



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Daniel Freitas Barbosa

**IMPLEMENTAÇÃO DE GESTÃO DE CAUSAS RAÍZES EM UMA
INDÚSTRIA DE SNACKS E BOLOS: UM ESTUDO DE CASO**

FORTALEZA

2022

Daniel Freitas Barbosa

**IMPLEMENTAÇÃO DE GESTÃO DE CAUSAS RAÍZES EM UMA
INDÚSTRIA DE SNACKS E BOLOS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientadora: Dra. Juliane Döering Gasparin Carvalho

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B196i Barbosa, Daniel Freitas.
Implementação de gestão de causas raízes em uma indústria de snacks e bolos : um estudo de caso / Daniel Freitas Barbosa. – 2022.
43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Juliane Döering Gasparin.

1. TPM. 2. Governança. 3. Produção. I. Título.

CDD 664

FORTALEZA

2022

Daniel Freitas Barbosa

**IMPLEMENTAÇÃO DE GESTÃO DE CAUSAS RAÍZES EM UMA
INDÚSTRIA DE SNACKS E BOLOS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a) Dra. Juliane Döering Gasparin
Carvalho (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Vanderson Costa
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Júlio Cesar Barbosa Rocha
Universidade Federal do Ceará

RESUMO

Este trabalho aborda as melhorias envolvidas na Manutenção Produtiva Total, em inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), através de uma gestão de causas raízes e apresenta um estudo de caso mostrando os resultados da implantação do gerenciamento em uma Unidade Fabril em Maracanaú. Apresentar que, quando devidamente aplicada e governada, traz benefícios na produtividade, qualidade dos produtos e processos, disponibilidade do equipamento e governança. Além disso, é possível criar políticas mais efetivas para resolução de problemas, pois o apontamento correto das causas evidencia um norte mais claro do real ponto crítico da produção. Para seu sucesso é necessário que todos os níveis da companhia se envolvam na implementação e avaliação desta atividade – disposição dos colaboradores, gestão das atividades de cadastro e operação de apontamento no Controle de Produção e Perdas - e absorvam sua filosofia. Na implementação do presente trabalho, foram desenvolvidos formulários de coletas e banco de dados para unificar todas as informações possibilitando análises mais eficazes do processo. Durante a sua aplicação, foi possível identificar a colaboração de todos da companhia resultando na efetivação do sistema e na evolução das informações com os meses de usabilidade. A implementação foi satisfatória e cuminou na sua replicação em linhas de outros negócios da unidade e que posteriormente serão aplicadas em outras unidades de produção.

Palavras-chave: TPM, Governança, Produção

ABSTRACT

This work addresses the improvements involved in Total Productive Maintenance (TPM), through root cause management and presents a case study showing the results of the management implementation in a Manufacturing Unit in Maracanaú. Presenting that, when properly applied and governed, it brings benefits in productivity, product and process quality, equipment availability, and governance. Moreover, it is possible to create more effective policies for solving problems, because the correct pointing of the causes shows a clearer direction of the real critical point of the production. For its success, it is necessary that all levels of the company get involved in the implementation and evaluation of this activity - disposition of employees, management of the activities of registration, and operation of pointing in the Control of Production and Losses - and absorb its philosophy. In the implementation of the present work, collection forms and database were developed to unify all the information enabling more effective analysis of the process. During its application, it was possible to identify the collaboration of everyone in the company, resulting in the implementation of the system and the evolution of information with the months of usability. The implementation was satisfactory and culminated in its replication in other business lines of the unit and which will later be applied in other production units.



Keywords: TPM, Governance, Production

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – 8 pilares do TPM	15
Figura 2 – Ciclo PDCA de controle de processos	18
Figura 3 – Exemplo de matriz de riscos	20
Figura 4 – Matriz de correlação Esforço x Impacto	21
Figura 5 – Diagrama de Ishikawa.....	23
Figura 6 – Exemplo aplicado a Análise por que – por quê.....	25
Figura 7 – Exemplo de árvore de falha.....	30
Figura 8 – Formulário de solicitação de causa raiz para as linhas de produção de Snacks e Bolos da Unidade de Maracanaú.....	33
Figura 9 – Fluxograma para solicitação de causas raízes	33
Figura 10 – Gráfico de evolução de causas raízes cadastradas na CPP	36
Figura 11 – Quantificação das causas aparentes por etapa de origem dos problemas nas linhas de produção.....	36
Figura 12 – Quantificação das causas aparentes por classificação do M relacionado as falhas nas linhas de produção.....	37
Figura 13 – Quantificação das causas aparentes por impacto de cada problemas nas linhas de produção.....	38
Figura 14 – Correlação da Frequência x Impacto para determinação de Impacto	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – As quatro gerações do TPM	14
Quadro 2 – Representação da utilização dos 5 por quês para um problema de máquina parada..	24
Quadro 3 – Símbolos utilizados no Gráfico de Fator Causa e Efeito e suas definições.....	26
Quadro 4 – Simbologias para eventos e portas lógicas da AAF	28
Quadro 5 – Etapas de implementação do gerenciamento de causa raízes	32
Quadro 6 – Dados colhidos no formulário de solicitação de causa raiz para a linha de Bolos ...	34
Quadro 7 – Correlação da Frequência x Gravidade para determinação de Impacto.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

TPM – Total Maintenance Productive
MTBF – Mean Time Between Failures
MTTR – Mean Time to Repair
NVA – Não Valor Agregado
GAP – Brechas / Problemas
ME – Melhoria Específica
GA – Gestão Autônoma
ET – Educação e Treinamento
CI – Controle Inicial
SSO – Saúde e Segurança Ocupacional
MA – Meio Ambiente
MP – Manutenção Planejada
MQ – Manutenção da Qualidade
CAPEX – Capital Expenditure
ACR – Análise de Causa Raiz
AAF - Análise de Árvore de Falha
PDCA - Plan, Do, Check e Action
UBQ – União Brasileira para a Qualidade
JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 TPM.....	13
2.1.1 MELHORIA ESPECÍFICA.....	16
2.1.2 GESTÃO OU MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	16
2.1.3 EDUCAÇÃO E TREINAMENTO	16
2.1.4 CONTROLE INICIAL	16
2.1.5 SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL.....	16
2.1.6 MEIO AMBIENTE	16
2.1.7 MANUTENÇÃO PLANEJADA	16
2.1.8 MANUTENÇÃO DA QUALIDADE	16
2.2 PILAR MQ	17
2.3 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ (ACR).....	18
2.4 ANÁLISE DE IMPACTOS E RISCOS	19
3. MÉTODOS DE ANÁLISE DE CAUSA RAIZ	22
3.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	22
3.2 OS 5 PORQUÊS	24
3.3 GRÁFICO DE FATOR CAUSA E EFEITO (GFCE)	26
3.4 ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHA	27
4. O ESTUDO DE CASO.....	30
4.1 INTRODUÇÃO	30
4.2 A EMPRESA	30
4.3 A NECESSIDADE DO GERENCIAMENTO DE CAUSAS RAÍZES NA EMPRESA..	31
4.4 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO.....	31

SUMÁRIO

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	36
5. CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

Muitas organizações utilizam a Análise de Causa Raiz (ACR) para que seus problemas sejam compreendidos e resolvidos, dificultando suas recorrências. Uberoi et al. (2004) relatam que a ACR é muito utilizada para investigações de acidentes industriais importantes, e que os fundamentos da metodologia são intrínsecos a psicologia industrial e engenharia de fatores humanos. Ainda segundo Uberoi et al. (2004), historicamente a medicina tem se baseado fortemente em abordagem quantitativa para a redução de erros e melhoria da qualidade, o que fortemente envolve analisar as causas de um problema. Apesar de ser uma metodologia que abrange várias áreas, a ACR se encaixa bem em ambientes industriais com rotinas de falhas e quebras.

A análise de causa raiz contém uma coleção de métodos de solução de problemas usados para identificação de causas reais, seja por um problema de qualidade ou não conformidade. E através desta identificação, são criadas as políticas necessárias para mitigar os riscos e evitar que a falha aconteça novamente, gerando altos custos de reprocesso, descarte e manutenções.

Devido o atual cenário de crises econômicas, instabilidades políticas e novos formatos de negócios, alguns pilares estão sendo ainda mais valorizados e os investimentos estão se tornando mais escassos e com mais critérios de rateio. Ou seja, liberações de CAPEX para aquisições de equipamentos de automatização dentro da indústria e disponibilidade de peças para manutenções preventivas e preditivas estão se tornando opções raras e de difícil negociação no mercado.

Atualmente, devido as circunstâncias, as indústrias não estão com um foco somente em volume de produção e atendimento a demanda, mas também a redução de custos e consumos internos, como consumo de gás e energia, redução de perdas de qualidade, redução de falhas e quebras em equipamentos e redução em paradas de linha. As indústrias nacionais já sofrem com infraestruturas precárias e altas taxas de impostos, não podendo deixar de serem competitivas. O cenário mostrado e a oportunidade de melhoria é o que motiva o desenvolvimento deste trabalho.

O presente trabalho analisa os benefícios da implementação de um programa de Gerenciamento de Causas Raízes em uma indústria de produção de Snacks e Bolos.

A empresa estudada foi uma indústria de alimentos de Maracanaú, que fabrica produtos nos negócios de Biscoitos, Massas, Snacks e Bolos. Os dados foram colhidos e analisados em três linhas de produção. A partir destas três linhas estudadas serão apresentadas a quantidade de causas raízes, seus respectivos M's relacionados e seus impactos na linha. Todos os dados se encontram no mesmo período de tempo, setembro de 2021 a fevereiro de 2022, pra melhor visualização das melhorias realizadas a partir da implementação do gerenciamento.

Os nomes da empresa, das linhas, dos produtos e seus componentes não podem ser divulgados por uma questão de sigilo. Contudo, é um fato que não interfere em nada o estudo.

O objetivo do projeto é demonstrar a importância da realização da análise e apontamento de causas raízes para uma melhor efetividade de tratativas e planos de ações dentro da indústria. Para contextualizar o tema, é apresentado uma análise dos resultados da implementação de um sistema de gerenciamento de causas aparentes em uma indústria de Snacks e Bolos.

A partir da implementação do sistema é possível obter uma maior fonte de dados para a realização de estatísticas de perdas e falhas no processo, logo, o projeto vem com o intuito de padronizar procedimentos e definir novas políticas e tratativas para os problemas encontrados e classificados dentro do seu passo a passo. O estudo realizado com esses dados que são extraídos do sistema, trazem ao processo uma maior disponibilidade dos equipamentos, redução do número de quebras e falhas, redução do intervalo entre as quebras e consequentemente redução de perdas de qualidade na fabricação.

A capacidade do sistema deve compreender problemas de máquina, mão de obra, material ou qualquer outro "M" relacionado, obtendo-se uma amplitude maior na escala de atuação e visualização dos GAPs.

1.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Por se tratar de um estudo de caso, em empresa de manufatura, que visa analisar um sistema de gerenciamento que pode ser aplicado a demais empresas, este trabalho é de natureza básica, abordagem qualitativa e objetivo explicativo. O espaço amostral será limitado apenas a unidade industrial de Maracanaú – CE.

Para a pesquisa, foram realizadas as coletas dos dados necessários e alimentados em uma planilha construída como banco de dados e geração de dashboard analítico, para mostrar os benefícios da aplicação do sistema de causas raízes nas linhas de produção.

As informações que este dados representam são devidamente explicadas para pleno entendimento do seu significado.

Este trabalho é constituído de cinco capítulos. O primeiro capítulo é constituído pela introdução do trabalho, ou seja, apresentação de informações necessárias para a compreensão geral do trabalho. É apresentado de forma inicial a importância da ACR e suas diversidades de aplicações. Além de apresentar o objetivo, a proposta e a metodologia do trabalho.

O segundo capítulo aborda o referencial teórico, conceitos e características gerais de assuntos básicos relacionados com o tema, importantes para que se entenda o trabalho de pesquisa. É realizada uma revisão bibliográfica contemplando: TPM, Manutenção da Qualidade, Análise de Causa Raiz (ACR) e Análise de Impactos e Riscos.

O terceiro capítulo apresenta alguns métodos existentes de análise de causa raiz, relacionando as suas especificidades, e algumas vantagens e desvantagens dos métodos apresentados.

O quarto capítulo aborda a implementação dos sistema de gerenciamento de causas raízes em uma indústria de alimentos, especificamente nos negócios de Snacks e Bolos.

No quinto capítulo, é apresentada discussão sobre os resultados obtidos com a aplicação do sistema e seus ganhos dentro da companhia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TPM

Para se entender o Pilar da Manutenção da Qualidade, é necessário uma introdução a metodologia Total Maintenance Productive (TPM), na qual consiste em um conjunto de estratégias e procedimentos que tem como objetivo garantir o pleno funcionamento das máquinas em um fluxo de produção, para que este processo não seja paralisado e que não haja perda de qualidade no produto final. Esta metodologia surgiu nas décadas de 60 e 70 no Japão, quando se iniciou uma revolução industrial de automatização de processos em algumas indústrias, principalmente através do Sistema Toyota de Produção. Segundo Kardec e Nascif (2009), a TPM nasceu na Nippon Denso, uma das empresas do grupo Toyota, e em 1971, recebeu o prêmio PM, destinado a empresas que se destacaram na condução desse programa.

A metodologia do TPM pode ser visualizada através de quatro gerações até os tempos atuais (Figura 1). De acordo com Moraes (2004), quando esta técnica veio a tona seu objetivo era especificamente nos maquinários e utensílios da fábrica, portanto, o grande alvo do TPM era maximizar sua eficácia, minimizando as perdas geradas através das falhas. O departamento responsável por essa avaliação, era o setor que possuía as máquinas.

Ainda segundo Moraes (2004), a segunda geração aconteceu por volta da década de 80 e, nessa geração o olhar já não era apenas na redução de perdas por falhas, mas também por todos os tipos de perdas que houvessem, seja ela por falha ou quebra, perda por ajuste ou preparação de linha, perda por operação ociosa e pequenas paradas, perda por redução de velocidade, perda por defeitos no processo e perda no início da produção.

A geração da TPM (terceira) têm seu início na década de 90 e trabalha com uma visão ainda mais ampla do que as duas anteriores. Além de priorizar a eficiência dos equipamentos, também era de interesse o sistema de produção como um todo. Englobando mais tipos de perdas de acordo com Moraes (2004):

- As oito perdas ligadas aos equipamentos, que podem ser por problemas de instalação e configuração, quebra ou falha, por mudanças de ferramentas, estabilização no início de produção, por pequenas paradas e inatividade, por velocidade imprópria, por defeitos e retrabalhos e até perda por tempo ocioso.
- As cinco perdas ligadas às pessoas, que são perdas por mobilidade operacional, perdas por desorganização da linha, perda por logística, perda por imprecisão nas medidas e ajustes dos equipamentos e falhas na administração e gestão dos recursos.
- As três perdas ligadas aos recursos físicos de produção, que podem ser perdas por falha de energia, perdas por falha e troca de matrizes, ferramentas e gabaritos e perda de tecnologia.

A respeito da quarta geração da TPM, o autor percebe essa nova mudança no início dos anos 2000 e argumenta que toda a organização tem que se comprometer com as atividades de manutenção e eliminação de perdas. Ou seja, novos setores das companhias passaram a ter essa mesma responsabilidade e visão estratégica, englobando setores como logística, qualidade, pesquisa e desenvolvimento e etc. Além disso, a erradicação das 20 principais perdas nos processos de inventários, distribuição e compras.

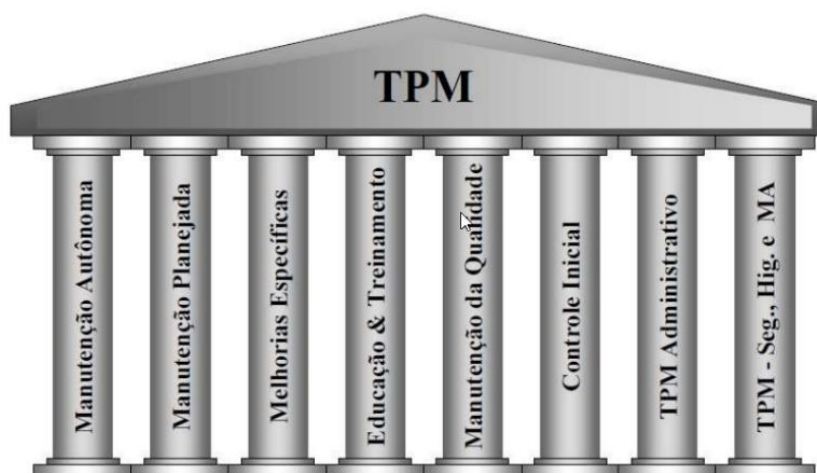
Quadro 1 - As quatro gerações do TPM

	1° Geração 1970	2° Geração 1980	3° Geração 1990	4° Geração 2000
Estratégia	Máxima eficiência dos equipamentos		Produção e TPM	Gestão e TPM
Foco	Equipamento		Sistema de Produção	Sistema geral da companhia
Perdas	Perda por falha	Seis principais perdas nos equipamentos	Dezesseis perdas (equipamentos, fatores humanos e recursos na produção)	Vinte perdas (processos, inventário, distribuição e compras)

Fonte: Palmeira (2002)

O TPM é estruturado em oito pilares (Figura 1) que garantem a eficiência e qualidade do processo. Através da atuação em conjunto e dos trabalhos desenvolvidos pelas interfaces, o TPM se estrutura e se desenvolve dentro da companhia.

Figura 1 – 8 Pilares do TPM



Fonte: Labone Consultoria

Cada companhia possui suas peculiaridades e forma de aplicação de cada pilar, porém, se bem implementados e respeitados, possibilitam o funcionamento total desta metodologia em diversos ambientes.

Cada pilar tem funções e indicadores mais ligados à sua visão e objetivo na empresa:

- 2.1.1 Pilar de Melhoria Específica: O Pilar ME atua de forma direta nas melhorias voltadas para perdas crônicas percebidas na organização, avaliando orçamento, custos, capacidade e pessoas. Além de atuar de forma estratégica na redução de trabalhos de Não Valor Agregado (NVA), visando uma melhor eficiência da gestão.
- 2.1.2 Gestão ou Manutenção Autônoma: O Pilar GA atua de forma direta na gestão operacional das linhas de produção, realizando uma verificação do desempenho e atendimento da linha em GA em cada Passo dentro do TPM.
- 2.1.3 Educação e Treinamento: O Pilar ET atua de forma direta na capacitação dos colaboradores e liderança da indústria, apresentando treinamentos técnicos e comportamentais para um desenvolvimento e redução de GAPs de conhecimento da companhia.
- 2.1.4 Controle Inicial: O Pilar CI atua com o direcionamento dos conhecimentos práticos adquiridos através do TPM no desenvolvimento e aquisição de novos equipamentos, fazendo com que os mesmos atinjam sua máxima eficiência, com um olhar mais tecnológico e de automatização de processos e sistemas.
- 2.1.5 Saúde e Segurança Ocupacional: O Pilar de SSO atua de forma direta com seus colaboradores visando um ambiente de trabalho mais seguro e apropriado para realização das atividades e com uma vertente na saúde pessoal do colaborador.
- 2.1.6 Meio Ambiente: O Pilar MA atua de forma direta com atividades voltadas para sustentabilidade, preservação e reaproveitamento de recursos, tendo como foco redução de resíduos gerados e consumo de gás, energia e água.
- 2.1.7 Manutenção Planejada: O Pilar MP atua de forma direta com as programações de manutenções com o intuito de mitigar e erradicar falhas e conseqüentemente perdas, para isso, o pilar foca na medição de confiabilidade e eficiência de maquinários, tempo médio entre falha (MTBF) e tempo médio entre reparos (MTTR), por exemplo.
- 2.1.8 Manutenção da Qualidade: O Pilar MQ atua de forma direta com os indicadores voltados para a qualidade do produto, sejam eles o Índice de Reclamação de Mercado (IRM), Serviços de Atendimento ao Consumidor (SAC) e perdas de qualidade (descarte, reprocesso, perda de embalagem e sobrepeso). O objetivo é garantir a qualidade e a segurança em todos os processos para entregar produtos dentro de todas as especificações e requisitos.

A implementação do TPM visa trazer diversos benefícios para a companhia e conseqüentemente aos funcionários, tais como:

- Melhora no ambiente de trabalho, tendo um local limpo, organizado e seguro;
- Melhora na produtividade e motivação dos colaboradores;
- Funcionários capacitados e treinados para realizar o melhor trabalho possível com os melhores resultados;
- Redução de tempo e dinheiro perdido devido equipamentos parados e suas devidas manutenções;
- Aumento da capacidade produtiva da empresa, o que pode representar um maior faturamento;

Segundo a União Brasileira para a Qualidade (UBQ, 2008), o TPM surge como uma filosofia e um conjunto de práticas e técnicas desenvolvidas na indústria japonesa e que visa maximizar a capacidade dos equipamentos e processos, não se voltando somente para a manutenção dos equipamentos, mas também para todos os fatores relacionados a sua implementação e operação e sua essência está na motivação e no enriquecimento das pessoas que trabalham na companhia.

O Japão foi o grande berço do TPM, a metodologia passou a ser parte da cultura de inúmeras companhias no país após a sua disseminação, e os resultados foram obtidos de maneira organizacional. A Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM-S, 2005), explica que o TPM é uma forma de gerenciamento que tem como objetivo a eliminação contínua de perdas, sempre obtendo evolução permanente na sua estrutura devido o constante foco de desenvolvimento das pessoas, dos meios de produção e da qualidade dos produtos ou serviços. Portanto, o melhor significado para o TPM passa a ser Total Productive Maintenance.

2.2 PILAR MQ

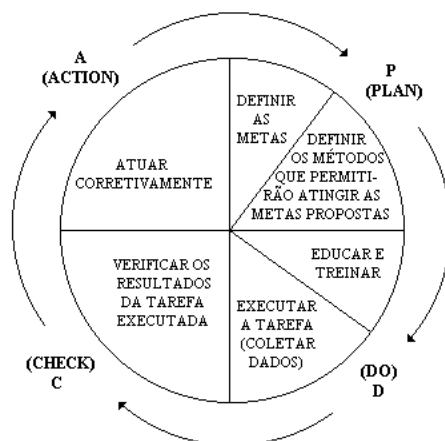
Para nos inserirmos no Pilar MQ, é crucial o entendimento da definição da qualidade, e essa definição passa por inúmeros parâmetros, tanto culturais levando em consideração o desenvolvimento da qualidade nas empresas, quanto a visão do próprio cliente. Em um passado recente, de acordo com Crosby (1990), a imagem que se tinha a respeito da qualidade é que as empresas não tinham tanta clareza de que entregar produtos com qualidade era viável. Além disso, existia a problemática de que a visão de desempenho da qualidade era dada por níveis de qualidade aceitáveis, ou seja, a medição da qualidade seguia proporções e índices que não necessariamente apresentavam uma característica alcançável.

As primeiras ideias sobre zero quebras e defeitos, e de fato classificar a qualidade como um fator palpável só ganhou força após a implementação das ideias nas indústrias japonesas na década de 70. De forma simultânea a esses acontecimentos, Crosby (1990) determinou novos alicerces de administração da qualidade, no qual foi nomeado de “Os Absolutos”. Segundo ele, a qualidade assim como a manutenção, é conseguida através de ações preventivas e avaliações, já a definição de qualidade era percebida através do preço das não conformidades. A partir desse pensamento o ideal da qualidade era o zero defeitos, não mais atender a níveis aceitáveis. Pujo e Pillet (2002), trazem um resumo de tudo o que foi falado pelos outros autores, segundo eles, dentre todas as funções de uma indústria, a qualidade foi a que mais se desenvolveu ao longo das décadas.

A atuação do Pilar MQ como um dos oito pilares do TPM, vem com essa visão repaginada de qualidade, analisando não somente parâmetros físico-químicos e microbiológicos, mas levantando indicadores de mercado, como Índice de Reclamação de Mercado (IRM) e Sistema de Atendimento ao Consumidor (SAC), e principalmente tendo um foco nas perdas de qualidade, como: descarte, reprocesso, sobrepeso e perda de embalagem. Para analisar indicadores mais robustos se fez necessário uma evolução de ferramentas e metodologias no sistema de qualidade.

Em inúmeras companhias o controle de qualidade é realizado através do auxílio da ferramenta de ciclo PDCA (abreviação dos termos em inglês, *Plan, Do, Check e Action*). Essa ferramenta apresenta variações e adaptações, segundo Campos (1992), os quatro passos do ciclo são: planejar (P), fazer ou executar (D), verificar (C) e agir ou atuar corretivamente (A), assim como na Figura 3.

Figura 2 – Ciclo PDCA de controle de processos



Fonte: (CAMPOS, 1992)

Embora o ciclo PDCA inicialmente seja associado ao controle de qualidade, através da atuação nos pontos fora dos limites de controle determinados no processo, ele também pode ser utilizado para melhorias e manutenções da qualidade. Juran (1998), apresenta que espécies de ciclos de alimentação, como o PDCA, tem como objetivo eliminar não conformidades esporádicas, não obtendo uma finalidade de trabalhar com defeitos e falhas crônicas do processo.

Além disso, outras ferramentas como Matrizes QA's, QM's e QX servem de fundamentos para mapeamentos mais estruturados e concisos das linhas de produção. Determinar os modos de defeitos que mais influenciam no processo, nos auxilia a focalizar os esforços em seções ou M's específicos aumentando a eficiência das tratativas e projetos. Matrizes como a QX atuam em um formato cíclico identificando de forma mais aprofundada as causas raízes por componente, modo de falha e em contrapartida solicitando contramedidas utilizadas para a resolução do problema. Com isso, surgem não somente novos planos de ações, mas novas políticas e padrões que serão estabelecidos e implementados para uma melhor estruturação dos processos de colhimento de dados e análises dos mesmos.

2.3 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ (ACR)

A análise de causa raiz consiste em um trabalho de investigação do problema e mapeamento das suas causas raízes para tomadas de decisões mais assertivas.

Segundo Uberoi et al. (2004), o maior objetivo da análise de causa raiz é descobrir o que de fato aconteceu, por quê ocorreu e o que deve ser feito para prevenir uma nova ocorrência. Através dessas informações, é possível eliminar o problema por ações corretivas. Para Ursprung e Gray (2013), embora a ACR possua um formato mais retrospectivo, ou seja, atua no problema após ele acontecer, o seu objetivo é prevenir eventos futuros. Outros autores e especialistas trazem características da metodologia, Rooney e Heuvel (2004), dizem que a ACR identifica, age de maneira eficiente e previni recorrências.

Alguns questionamentos sobre a aplicabilidade da ACR ainda são levantados em empresas de pequeno e médio porte. Porém, todas as vezes que um problema acontece, é possível realizar ACR. A aplicabilidade desta metodologia demanda várias etapas e horas de especialistas que se inserem diretamente no problema, portanto, são retirados recursos que são investidos em atividades cotidianas e rotineiras para atividades exclusivas de resolução dos problemas identificados. Além disso, não são todos os pontos levantados em uma ACR que de fato se tornarão a solução para o problema, logo, durante o processo investigativo da metodologia deve-se testar hipóteses através de ensaios pilotos, tornando um processo caro.

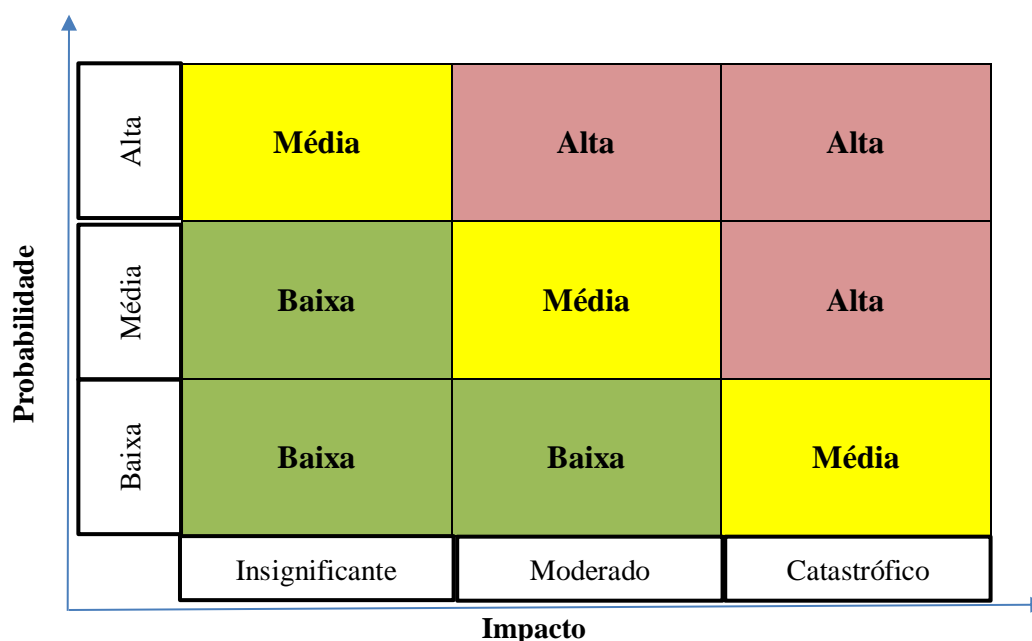
Segundo Taproot (2013), algumas causas, consideradas como problemas de pouco impacto, não merecem uma análise de causa raiz. O que é indicado para estes casos é uma simples categorização e reparação da falha. Dando prosseguimento a ideia de Ursprung e Gray (2013), as companhias devem definir para quais problemas serão utilizadas as técnicas de uma ACR. Após essa definição, temos a estruturação base de gatilhos para alertar os colaboradores o momento correto da utilização da metodologia.

2.4 ANÁLISE DE IMPACTOS E RISCOS

Inserido nas análises de ACR e ferramentas como Matriz QA, a análise de impacto surge como mais um método de mensuração de mudanças, perdas e ganhos na companhia. As matrizes de riscos ou probabilidade e impacto, são utilizadas como ferramentas de gerenciamento de riscos que permitem de uma maneira mais visual, compreender quais são os riscos que devem receber uma maior atenção.

O grande diferencial dessas matrizes é a facilidade de visualização das informações sobre um determinado conjunto de dados ou situações. Por se tratar de uma ferramenta gráfica, se torna viável identificar e colaborar com o engajamento da equipe no processo de gestão de impactos. A matriz de riscos (Quadro 2), consiste em uma tabela orientada por duas dimensões: probabilidade e impacto. Por meio desses dois fatores, é possível calcular e visualizar a classificação do risco.

Figura 3 – Exemplo de Matriz de Riscos



Fonte: Elaborado pelo autor

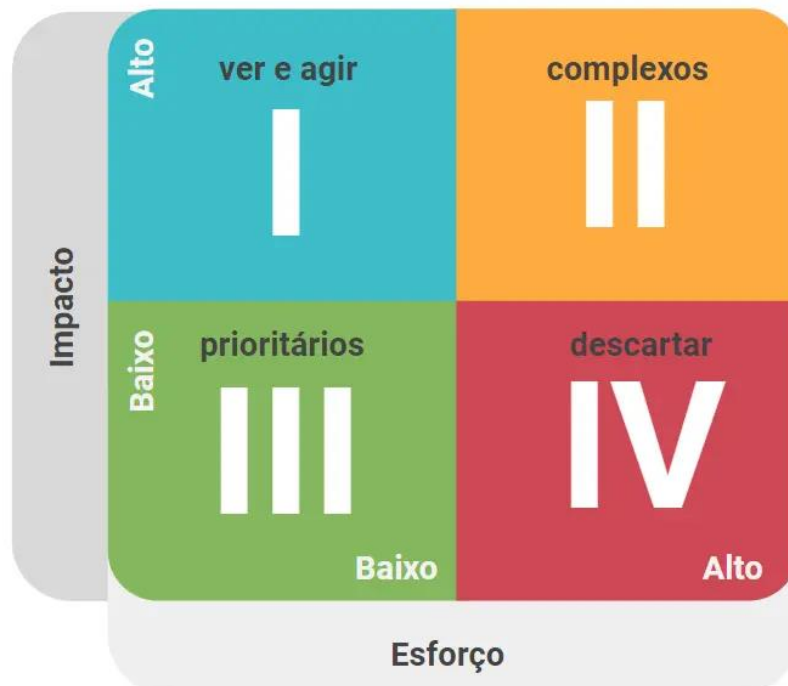
O resultado da classificação do risco, indica em qual local da matriz o risco se encaixa. Como pode ser visualizado na Figura 3, há cores diferenciadas em cada quadrante e essas cores indicam o quão alta é a classificação do risco, ou seja, o quão crítico um determinado risco é. Logo, os riscos que resultaram em uma classificação alta devem receber maior atenção do que os riscos classificados como moderados ou médios e consequentemente os riscos classificados como baixo.

A probabilidade (eixo vertical), consiste na mensuração do quão provável é a ocorrência do risco, ou seja, na probabilidade são analisados os níveis de facilidade ou dificuldade de um determinado problema acontecer. Este eixo pode ser classificado como: muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto ou convertidas em números (porcentagens).

O impacto (eixo horizontal), se refere as consequências do problema, caso ele aconteça, ou seja, quais serão os prejuízos e perdas caso esse risco aconteça de fato. Este impacto também pode ser negativo dependendo do risco analisado, e assim como a probabilidade, o impacto também pode ser classificado através dos formatos numéricos e escritos.]

Outra ferramenta semelhante e também utilizado para avaliações de impacto, é a Matriz de Esforço x Impacto. Esta ferramenta auxilia na priorização de tarefas, repassando o direcionamento mais adequado para a utilização do tempo, planejamento e execução dos projetos. Como pode ser visto na Figura 2 a matriz é dividida em dois eixo, vertical e horizontal, e vinculados aos eixos é visualizado os quadrantes da matriz.

Figura 4 – Matriz de correlação Esforço x Impacto



No quadrante 1 ficam as tarefas mais produtivas, que são as atividades que geram mais resultados com menos esforço. Essas ações devem ser executadas imediatamente (ver e agir) devido seus grande retornos para a companhia. É recomendado que seja realizado no mínimo uma ação por dia, pois além de trazer recompensas rápidas essas atividades estimulam a equipe.

No quadrante 2 ficam as tarefas importantes, porém, com uma execução mais difícil (demandas complexas). A conclusão dessas atividades exigem mais disciplina, melhorias constantes e paciência na execução. Por estes motivos são tratadas com maior cuidado e são investidos mais tempo para planejamento e construção.

No quadrante 3 ficam as tarefas que não são completamente inúteis, mas são um tanto perigosas em uma rotina de desenvolvimentos de projetos e avaliação de prioridades. Essas atividades exigem pouco esforço e são bem atrativas, porém, não trazem grandes resultados para a companhia. Logo, são reservados curtos períodos de tempo para sua resolução e são tratadas quando a equipe já está um pouco mais fadigada de tarefas maiores do dia.

No quadrante 4 ficam as tarefas que além de serem nocivas para a saúde financeira da companhia, também são desestimulantes, pois fazem com que os colaboradores gastem energia e tempo sem ver valor e resultados nas ações, logo devem ser descartadas e não são prioridade.

O impacto também pode ser medido pelo binômio Frequência x Gravidade quando o tema é falhas ou quebras de equipamentos. Identificar qual a frequência de quebra do ativo e a gravidade faz com que a visualização da intensidade do problema seja latente e a busca pela causa raiz se torna essencial para a companhia. Através dessas análises, o mapeamento de seções críticas no processo é construída e a partir disso políticas e contramedidas são adotadas com o intuito de mitigar ou erradicar os problemas. De maneira geral, o impacto é uma mensuração de vários fatores que influenciam negativamente ou positivamente em um indicador e que através dessa visualização são feitas as devidas priorizações para sua resolução.

3. MÉTODOS DE ANÁLISE DE CAUSA RAIZ

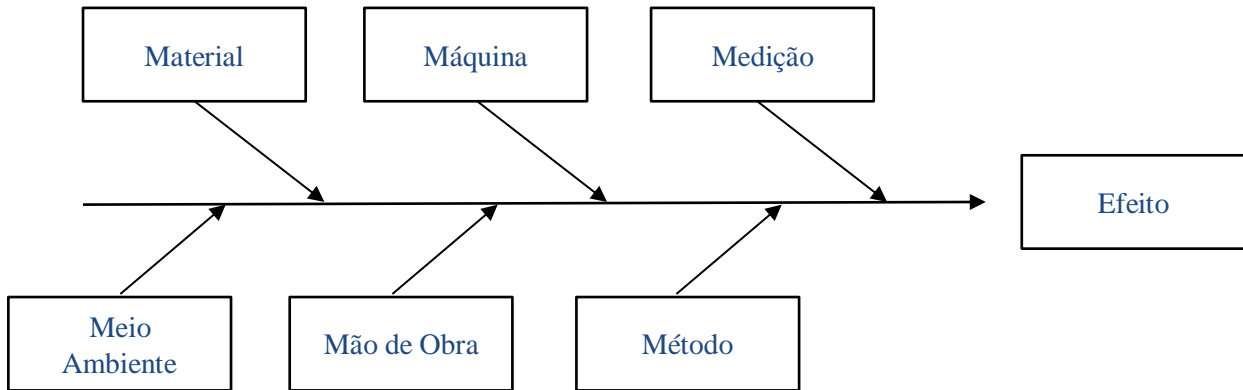
3.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O diagrama de Ishikawa é também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe. Segundo Slack et al. (2002), o Diagrama é uma metodologia eficiente para se encontrar as causas raízes do problema.

O diagrama começa considerando o efeito, visualizado na ponta direita da Figura 5. Este efeito analisado pode estar ligado a um problema de qualidade, uma situação específica desejável ou não, ou qualquer condição descrita de maneira clara. As ramificações do efeito podem ser

classificadas em um dos 6M's, que são: máquina, método, mão de obra, medição, material e meio ambiente. Slack et al. (2002) fala que outras famílias também podem ser utilizadas nas pontas das ramificações do diagrama, essa variação irá depender do problema que esteja sendo investigado. Porém, o uso dos 6M's é mais comumente utilizado nas avaliações de causas raízes.

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: (adaptado de Campos, 1992 , Slack et al., 2002).

Para um melhor entendimento da utilização e aplicação da ferramenta, Slack et al. (2002), descreve o procedimento correto para elaboração do diagrama de Ishikawa através dos seguintes pontos:

- Descrever o problema na caixa de “Efeito”;
- Identificar as classificações que serão utilizadas para cada causa, caso não utilizem os 6M's como padrão;
- Adotar um formato de levantamento de fatos, dados e debates com equipes multidisciplinares para gerar causas que serão categorizadas a partir da classificação implementada no passo anterior. Todas as hipóteses que podem afetar o efeito devem ser tratadas como causas potenciais;
- Registrar todas as causas potenciais no diagrama de acordo com cada classificação. E neste momento deve-se realizar o agrupamento e esclarecimento das causas.

Segundo Juran (1997), o diagrama levanta hipóteses de causas. Portanto, é necessário que as causas encontradas venham acompanhadas de suas evidências, para que as mesmas tenham sua validade e não fiquem apenas em opiniões sem provas do que realmente aconteceu.

O Diagrama de Ishikawa como método, pode ser acrescido de outras ferramentas para análises mais precisas de causas raízes, como os 5 porquês. Ao se perguntar sucessivas vezes para se encontrar a causa raiz de cada problema relacionado aos 6M's, a construção passar a ser mais aprofundada e a identificação se torna mais específica, conseqüentemente os planos de ações são mais reduzidos e precisos.

3.2 OS 5 POR QUÊS

O método dos 5 por quês apresenta uma abordagem científica para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, que pode estar escondida atrás de causas aparentes. Este método consiste em perguntar os por quês daquele problema acontecer inúmeras vezes dentro do processo. Segundo Terner (2008), os 5 por quês é essencial para a ACR, pois é possível separar de maneira mais efetiva a causa do efeito, melhorando a elaboração de hipóteses tangíveis para a raiz do problema.

Apesar de ser uma ferramenta bem utilizada e de fácil compreensão de aplicação, alguns autores formatam a aplicabilidade da ferramenta em passos. Segundo Weiss (2011), os 5 por quês deve ser iniciado com a afirmação do problema que se quer entender, em seguida as perguntas começam questionando a veracidade da afirmação anterior e assim sucessivamente até que não se tenha mais motivos ou causas ocultas, ao cessar as respostas dos por quês significa que a causa raiz foi encontrada, passando para o estágio de tratativas e planos de ação.

Ainda segundo o autor, embora o nome da ferramenta seja 5 por quês, a utilização das perguntas podem ter menos estágios ou mais, isso quem vai determinar é a necessidade de entendimento de cada causa.

A utilização dos 5 por quês abrange qualquer tipo de “M” que esteja relacionada a falha, seja ela por um problema de máquina, método, mão de obra, medição, material ou meio ambiente. Ohno (1997), exemplifica a utilização da ferramenta por uma visão do M máquina (Quadro 2), onde as causas vão se tornando mais detalhadas e atingindo componentes mais específicos do conjunto de trabalho, fazendo com que a atuação seja mais centralizada e o esforço posterior para a resolução seja menor.

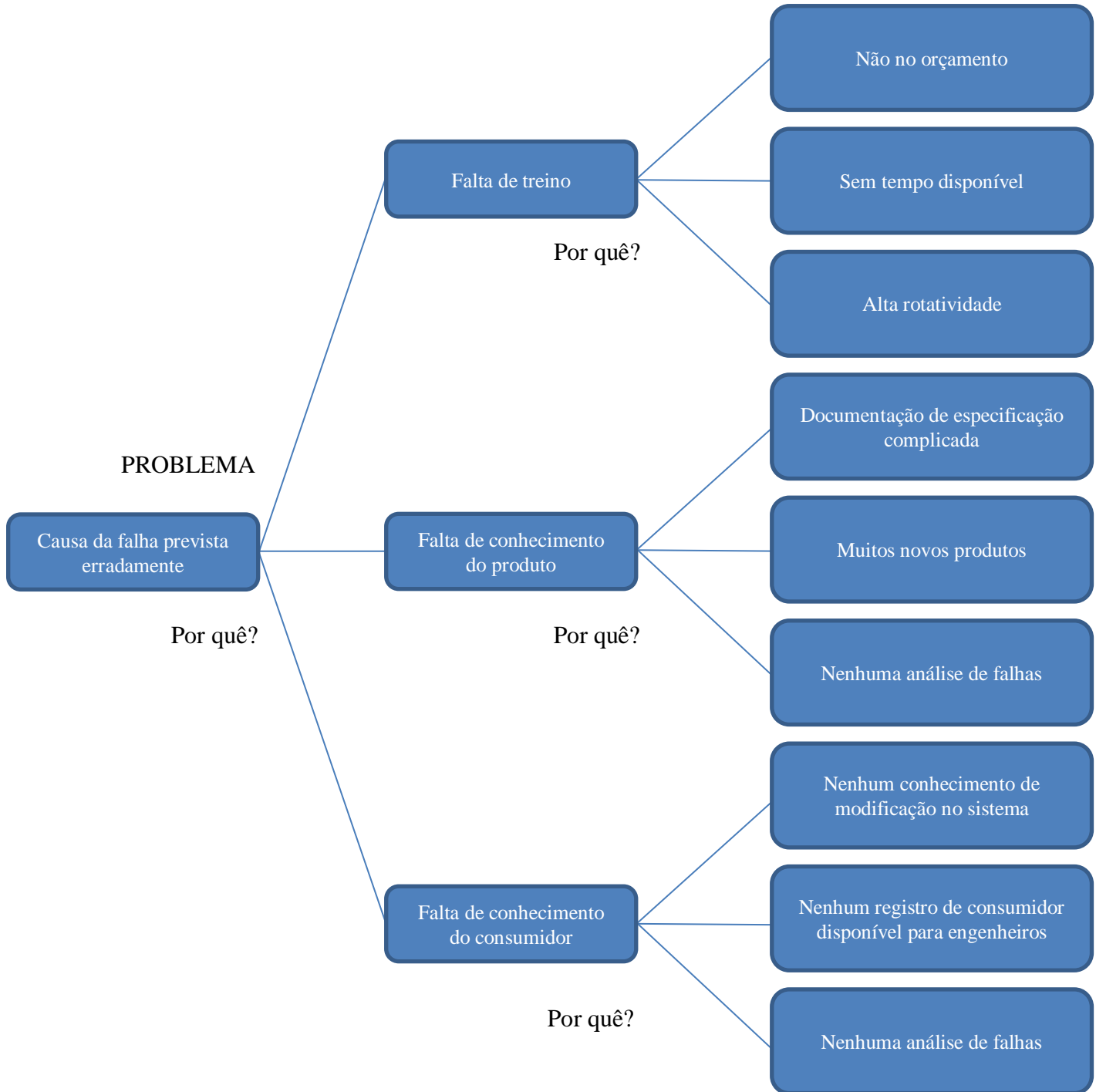
Quadro 2 – Representação da utilização dos 5 por quês para um problema de máquina parada.

Problema de Máquina Parada					
	1° Por que	2° Por que	3° Por que	4° Por que	5° Por que
Pergunta	Por que a máquina parou?	Por que houve sobrecarga?	Por que não estava suficientemente lubrificado?	Por que não estava bombeando suficientemente?	Por que o eixo estava gasto?
Causa	Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.	Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.	Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.	Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando.	Porque não havia uma tela acoplada e entrava limalha.

Fonte: (Adaptado de Ohno, 1997)

Existem algumas variações dessa ferramenta que são utilizadas em grandes companhias, uma delas é a Análise Por quê – Por quê. Segundo Slack et al. (2002), esta análise se inicia com a visualização do problema e em seguida a pergunta do por quê este problema aconteceu. Após a primeira pergunta, são levantadas as maiores hipóteses de causas do problema em questão e somente para estas hipóteses são perguntadas o por quê ocorreram. Na Figura 6, Slack et al. (2002) apresenta a estrutura dessa ferramenta.

Figura 6 – Exemplo aplicado a Análise por que – por quê



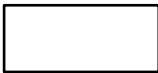
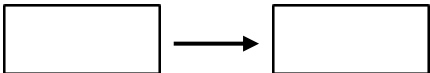

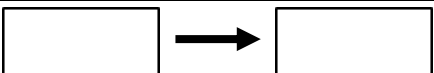





3.3 GRÁFICO DE FATOR CAUSA E EFEITO (GFCE)




A Análise de Causa e Efeito visa estudar as relações de causalidade entre os fatos. Através do GFCE, são levantados os eventos indesejados para que a partir disso sejam analisados os efeitos primários e determinar em quais condições essas causas tem uma probabilidade maior de acontecer.

Para cada condição são verificadas hipóteses do por quê a condição existiu, essa condição é tratada como um efeito que será classificado e terá suas causas determinadas. Os passos são repetidos até que as causas raízes estejam totalmente explicadas, esclarecidas e tratadas.

Esta ferramenta apresenta uma visão global do evento, ou seja, mostra de maneira gráfica a correlação de eventos, condições, barreiras, restrições e fatores causais em uma linha do tempo estabelecida, sendo assim uma ferramenta de grande impacto na ACR. Assim como outras ferramentas de Análise de Causa Raiz, a sua construção é iniciada com investigações e o GFCE é alimentado com essas informações ao longo das análises. O gráfico engloba todos os acontecimentos que ocorreram desde o início da situação problema até o final. A construção desse gráfico passa pelo entendimento dos sinais que o compõem, onde Ammerman (1998) apresenta no Quadro 3:

Quadro 3 – Símbolos utilizados no Gráfico de Fator Causa e Efeito e suas definições

Símbolo	Definição
	Evento: ação ocorrida durante alguma atividade.
	Evento primário: Ação que leva a um efeito primário.
	Evento indesejado: evento crítica, ou seja, sua ocorrência foi determinante para o problema existir.
	Evento secundário: ação que impacta o evento primário, mas não está envolvido diretamente na situação.
	Evento terminal: o ponto final da análise. Também é usado para marcar o evento inicial da análise.
	Condições: circunstâncias que podem ter influenciado no direcionamento dos eventos.
	Evento Presumível: ação que logicamente parece ter ocorrido, mas não pode ser provado.
	Fator causal: fator que dá forma ao resultado da situação (de problema)
	Fator causal presumível: fator que é assumido, mas não comprovado (parece afetar outra condição ou evento).

	Barreira: medidas auxiliares que fazem parte das condições de trabalho e existem como prevenção de condições inseguras ou danos.
	Falha de barreiras: falhas nas medidas auxiliares abordadas na linha anterior.
Antes  Depois	Mudança: comparação de uma atividade bem sucedida com uma mesma atividade insatisfatória.

Fonte: (adaptado de Ammerman, 1998).

Além de apresentar o gráfico e seus símbolos, Ammerman (1998) mostra alguns passos para construção do GFCE. O gráfico se inicia com a definição do escopo a partir de dados iniciais, onde pode-se escolher por utilizar o ponto inicial da sequência dos eventos ou o ponto final. Após este levantamento é realizado a análise dos dados iniciais e documentos relacionados ao problema. A elaboração do gráfico em si começa pelo evento primário seguido de eventos secundários e condições. O gráfico vai descrever uma ação e cada ação vai ser apresentada de maneira única e precisa, essa descrição geralmente é feita com frases curtas ou verbos de ação. Em seguida, são coletadas novas informações para adicionarem ao gráfico e por fim, identificar e adicionar os fatores causais e barreiras que falharam no gráfico.

Através da aplicação deste passo a passo, são levantadas todas as informações sobre o problema e simultaneamente com a Lista de Fatores Causais, são construídas todas as hipóteses de trabalho. Posteriormente as análises de evidências se iniciam para mostrar a veracidade das causas levantadas.

3.4 ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHA

A Análise de Árvore de Falha – AAF, surgiu na Bell Telephone Laboratories, nos Estados Unidos em 1961. Segundo Cauchik (2011), esta análise consiste em, por meio de um diagrama lógico, determinar como uma anomalia em um determinado sistema pode ser originado, por meio de uma só falha ou de um conjunto de falhas de seus componentes. Ainda segundo o autor, a princípio a metodologia teve como objetivo avaliar o nível de segurança do sistema de controle de lançamentos dos mísseis Minuteman. Porém, posteriormente, o método foi adaptado para ser utilizados de outras formas, como análises de processos industriais e administrativos, projetos de equipamentos e máquinas e etc.










De acordo com Heuvel et al. (2008), este tipo de análise é a melhor ferramenta para resolução de problemas de software ou problemas crônicos em equipamentos, além de possuir uma ampla gama de aplicações a erros associados a projetos ou erros operacionais, como um equipamento que pode apresentar uma eficiência dentro do esperado, mas acaba tendo uma eficiência abaixo e ocasionando falha devido uma falha no projeto.

Cauchik (2011), descreve os passos para o desenvolvimento de uma boa análise. Segundo o autor, deve-se iniciar a análise a partir do problema, que é denominado “evento de topo”. De acordo com a AAF o evento de topo será considerado um estado anormal do sistema, causados por fatores anormais ou não. Quando o evento de topo já for conhecido, deve-se determinar quais os eventos que de maneira conjunta ou separada podem ocasionar o problema. Nesta fase os eventos também podem ser chamados de modos de falha. Por fim, há uma determinação para os eventos identificados anteriormente de quais eventos que de forma conjunta ou separada podem ocasionar os problemas. Este método é realizado de forma sucessiva até que se chegue aos eventos que estão associados as falhas básicas do sistema. Para a construção desta árvore, é essencial que os colaboradores selecionados para o trabalho estejam diretamente ligados aos eventos.

Assim como o GFCE, a AAF também possui uma simbologia, nesse caso na AAF essas simbologias são para os conectores e eventos, como apresentado na Figura 8.

Quadro 4 – Simbologias para eventos e portas lógicas da AAF

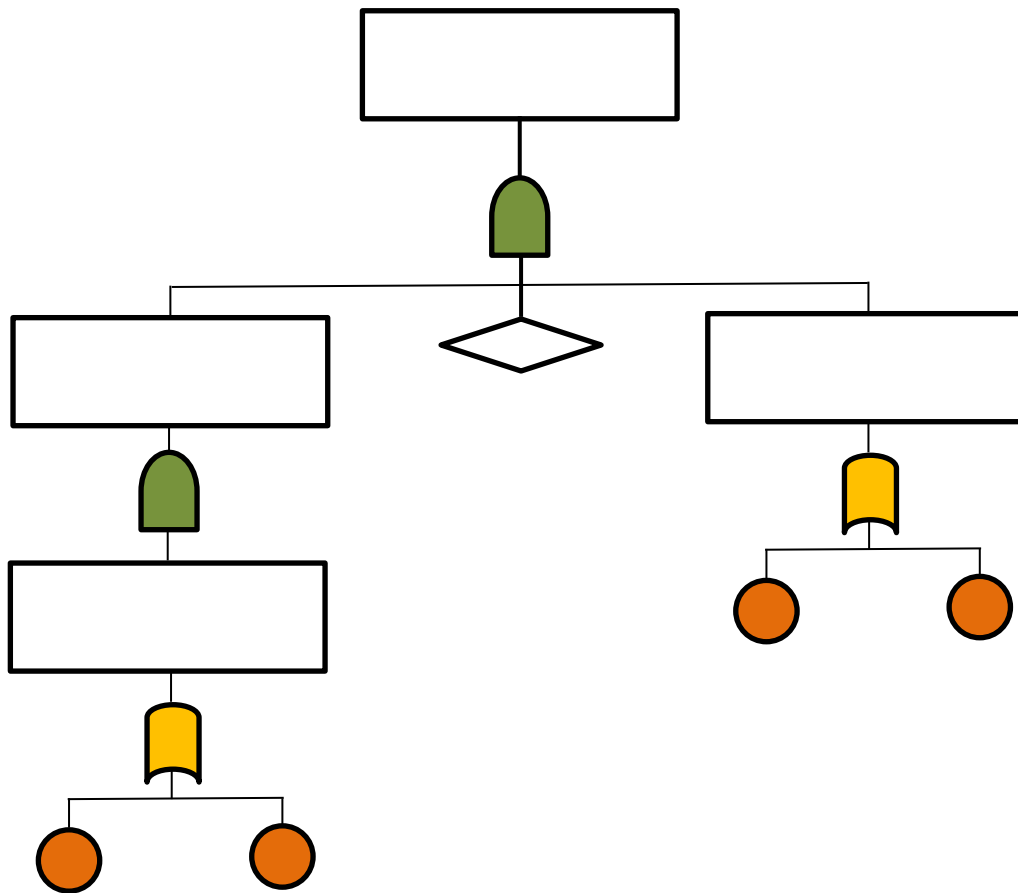
Simbolo Gráfico	Nome	Significado	Classificação
	OU	A saída é gerada se no mínimo uma das entradas existir	Operadores Fundamentais
	E	A saída é gerada se todas as entradas existirem	
	OU exclusivo	A saída é gerada se uma e somente uma entrada existir	Operadores Especiais
	Prioridade ou SE sequencial	A saída é gerada se todas as entradas existirem, com uma ordem de aparecimento.	
	SE	A saída é gerada se a entrada existir e se a condição C for verificada	
	Combinação k dado n	A saída é gerada se k dado n existir ($1 \leq k \leq n$)	
	Matriz	A saída é gerada para certas combinações de entradas	
	Atraso	A saída é gerada com um atraso Δt sobre a entrada que deve estar presente durante	
	Atraso	A saída é gerada com um atraso Δt sobre a entrada que deve estar presente durante	

		Δt	
	Não	A saída é gerada quando a entrada não é produzida	
	Retângulo	Evento de topo ou intermediário	Eventos
	Círculo	Evento básico elementar	
	Losango	Evento básico não elementar	
	Losango duplo	Evento que é considerado básico nesta etapa e será analisado posteriormente	
	Casa	Evento considerado sendo normal	
	Transferidor idêntico	A parte da árvore que deve seguir não é indicada, uma vez que é idêntica à parte etiquetada	
	Transferidor idêntico	A parte da árvore que deve seguir não é indicada, uma vez que é similar à parte etiquetada pelo último símbolo.	
	Identificação do transferidor	Marca uma sub-árvore idêntica ou similar que não é de outra maneira retomada	

Fonte: (Adaptado de Limnios, 2007).

A figura 7 apresenta um exemplo de árvore de falha. Na figura, o objetivo é apenas apresentar um modelo de árvore, sem adentrar muito nos detalhes de investigações que levaram o gráfico a esta forma. De acordo com Heuvel et al. (2008), ao serem formados os ramos das árvores, as causas que vão sendo descobertas devem ser comprovadas através de suas devidas evidências. Caso alguma dessas causas não seja evidenciado com dados, pode ser excluído. O método chega ao final quando os eventos associados a falhas básicas são identificados.

Figura 7 – Exemplo de árvore de falha



Fonte: (Elaborado pelo autor).

4. O ESTUDO DE CASO

4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso da implementação do gerenciamento de causas raízes em uma indústria de manufatura de produtos do ramo alimentício, localizada em Maracanaú, Ceará, Brasil.

4.2 A EMPRESA

A empresa analisada é uma gigante empresa nacional do ramo alimentício, que produz e comercializa produtos dos negócios de biscoitos, massas, snacks e bolos. Por ser uma indústria de alimentos, a preocupação é alta com a qualidade dos produtos para entregar aos clientes o produto mais saboroso e seguro possível.

A companhia atende a diversos mercados, atingindo o Brasil inteiro e até mesmo exportando algumas de suas marcas para outros países Sul americanos e europeus. Devido essa amplitude de comércio, a companhia valoriza as iniciativas de melhoria contínua, análise de parâmetros e dados de todos os produtos fabricados.

A segurança é prioridade da empresa que segue todas as normas e busca as certificações para garantir uma entrega com qualidade aos consumidores internos e externos.

4.3 A NECESSIDADE DO GERENCIAMENTO DE CAUSAS RAÍZES NA EMPRESA

A decisão de implementar o gerenciamento de causas raízes surgiu em virtude da alta em insumos e matérias primas devido a crises econômicas, políticas e sanitárias em todo o mundo, fazendo-se necessário uma análise mais crítica das perdas, mitigação e erradicação das falhas que geram perdas de qualidade nas linhas. Este esforço conduziu a empresa a descobrir várias fontes de perdas, que não eram tratadas sistematicamente e que, se devidamente controladas, poderiam acarretar ganhos em competitividade e sustentabilidade.

As perdas que eram vistas como normais ou inerentes pela produção e que prejudicavam a eficiência operacional foram sendo trabalhadas. Quebras e falhas de ativos, pequenas perdas de qualidade e paradas, falha no início ou fim de produção, são alguns exemplos. Ou seja, todos os fatores que influenciavam em perdas de Eficiência Operacional e até mesmo Eficiência de Gestão, obtiveram um olhar mais estratégico e analítico.

Pelas análises da unidade, o gerenciamento das causas raízes surgiu como uma opção viável de solução desses problemas mencionados, tendo em vista os altos custos de perdas de qualidade que vinham afetando o desempenho da unidade perante o mercado.

Atualmente o gerenciamento faz-se presente na rotina da empresa, é um trabalho de aperfeiçoamento e aprendizagem contínua.

4.4 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Esta filosofia de gerenciamento seguiu algumas etapas de implementação (Quadro 4) e começou a ser implantada na empresa em setembro de 2021. A primeira etapa foi a realização de um mapeamento inicial de causas raízes que já haviam sido levantadas no ano em questão. A segunda etapa foi a de construção de um banco de dados que alimentava um Dashboard com gráficos de quantidade de causas raízes cadastradas por negócio da unidade, classificação do M relacionado a causa raiz e nível de impacto da causa.

De forma simultânea, foi elaborado um formulário para solicitação de causas raízes por parte dos supervisores de produção para cada perda ou falha diária em cada linha de produção. A terceira etapa ocorreu após toda construção da base de trabalho, onde foram realizados treinamentos e informativos dentro da unidade para capacitar a todos como o sistema de apontamento dessas causa funcionaria.

Quadro 5 – Etapas de implementação do gerenciamento de causa raízes

ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO	
ETAPAS	OBJETIVO
1° ETAPA	Mapeamento inicial de causas raízes já identificadas e apontadas nas linhas de produção.
2° ETAPA	Elaboração de um formulário para solicitação de cadastro de novas causas raízes e construção de banco de dados e Dashboard analítico.
3° ETAPA	Treinamentos e comunicados com o intuito de capacitar os colaboradores sobre o novo formato de apontamento de perdas de qualidade e como solicitar novas causas.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.1 Mapeamento de causas raízes existentes

Na primeira etapa, foi verificado nas planilhas de Controle de Produção e Perdas anteriores, quais causas estavam sendo apontadas para justificar as falhas que ocasionavam as perdas de qualidade das linhas de Snacks e Bolos. Nesta fase, foram encontradas algumas causas, mas que não atendiam a alguns critérios de classificação do M relacionado. Portanto, foi decidido que essas causas que já haviam sido apontadas não seriam utilizadas como ponto de partida por estarem fora das especificações corretas de apontamento determinadas pela empresa em questão.

4.4.2 Elaboração de formulário de solicitação de causa raiz e construção de banco de dados

Na segunda etapa, foi elaborado um formulário eletrônico para solicitação de causas raízes de acordo com a falha identificada (Figura 8). O formulário segue uma estrutura de informações da Matriz de Qualidade Assegurada (Matriz QA), através deste formato eram recolhidas informações essenciais para análise da causa, tais como: modo de falha do produto, seção em que a falha ocorreu, nível de criticidade da falha, frequência da falha, são alguns exemplos.

Figura 8 – Formulário de solicitação de causa raiz para as linhas de produção de Snacks e Bolos da Unidade de Maracanaú

Solicitação de inclusão de causa aparente na CPP Diária - Bolos

Olá, DANIEL. Quando você enviar este formulário, o proprietário verá seu nome e endereço de email.

* Obrigatória

1. Linha *

LBL02

2. Defeito *

Descarte

Reprocesso

Perda de embalagem

3. Modo de Defeito Padronizado - Reprocesso *

DP.PBL.001 - Bolo Baixo

DP.PBL.002 - Bolo com Excesso de Recheio

DP.PBL.003 - Bolo com Cor Alterada

DP.PBL.004 - Bolo com Falha de Textura

DP.PBL.005 - Bolo com Falta de Recheio

DP.PBL.006 - Bolo com Umidade Alta

DP.PBL.007 - Bolo de Teste

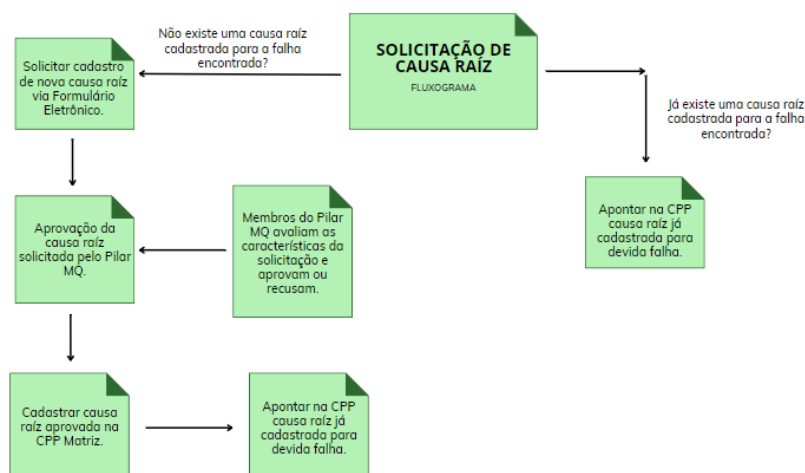
DP.PBL.008 - Bolo Deformado

DP.PBL.009 - Bolo Potencialmente Inseguro

Fonte: Indústria de Alimentos em Maracanaú

O link do formulário acima foi disponibilizado na planilha de apontamento de produção, porém, o formulário só deveria ser preenchido caso a falha ocorrida no dia não possuísse uma causa já cadastrada na CPP. Para o entendimento do fluxo como um todo, foi construído um fluxograma e disponibilizado aos supervisores, representado na Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma para solicitação de causas raízes



Fonte: Elaborado pelo autor

O formulário de solicitação alimentava uma planilha de banco de dados, onde compilava todas as causas solicitadas sendo elas aprovadas ou não.

As causas aprovadas eram cadastradas na CPP e a partir delas era gerado um dashboard com informações, como: quantidade de causas cadastradas por negócio, por seção de origem da falha, por M relacionado a falha, por modo de defeito e por impacto da falha. Essas informações auxiliaram o Pilar de Manutenção da Qualidade na construção das matrizes QA's das linhas de produção, obtendo a seção mais crítica de cada linha e traçando ações mais específicas e focadas nos modos de falhas e causas raízes que mais ocasionavam perdas de qualidade e paradas de linhas. No quadro 5 são apresentadas algumas causas e informações cadastradas na CPP.

Quadro 6 – Dados colhidos no formulário de solicitação de causa raiz para a linha de Bolos

DEFEITO	CÓDIGO DO MODO DE DEFEITO	MODO DE DEFEITO	CAUSA RAIZ
REPROCESSO	DP.PBL.011	BOLO QUEIMADO	QUEDA DE ENERGIA QUE OCASIONA PARADA DO FORNO
REPROCESSO	DP.PBL.013	BOLO SEM GRANULADO	APLICADOR DE GRANULADO SEM VIBRAÇÃO
REPROCESSO	DP.PBL.010	BOLO QUEBRADO	MORDENTE DESREGULADO
PERDA DE EMBALAGEM	DE.PBL.023	EMBALAGEM DE TESTE	TESTE ANTIMOFO
PERDA DE EMBALAGEM	DE.PBL.050	DISPLAY RASGADO	BICO APLICADOR DE COLA DESALINHADO
DESCARTE	DP.PBL.017	VARREDURA	DESALINHAMENTO NA LONA DE TRANSPORTE
DESCARTE	DP.PBL.005	FARELO FRITO	FACAS DESGASTADAS

Fonte: Elaborado pelo autor

Através do cadastro dessas causas, o apontamento de produção se tornou mais claro e as tratativas em reuniões de N6 foram mais eficientes. Todas as linhas de produção do negócios de Snacks e Bolos tiveram suas matrizes QA's revisadas ou elaboradas a partir dos modos de defeitos e causas raízes apontadas no período de tempo de implementação do sistema.

4.4.3 Treinamentos e informativos sobre causas raízes

Ainda durante a implementação do sistema de gerenciamento, foram aplicados treinamentos sobre o novo modelo de apontamento de produção. A princípio os supervisores das linhas de Snacks e Bolos foram priorizados pois os mesmos eram os responsáveis pela aplicação do sistema na rotina de produção. Em seguida, os colaboradores que faziam o papel de backup (responsáveis pelo apontamento de produção na ausência do supervisor de produção), foram treinados.

Os treinamentos tinham dois temas específicos, nos quais eram apontamento de produção e Matriz QA. O entendimento da Matriz QA teve como objetivo capacitar os colaboradores a preencher o formulário de solicitação de causa aparente da maneira correta, seguindo todos os critérios e requisitos estabelecidos pela ferramenta e companhia. Além disso, a base da Matriz de Qualidade Assegurada, oferecia uma melhor eficiência nos próprios apontamentos de produção descrevendo de maneira mais enxuta e precisa os componentes e modos de falha nas causas que se relacionavam ao M máquina.

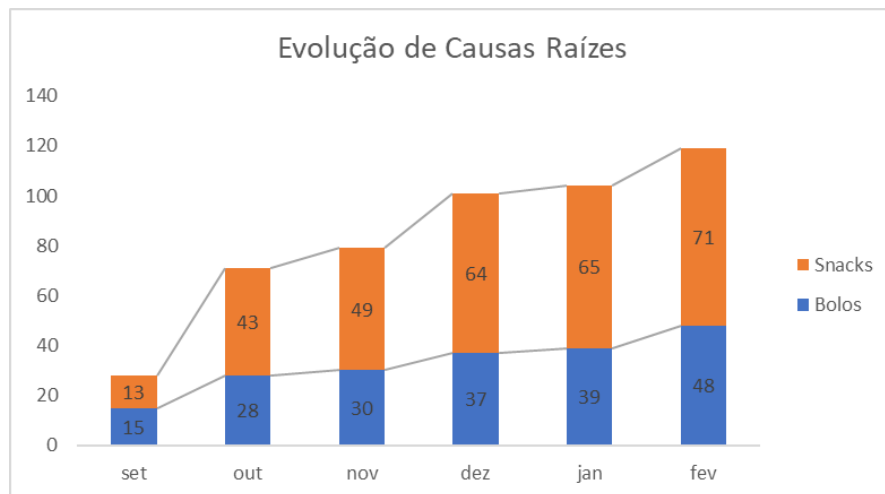
Outros treinamentos complementares foram disponibilizados no HCM (sistema digital de treinamentos da empresa de aplicação do sistema de gerenciamento), como o de Manual de Cálculo de Eficiência Operacional. Neste treinamento, foram repassadas todas as descrições dos códigos apontados para as perdas de qualidade e paradas de linha. Desta forma, todos os colaboradores da empresa obtiveram ciência das mudanças ocorridas em rotinas já realizadas por eles.

Para que essa mudança fosse suportada, os treinamentos foram incluídos nas ementas dos On The Jobs, ou seja, todos os colaboradores recém chegados na unidade recebiam este conhecimento para manter todos os pontos focais alinhados. A eficiência dos treinamentos e os Gaps de habilidades dos colaboradores eram medidos através de uma Matriz de habilidades que era alimentada após a aplicação dos treinamentos, esta matriz ficava sob responsabilidade dos membros do Pilar ET que de forma mensal repassava a liderança a porcentagem de redução dos gaps de habilidades.

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Desde o início da implementação do gerenciamento das causas raízes em setembro de 2021 foi percebido uma evolução significativa da quantidade de causas raízes na empresa de trabalho (Figura 10). Esta evolução se deu pelo envolvimento de todos os setores e colaboradores na detecção das causas das falhas e apontamento na planilha de controle de produção e perdas.

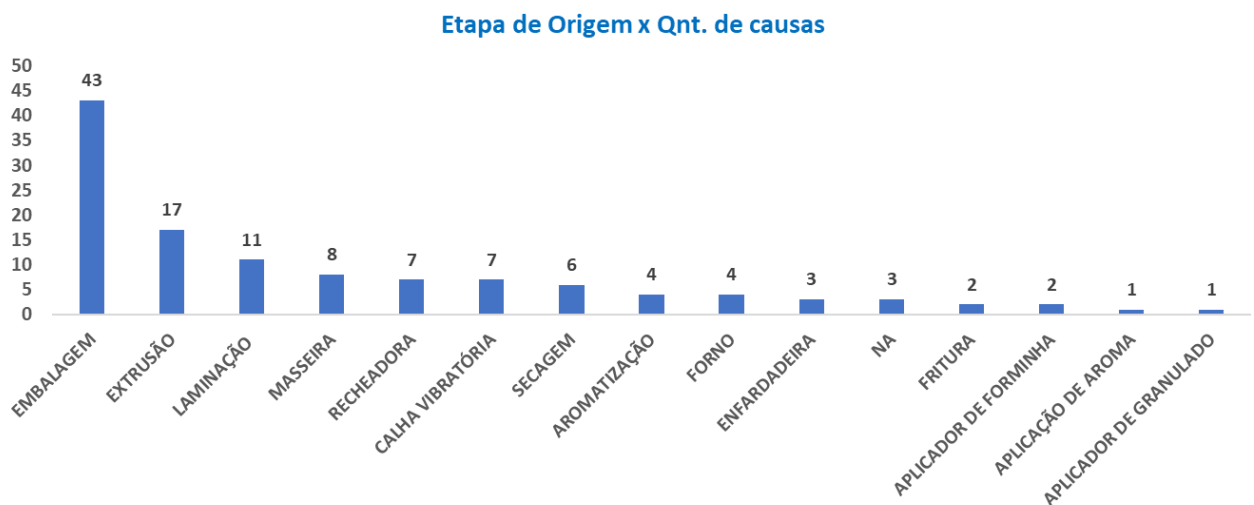
Figura 10 – Gráfico de evolução de causas raízes cadastradas na CPP



Fonte: Elaborado pelo autor

Com o crescente número de causas raízes cadastradas, foi possível realizar um estudo mais aprofundado nas linhas de produção. O primeiro objetivo da análise foi identificar a seção mais crítica do processo nas linhas de acordo com a quantidade de causas apontadas.

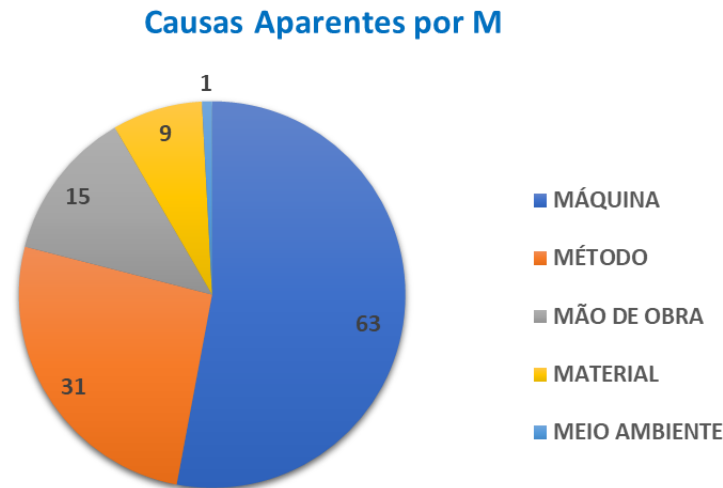
Figura 11 – Quantificação das causas aparentes por etapa de origem dos problemas nas linhas de produção



Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser visto na Figura 11, a seção de embalagem foi a mais crítica com 43 causas cadastradas, seguido de extrusão (17) e laminação (11). Porém, ainda era necessário mais informações para entender melhor os problemas e reduzir o tempo de identificação dos mesmos. Portanto, foi levantada mais uma informação, no qual foi identificado qual M estava mais relacionado as falhas nessas seções.

Figura 12 – Quantificação das causas aparentes por classificação do M relacionado as falhas nas linhas de produção

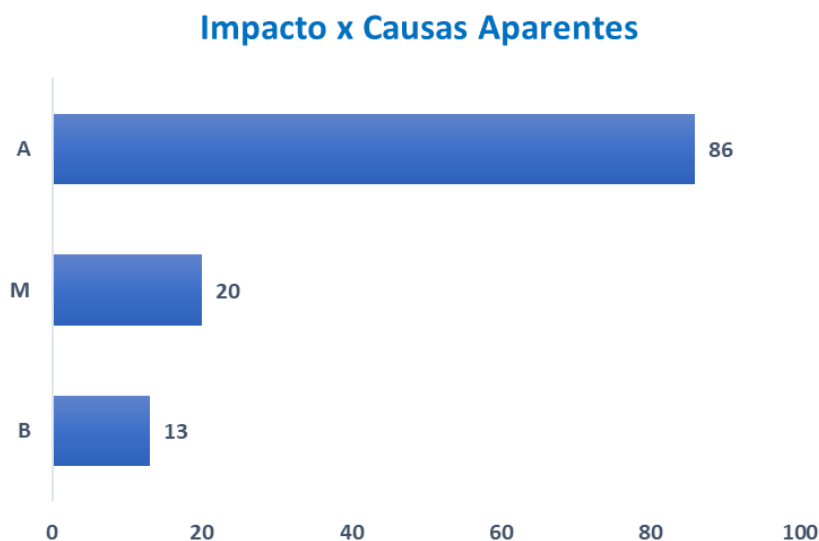


Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser visto na Figura 12, o M mais registrado foi o de máquina com 63 registros e em seguida método com 31 registros. Essa informação foi levada ao Pilar de Manutenção Planejada para avaliar quais os fatores e possíveis erros estavam sendo cometidos ou não realizados principalmente nas manutenções preventivas e preditivas. Como uma maneira de tratar os M's relacionados aos métodos, foi realizado um levantamento de quais procedimentos operacionais não estavam sendo realizados da maneira correta devido ausência de normas e documento instrucional, como Lição Ponto a Ponto (LPP) ou Instrução Operacional (IO).

Para determinar a priorização de quais causas iriam ser tratadas, foi realizado a análise das causas que possuíam um maior impacto na produção através do gráfico de correlação de impacto, visualizado na Figura 13.

Figura 13 – Quantificação das causas aparentes por impacto de cada problemas nas linhas de produção



Fonte: Elaborado pelo autor

O impacto de uma causa raiz era gerado por uma correlação da Gravidade x Frequência que cada causa possuía. Esta correlação pode ser visualizada através do Quadro 6. Durante a solicitação de causa aparente através do formulário, a frequência e a gravidade eram preenchidas com o intuito de monitorar as causas de Impacto.

Quadro 7 – Correlação da Frequência x Gravidade para determinação de Impacto

Nível	Frequência	Gravidade
Baixo	Uma vez por mês ou em um intervalo de tempo maior.	Quando o problema não era gerado imediatamente após a falha e era possível reduzir ou eliminar as perdas em uma seção anterior ou posterior a seção que se originou a falha.
Médio	Uma vez por semana em média.	Quando o problema era gerado imediatamente após a falha, porém era possível reduzir ou eliminar as perdas em uma seção anterior ou posterior a seção que se originou a falha.

Alta	Uma vez por dia ou por turno de produção.	Quando o problema era gerado imediatamente após a falha, porém não era possível reduzir ou eliminar as perdas em uma seção anterior ou posterior a seção que se originou a falha.
------	-------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme a Figura 14, pode-se perceber que causas com frequências ou gravidades altas determinavam o impacto, e era a partir delas que as ações eram construídas.

Figura 14 – Correlação da Frequência x Gravidade para determinação de Impacto

Frequência	Alta	Alta	Alta	Alta
	Média	Média	Média	Alta
	Baixa	Baixa	Média	Alta
		Baixa	Média	Alta
		Gravidade		

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a determinação de todos estes fatores, foram elaboradas e/ou revisadas as matrizes QA's das linhas de Snacks e Bolos e criado um plano de ações para as causas raízes das seções mais críticas. O plano foi gerenciado pelo membros do Pilar de Manutenção da Qualidade juntamente com os supervisores das linhas na qual o sistema de gerenciamento foi aplicado.

Após o início da aplicação do sistema de gerenciamento e das tratativas definidas, já foi percebido um melhor efetividade das ações e redução das quebras e paradas de linha, com uma eficiência operacional em torno dos 90%. O gerenciamento das causas de falhas e indicadores é realizado em reunião de N6, na qual estão presentes representantes da produção, manutenção, qualidade e outras áreas de apoio como o de Gestão Operacional de Performance (GOP).

O sistema segue em aplicação, expansão e mensuração em outras linhas de outros negócios da unidade fabril de Maracanaú e já foi reconhecida como Benchmarking da companhia. Após toda a estruturação e efetivação do sistema, a ideia é replicar horizontalmente para outras unidades no estado do Ceará.

5 CONCLUSÃO

No presente trabalho, após todos os estudos e implementação do Sistema de Gerenciamento de Causas Raízes, foi percebido uma grande evolução das informações trabalhos de interface entre os pilares. A metodologia ACR aplicada unificou dados que já existiam porém estavam espalhados em vários canais e possibilitou o rastreamento das perdas de maneira mais organizada, embasada e efetiva.

Para todas as causas e pontos críticos foram traçados planos de ações e estabelecido políticas e contramedidas de atuação para resolução dos problemas. O reconhecimento da unidade perante toda a companhia pelo bom fluxo e gerenciamento foi um fator relevante para a disseminação do trabalho e continuidade do processo. Um ponto relevante a ser destacado, é que o conhecimento das equipes, membros, pilares e colaboradores da produção a respeito do assunto só aumentou e isto engrandeceu e facilitou ainda mais o trabalho desenvolvido.

Quanto mais as equipes souberem tecnicamente sobre o sistema de gerenciamento e de apontamento de causas raízes, mais chances existem para que as falhas sejam identificadas, tratadas e erradicadas. Destar forma, os objetivos propostos “demonstrar a importância da realização da análise e apontamento de causas raízes”, “melhor efetividade de tratativas e planos e ações” e “erradicação de falhas e perdas”, foram alcançadas.

REFERÊNCIAS

UBEROI, R.S.; GUPTA, U.; SIBAL, A. **Root Cause Analysis in Healthcare**. Apollo Medicine, Vol.1, 2004, 60-63.

A IMPORTÂNCIA E A APLICABILIDADE DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) NAS INDÚSTRIAS. 2008. 63 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) - -Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

TPM – Manutenção Produtiva Total: Entenda mais sobre a estratégia. [S. l.]: Lean Blog By Terzoni, 25 set. 2018. Disponível em: <https://terzoni.com.br/leanblog/manutencao-productiva-total/>. Acesso em: 18 jun. 2022.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualimark: Petrobras, 2009. KOBACZY, K. A., & Murthy, D. P. 2008. Complex system maintenance handbook. London: Springer-Verlang.

PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. **Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002.

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Sócioprodutivos, Universidade de Taubaté) - Taubaté: UNITAU, 2004. Disponível em: http://www.ppga.com.br/mestrado/2003/moraes-paulo_henrique_de_almeida.pdf. Acesso em: 19 jun. de 2022.

COUTINHO, Thiago. **Quais são os 8 pilares da TPM (Manutenção Produtiva Total)?**. [S. l.]: Voitto, 30 jan. 2019. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/8-pilares-tpm>. Acesso em: 19 jun. 2022.

PUJO, P.; PILLET, M. **Control by Quality: Proposition of a Typology**. *Quality Assurance*, 2002, 99-125.

CROSBY, P.B. **Qualidade é investimento**. 3.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1990.

CROSBY, P.B. **Qualidade – falando sério**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

JURAN, J.M.; **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. 3.ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

JURAN, J.M.; GODFREY, A.B. **Juran's Quality Handbook**. 5.ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1998.

URSPRUNG R.; GRAY, J. **Random Safety, Auditing, Root Cause Analysis, Failure Mode and Effects Analysis**.

ROONEY, J.J.; HEUVEL, L.N.V. **Root Cause Analysis for Beginners**. *Quality Progress*, 2004, 45-53.

Taproot. **7 Secrets of Root Cause Analysis**. Disponível em <<http://www.taproot.com>>. Último acesso 01/07/202

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2.d. São Paulo: Atlas, 2002.

CAMPOS, V.F.; **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 7. ed. Belo Horizonte: Bloch, 1992.

TERNER, G.L.K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e solução de problemas em uma empresa metal-mecânica**. Porto Alegre, 2008.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

AMMERMAN, M. **The Root Cause Analysis Handbook: a simplified approach to identifying, correcting, and reporting workplace errors**. Portland: Productivity, 1998.

CONHEÇA a Matriz de Esforço x Impacto e saiba como aplicá-la no dia a dia da sua empresa. [S. l.]: Rock Content, 15 out. 2018. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/matriz-de-esforco-x-impacto/>. Acesso em: 1 jul. 2022.

HÄNSCH BEUREN, F.; FERREIRA, M.G.G.; CAUCHICK MIGUEL, P.A. **Atualização da literatura vigente sobre sistemas produto-serviço (PSS): uma análise da produção qualificada entre 2006 e 2010**. XVIII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, SP, Brasil, 2011.

HEUVEL, L.N.V.; LORENZO, D.K.; JACKSON, L.O.; HANSON, W.E.; ROONEY, J.J.; WALKER, D.A. **Root Cause Analysis Handbook: a guide to efficient and effective incident investigation**. *ABS Consulting*. 3.ed. Brookfield: Rothstein Associates Inc, 2008