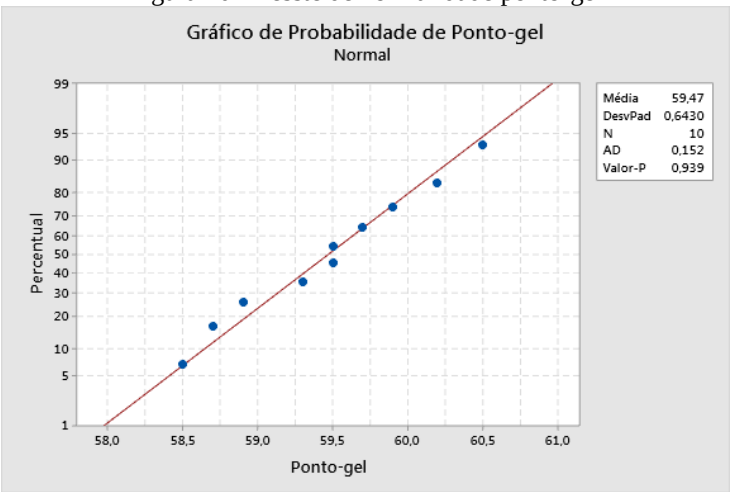


Fonte: Autor

Ao interpretar o gráfico, de acordo com a teoria apontada na letra g do Tópico 2.5.7.2 conjuntamente com os resultados dos testes, assim como em relação à viscosidade, pôde-se afirmar que o processo estava sob controle.

A partir disso, realizou-se o teste de normalidade com a base de dados, cuja saída é apresentada na Figura 40:

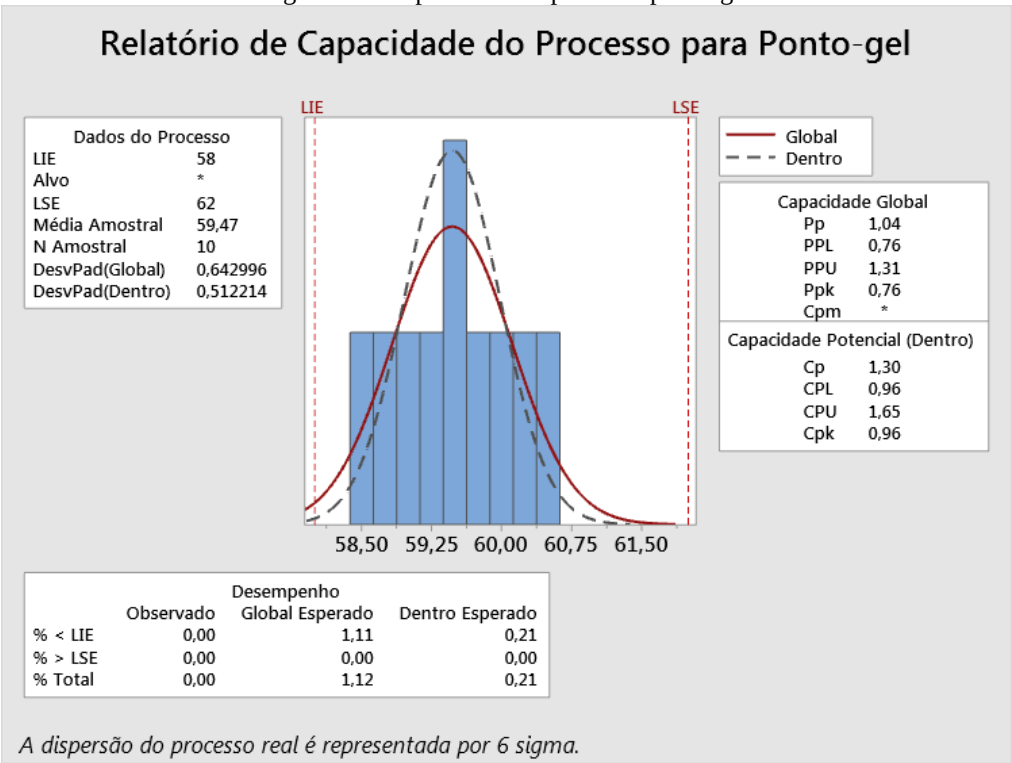
Figura 40 - Tesste de normalidade ponto-gel



Fonte: Autor

Sendo os dados distribuídos normalmente realizou-se a análise de capacidade do processo considerando os limites inferior (58°C) e superior (62°C) de especificação. A análise está apresentada na Figura 41:

Figura 41 - Capacidade do processo ponto-gel



Fonte: Autor

Ao analisar o relatório de capacidade do processo em relação ao ponto gel, considerando as referências teóricas citadas na letra g do Tópico 2.5.7.2, verificou-se que a capacidade do processo no longo prazo, Cp = 1,30 e Cpk = 0,96 estavam abaixo dos valores aceitáveis (> 1,33), ou seja, o processo não era capaz de atender as especificações. O mesmo ocorreu, ao analisar a *performace* no curto prazo, onde Pp = 1,04 e Ppk = 0,76.

A analisar o desempenho estimado usando o desvio padrão global, o total de não conformes produzidos seria de 1,12%, enquanto o total de não conformes estimado usando o desvio padrão dentro do subgrupo seria de 0,21%. Entretanto, o desempenho observado com base nas amostras apresentou 0% de não conformes.

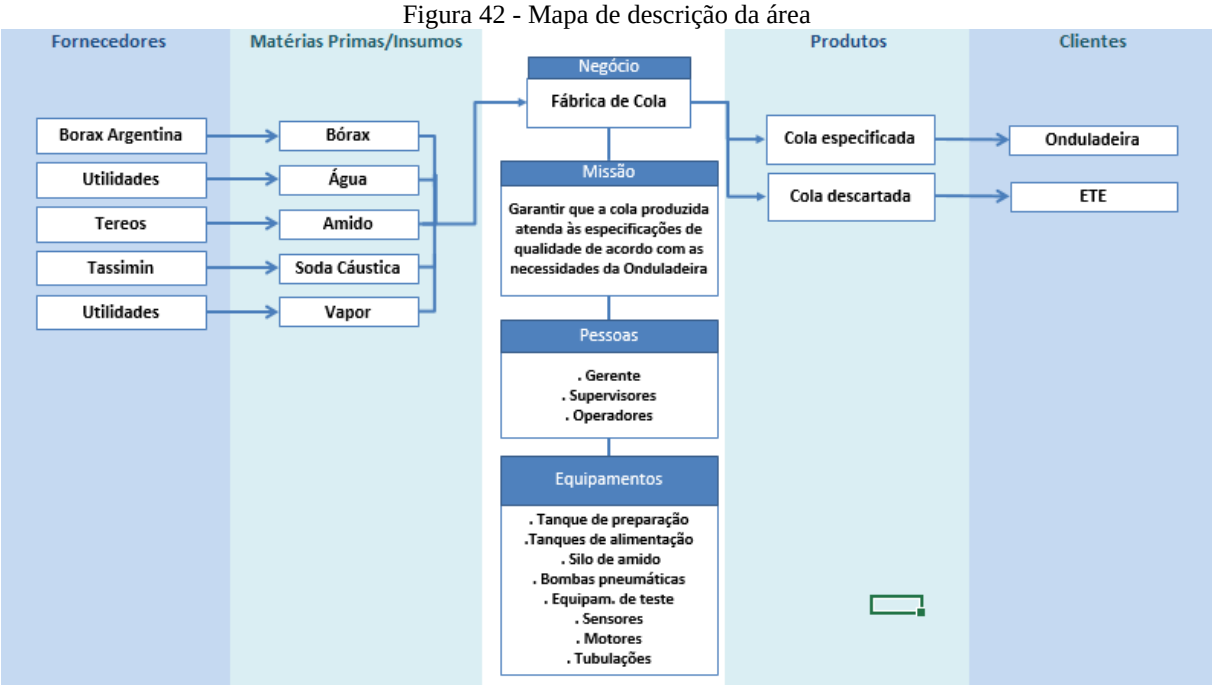
Com base nas análises anteriores, os dois processos (viscosidade e ponto-gel) estavam sob controle estatístico e seus dados seguindo a distribuição normal. Mesmo os dois processos apresentando os índices de capacidade inferiores a 1,33, o que demonstra que o processo não é capaz de atender as especificações, como o processo da viscosidade apresentou-se muito deslocado em direção ao limite superior da especificação, gerando 27,00% de não conformes (Figura 38), decidiu-se que o foco de atuação do projeto seria no ajuste da viscosidade de forma que 100% dos resultados ficassem dentro da faixa de especificação, como ocorrido com o ponto-gel.

4.2 OBSERVAÇÃO DO PROBLEMA

Tendo identificado e dimensionado claramente o problema, partiu-se para um melhor entendimento das características desse problema.

Iniciou-se a etapa com uma observação do processo *in loco*, do funcionamento da máquina e do procedimento executivo por parte do operador. A partir disso, foram gerados um mapa de descrição da área (Figura 42) e um fluxograma do processo (Figura 31), ferramentas que organizaram e sintetizaram a estrutura horizontal do problema, auxiliando no maior entendimento dos fluxos e relacionamentos dos processos envolvidos.

Figura 42 - Mapa de descrição da área



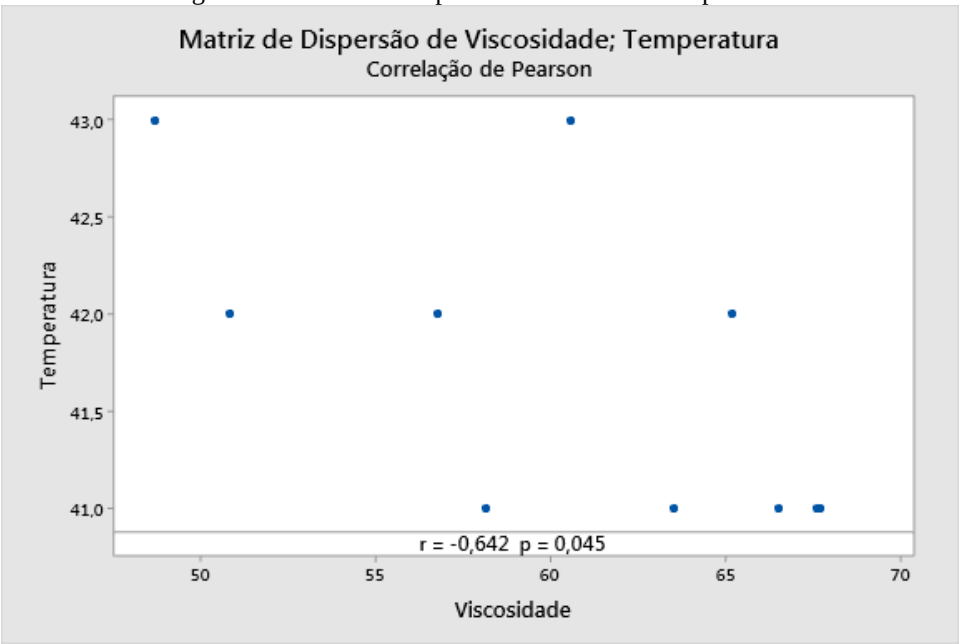
Fonte: Autor

Além desse estudo horizontal do problema, nesse momento foi realizado também um estudo das características verticais do problema, ou seja, da estrutura envolvida no problema.

Para isso, foram utilizados dados adicionais coletados juntamente com as amostras de testes realizados sobre fatores que pudessem ter correlações com os valores de viscosidade da cola. Tais fatores eram a temperatura final do lote de cola e o tempo total de produção da batelada (ligado ao tempo de mistura final da cola), ambos apontados pelo CLP da máquina.

Em relação à temperatura final da cola, utilizando-se o método de Pearson no Minitab® 18, tivemos a Matriz de Dispersão apontada na Figura 43:

Figura 43 - Matriz de dispersão viscosidade x temperatura

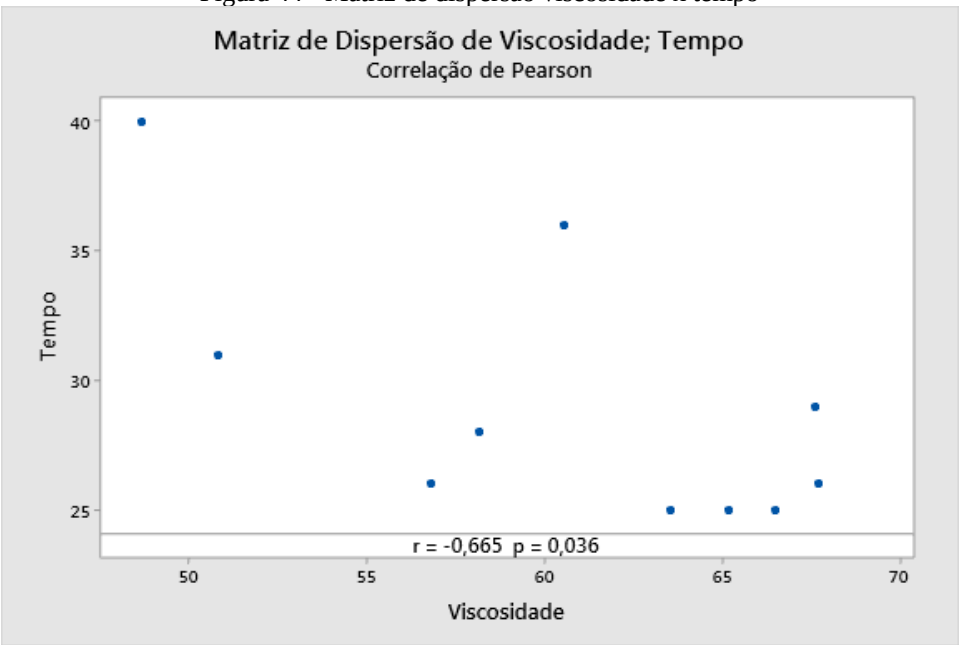


Fonte: Autor

Primeiramente, como o p-valor é menor que o nível de significância (0,05), a correlação entre as variáveis é significativa. Ao interpretar o valor de r (r = -0,642), pode-se~~udemos~~ perceber que essa correlação é negativa moderada entre as duas variáveis, conforme apontado na letra f do Tópico 2.5.7.2, ou seja, quanto maior a temperatura final da cola, menor o valor da viscosidade.

Em relação ao tempo de mistura da cola, utilizando-se o método de Pearson no Minitab, ~~t~~obteve-se~~ivemo~~ a Matriz de Dispersão apontada na Figura 44:

Figura 44 - Matriz de dispersão viscosidade x tempo



realizadoFonte: Autor

Como o p-valor é menor que o nível de significância (0,05), a correlação entre as variáveis é significativa. E observando o valor de r (r = -0,665), foi possível perceber que essa correlação é negativa moderada entre as duas variáveis, conforme apontado na letra f do Tópico 2.5.7.2, ou seja, quanto maior o tempo de mistura da cola, menor o valor da viscosidade.

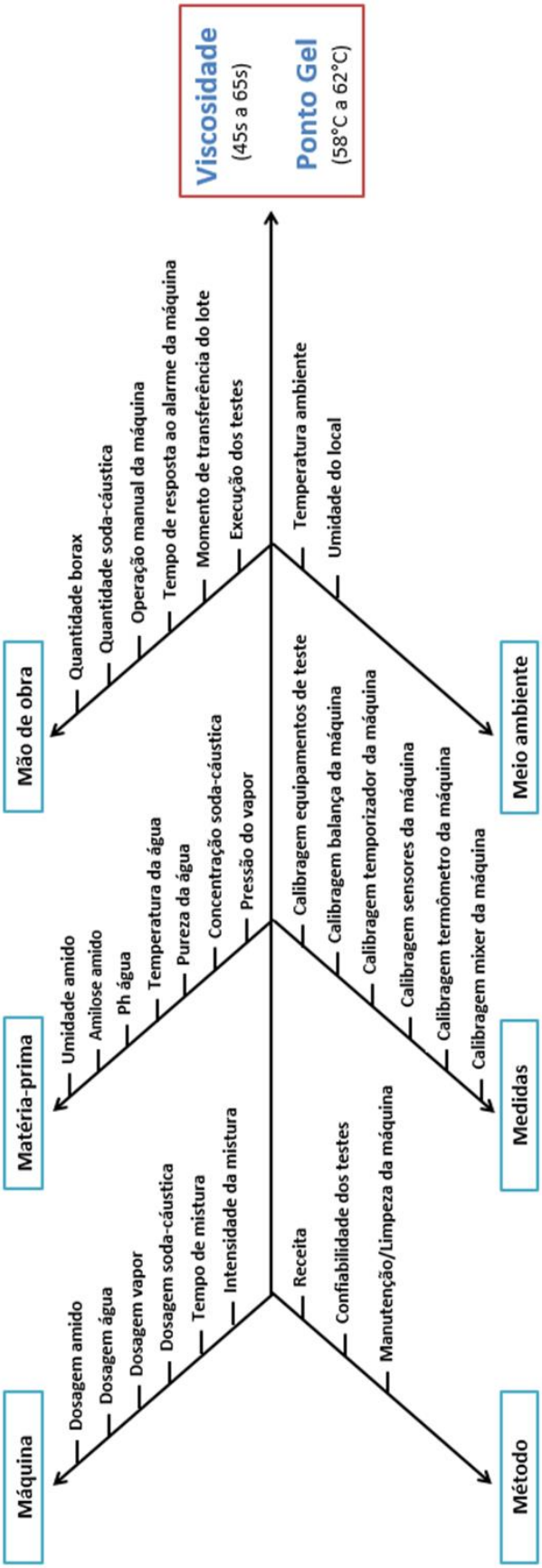
Portanto, concluiu-se que ambos os fatores de fato afetam a viscosidade da cola, sendo parâmetros do processo a serem alterados e controlados de modo a garantir resultados conformes às especificações.

4.3 ANÁLISE DO PROBLEMA

A partir dos dados coletados e das informações geradas na etapa anterior, foram obtidos insumos para a realização de análises sobre potenciais causas para o problema.

No primeiro momento, foi realizada uma reunião de *brainstorming* para a listagem de todas as possíveis fontes de variação ocorridas no processo de produção da cola. Para essa reunião foram convidados os envolvidos com o processo e utilizado o diagrama espinha de peixe com base nos 6Ms para a organização das ideias. O diagrama construído pode ser visualizado na Figura 45:

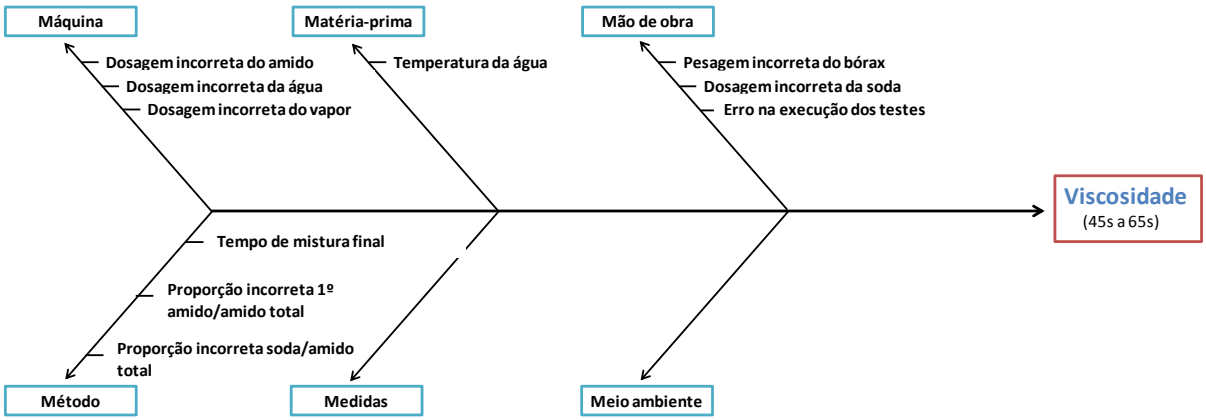
Figura 45 - Fontes de variação do processo (diagrama espinha de peixe)



Fonte: Autor

Num segundo momento, na mesma reunião, foram apresentados os estudos e saídas até então obtidas, e a partir disso realizou-se a elaboração de hipóteses causais que fossem mais determinantes ou influentes na geração do problema. Foi utilizado o diagrama de causa-efeito para a estruturação do raciocínio e realizado o processo de investigação das causas-raiz por meio do método dos 5 porquês. Assim, o resultado final ficou como ilustrado na Figura 46 e Quadro 10:

Figura 46 - Causas prováveis (diagrama espinha de peixe)



Fonte: Autor

Quadro 10 - 5 Porquês

	Por que ocorreu?				
	Primária	Secundária	Terciária	Quaternária	Quintenária
Causas da viscosidade da cola elevada	Dosagem incorreta do amido	Amido agarra no transporte do silo para a maquina	Amido fica úmido e empelota	Estoque de amido em local exposto à umidade da chuva	
	Dosagem incorreta da água	Balança da máquina descalibrada	Falta de manutenção/calibragem periódica	Máquina não está no plano de manutenção preventiva da Manutenção	
	Temperatura alta da água	Caixa d'agua sujeita à variações do tempo	Fornecimento de água da ETE		
	Dosagem incorreta do vapor	Termômetro da máquina descalibrado	Falta de manutenção/calibragem periódica	Máquina não está no plano de manutenção preventiva da Manutenção	
	Pesagem incorreta do bórax	Descumprimento do padrão executivo	Falta de atenção do operador	Não enxerga a importância devida	Não visualiza o impacto nos resultados
	Dosagem incorreta da soda				
	Erro na execução dos testes				
	Tempo de mistura final	Receita incorreta			
	Proporção incorreta 1º amido/amido total				
	Proporção incorreta soda/amido total				

Fonte: Autor

A partir dessas saídas, percebeu-se que haviam causas que poderiam ser agrupadas em três grupos: i. um relacionado aos operadores, em que os mesmos não se preocupavam com a precisão na dosagem dos ingredientes e na correta realização dos testes de qualidade; ii. outro relacionado à máquina, que por falta de manutenção estava sujeita à inserção de ingredientes fora dos valores especificados; iii. e outro relacionado à receita, ~~em~~ que possuía proporções de ingredientes que direcionavam a viscosidade da cola para seu limite superior de especificação, tendo margem para alteração.

Além dessas, outras duas causas foram apontadas como de grande influência na obtenção de resultados melhores do processo: Uma relacionada à umidade das matérias-primas, que são extremamente higroscópicas, e seu estoque era armazenado em local exposto à chuva; e outra relacionada à temperatura final da cola, que era diretamente influenciada pela temperatura da água que a compunha e por vir direto da ETE, localizada em ambiente externo, estava sujeita ao intenso calor em dias quentes.

4.4 ESTABELECIMENTO DO PLANO DE AÇÃO

Com as potenciais causas-raiz do problema identificadas e priorizadas, realizou-se, de forma conjunta com todos os envolvidos, a elaboração de planos de ação (PA) endereçados às respectivas causas de modo a atacar o problema e alcançar os resultados desejados.

Para as causas que foram agrupadas em três grandes grupos, os PAs foram desenvolvidos para cada abordagem. Um direcionado ao Gerenciamento da Rotina, de modo a garantir que os operadores de fato entendessem a importância e cumprissem o procedimento executivo de forma padronizada. Outro relacionado ao ajuste da receita da cola de modo a alterar as proporções de ingredientes visando a diminuição do valor teórico da viscosidade dos lotes de cola produzidos. E, por fim, um endereçado à manutenção da máquina para que houvesse confiabilidade na operação e medição realizadas automaticamente pela mesma.

Para as demais causas isoladas, um PA foi voltado à realocação do estoque das matérias-primas, arranjando-o em local no centro da fábrica e o outro foi direcionado à criação de um mecanismo de isolamento do suprimento de água, de modo que a mesma ficasse estável em questão de temperatura e nível.

Os PAs foram sintetizados no Quadro 11, de acordo com a ferramenta 5W1H:

Quadro 11 - Planos de ação (5W1H)

Planos de Ação					
Contramedidas	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento
O que (What)?	Quem (Who)?	Quando (When)?	Onde (Where)?	Porque (Why)?	Como (How)?
Realizar treinamento com operadores	Analista de Produção	fev/19	Sala de treinamentos	Para explicar a eles o porquê é fundamental se cumprir fielmente o padrão executivo	Agenda do treinamento: . Funções da cola . Processo de colagem . Procedimento padrão . Variações . Impactos . Discussão
Definir programação de manutenção e calibração da Cozinha de Cola	Analista de Manutenção	fev/19	Fábrica de cola	Realizar manutenção periódica e preventiva de modo a assegurar operação exata e precisa da máquina	Definir periodicidade junto aos envolvidos no processo; Inserir no programa de manutenção preventivo
Instalar caixa d'água com refrigerador	Gerente de Produção	mar/19	Fábrica de cola	Manter o nível de suprimento e a temperatura da água independentes da ETE	Elaborar projeto junto à engenharia; Instalar a caixa d'água e refrigerador
Alterar localização do estoque de matérias-primas	Gerente de Produção	jun/19	-	Manter matérias-primas sem umidade	Incluir solicitação no projeto do novo layout da planta; Realizar mudança
Alterar receita da cola	Gerente de Produção	fev/19	Fábrica de cola	Reduzir a viscosidade teórica da cola	Aumentar tempo de mistura final; Diminuir proporção 1º amido/amido total; Diminuir proporção soda/amido; Realizar testes em máquina; Definir novo padrão

Fonte: Autor

5. CONCLUSÕES

Diante do trabalho exposto pôde-se concluir que os objetivos inicialmente traçados foram alcançados, visto que foi realizado o diagnóstico completo do processo de produção da cola, desde a correta identificação do problema até a elaboração de planos de ação que o solucionassem de maneira assertiva. A adoção do método de análise e solução de problemas juntamente à aplicação das ferramentas da qualidade promoveram uma abordagem lógica e embasada sobre o processo, fornecendo maior precisão e segurança nas ações a serem executadas. E, de maneira geral, ficou como legado para os funcionários envolvidos a importância de conceitos de gestão da qualidade como alicerces da estratégia competitiva da empresa.

Sugere-se para trabalhos posteriores a realização de um DOE (delineamento de experimentos) da receita da cola de modo a parametrizar as relações e proporções entre os seus ingredientes para que os impactos de qualquer alteração sejam equacionados e previstos com precisão nos resultados dos indicadores de qualidade da cola.

Para o autor, o trabalho desenvolvido foi de extrema importância, pois foi possível adquirir experiência prática em um dos campos mais relevantes e requisitados da Engenharia de Produção, permitindo o aprofundamento em temas como a estatística, utilizando softwares de apoio e aprimorando o raciocínio analítico.

Para o curso, a pesquisa se mostra relevante de forma a servir de exemplo prático para os alunos, ilustrando conceitos abordados em diversas disciplinas da grade curricular e suas aplicações em um ambiente industrial.

Finalmente, para a empresa, o desenvolvimento do estudo forneceu-lhe os meios para solucionar um dos seus grandes problemas geradores de refugo e serviu como uma fonte de aprendizado do método de análise e solução de problemas para futuras aplicações em outros setores.

REFERÊNCIAS

ABPO. **Anuário estatístico – 2017.** 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Papelão Ondulado, 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1522/2/A%20set.35_O%20mercado%20de%20papel%C3%A3o%20ondulado_P.pdf>. Acesso em: 15 de mai. 2019.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia.** 9. ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2013.

CAMPOS, V. F. **Qualidade total: padronização de empresas.** Belo Horizonte: EDG, 1999.

CARPINETTI, L.C. R. **Gestão da qualidade – Conceitos e técnicas.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

DEFEO, J. A.; JURAN, J. M. **Fundamentos da qualidade para líderes.** Porto Alegre: Bookman, 2015.

FERRAZ, J. C.; KUPFER, D. S.; HAGUENAUER, L.; **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria.** Editora Campus, 1996.

FILHO, O. D.; DRUMOND, F. B. **Itens de controle e avaliação de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

FONSECA, J. J. **Metodologia da pesquisa científica.** Apostila, n. 34. Fortaleza: UECE, 2002.

GARVIN, D. **Gerenciando a qualidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa.** Apostila. Porto Alegre: UAB/UFRGS, 2009.

JURAN, J. M. **Planejando para a qualidade.** São Paulo: Makron Books, 1993.

KUME, H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade.** São Paulo: Editora Gente, 1993.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade – As 7 ferramentas da qualidade.** Rio de Janeiro: Érica, 2010.

MERLI, G. Eurochallange. **The TQM aproach to capturing global markets.** Oxford: IFS, 1993.

NEVES, T. F. **Importância da utilização do Ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística.** 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

PALADINI, E. P. **Gestão estratégica da qualidade.** 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência.** 17. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

PRAZERES, P.M. **Dicionário de termos da qualidade.** São Paulo: Atlas, 1996.

SHEWHART, W.A. **Statistical method from the viewpoint of quality control.** New York: Dover Publications, 1986.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **A new american TQM.** Oregon: Productivity Press, 1993.

SILVA, J. C. T.; FERREIRA, D. **Pequenas e médias empresas no contexta da gestão da qualidade total.** PRODUÇÃO. Vol. 10, n. 1, p. 19-32, jun. 2000.

TOLEDO, J. C.; BORRAS, M. A. A.; MERGULHÃO, R. C. **Qualidade – Gestão e métodos.** Rio de Janeiro: LTC, 2017.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica.** Educação e Pesquisa, v.31, n. 3, p. 443-466. São Paulo, 2005.

UMEDA, M. **Processo de promoção da padronização interna.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997.

VIDAL, A. C. F. **O mercado de papelão ondulado e os desafios da competitividade da indústria brasileira.** BNDES Setorial. Rio de Janeiro, n. 35, p. 5-46, mar. 2012. Disponível em:

<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1522/2/A%20set.35_O%20mercado%20de%20papel%C3%A3o%20ondulado_P.pdf>. Acesso em: 15 de mai. 2019.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.

ANEXO E – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 02 de Dezembro de 2019.

Lucca Rodrigues de Alencastro Graça	201149066
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
	119.156.696-00
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.