

Integração Entre Sistema De Manutenção E Causa Raiz: Uma Abordagem Para A Melhoria Contínua

Raphael De Pinho Lima¹, Orlém De Lima Pinheiro², Vanessa Coelho Da Silva³

¹Universidade Do Estado Do Amazonas (UEA), Manaus, Brasil

²Universidade Do Estado Do Amazonas (UEA), Manaus, Brasil

³Universidade Do Estado Do Amazonas (UEA), Manaus, Brasil

Abstract:

Background: A Manutenção Industrial deixou de ser uma função operacional secundária e passou a ocupar um papel estratégico nas organizações, impulsionada pelo avanço das tecnologias de informação e automação. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar de que maneira a integração entre a Análise de Causa Raiz (RCA) e o Sistema de Gestão da Manutenção Computadorizada (CMMS) pode contribuir para a tomada de decisão estratégica.

Materials and Methods: A pesquisa originou-se de uma pesquisa bibliográfica e possui abordagem qualitativa e exploratória, desenvolvida por meio de entrevistas semiestruturadas com colaboradores dos setores de manutenção e qualidade, complementadas por análise.

Results: Os resultados indicam que a aplicação conjunta das duas ferramentas favorece a identificação sistemática de falhas recorrentes, o aumento da rastreabilidade dos ativos e o fortalecimento das ações de melhoria contínua. Espera-se que a integração entre a RCA e o CMMS contribua para otimizar processos de manutenção, reduzir custos operacionais e aprimorar a confiabilidade dos processos industriais.

Key Word: Manutenção Industrial; Análise de Causa Raiz; Sistema de Gestão da Manutenção Computadorizada

Date of Submission: 20-10-2025

Date of Acceptance: 30-10-2025

I. Introdução

A manutenção industrial, historicamente, foi tratada como uma função operacional secundária nas organizações, sendo vista como um "mal necessário", devido aos elevados custos e à pouca ênfase em sua eficiência estratégica (Oliveira et al, 2021). Entretanto, com o avanço das tecnologias da informação, essa área tem assumido um papel cada vez mais relevante nos resultados organizacionais, sobretudo com a utilização de sistemas computadorizados de gestão da manutenção, que possibilitam maior controle e rastreabilidade dos ativos (Laurila, 2017).

Consequentemente, a busca por maior eficiência nos processos industriais tem levado empresas a adotarem esses sistemas inteligentes de controle e gestão de manutenção. Neste contexto, a busca pela eficiência da gestão de manutenção computadorizada relaciona-se de maneira complementar à integração entre sistemas de manutenção e metodologias de análise de falhas, concentrando-se na aplicação da metodologia de Análise de Causa Raiz como ferramenta para a melhoria contínua dos processos industriais, por meio da análise sistemática de dados provenientes de softwares, identificando e eliminando as causas fundamentais de falhas recorrentes.

Para tanto, a integração entre a Gestão Computadorizada da Manutenção e a Análise de Causa Raiz é investigada como forma de analisar as melhorias da eficiência dos processos industriais, uma vez que essa metodologia aumenta a precisão na identificação e previsão de falhas críticas em ambientes industriais, contribui para a redução dos custos operacionais de manutenção e melhora a eficiência na tomada de decisão relacionada à manutenção industrial (Wolniak et al, 2023).

Com isso, o uso de sistemas computadorizados tornou-se uma prática comum nas indústrias brasileiras, tendo em vista a busca pela eficiência operacional. Considerando esse cenário, surge a seguinte questão: de que maneira a integração da Análise de Causa Raiz com o Sistema de Gestão da Manutenção Computadorizada pode contribuir para a tomada de decisão estratégica? Esta problemática busca compreender se a integração entre essas duas ferramentas, uma tecnológica e outra metodológica, pode efetivamente otimizar os resultados operacionais, melhorar a confiabilidade dos ativos e reduzir falhas recorrentes nos processos industriais.

Desta maneira, a relevância científica deste estudo reside na sua contribuição ao campo da Administração, especialmente na área de Gestão de Industrial. Ao explorar a relação entre tecnologia de manutenção e análise sistêmica de falhas, o trabalho colabora para o avanço do conhecimento na aplicação de métodos integrados para melhoria contínua, podendo servir como base para futuras pesquisas acadêmicas e práticas empresariais.

II. Materiais E Métodos

Este projeto será desenvolvido com base nos parâmetros de uma pesquisa de natureza básica, cujo objetivo é a construção de um arcabouço teórico sólido, adequado para verificar o uso de sistemas de gestão de manutenção e analisar a viabilidade de integração com a metodologia de Análise de Causa Raiz. (Rampazzo, 2005; Souza et al, 2022).

A pesquisa será classificada como exploratório-descritiva, por buscar compreender e descrever os fenômenos estudados, conforme ocorrem na prática organizacional (Lopes et al., 2022). Quanto à abordagem, adotar-se-ão técnicas qualitativas, as quais contribuam para investigação do contexto das práticas observadas e favorecem a construção de evidências confiáveis, utilizando instrumentos de coletas de dados que permitam a inclusão de diversas perspectivas, relacionando os dados e resultados que se alinham e aqueles que se diferenciam aos objetivos da pesquisa (Stahl e King, 2020; Souza et al, 2022; Lösch, 2023).

Os procedimentos metodológicos incluirão pesquisa bibliográfica, que será conduzida por meio da revisão de literatura científica relacionada aos temas centrais da investigação, com base em obras acadêmicas, artigos, dissertações e periódicos especializados (Souza et al, 2021).

A pesquisa será realizada no setor de Manutenção de uma empresa de transformação de plástico, localizada no Polo Industrial de Manaus. A população-alvo estimada será composta por aproximadamente 6 profissionais, incluindo coordenadores de manutenção, processo e qualidade, analistas e assistente envolvidos nos processos de Manutenção, em um universo organizacional de cerca de 70 colaboradores. A amostra será não probabilística e intencional, com seleção definida pelo pesquisador, conforme os critérios de relevância e representatividade para os objetivos da pesquisa (Manzato; Santos, 2012).

Para o levantamento inicial de dados, será aplicado o instrumento da entrevista semiestruturada. Essa técnica permitirá a formulação de um roteiro com perguntas previamente definidas, mas com flexibilidade para que os entrevistados possam expor livremente suas percepções sobre os processos de manutenção e os sistemas envolvidos, favorecendo uma compreensão mais rica e detalhada do fenômeno estudado (Gerhardt et al, 2009).

Somado a isso, será realizada a pesquisa documental, com o objetivo de compreender os processos existentes e analisar o uso atual do sistema de gestão, complementando os resultados da entrevista semiestruturada. Ambas as metodologias serão divididas em duas fases: Análise Preliminar, que abrangerá o estudo do contexto organizacional e a verificação da confiabilidade dos dados; e Análise Propriamente Dita, na qual serão extraídas as informações que contribuirão efetivamente para o alcance dos objetivos propostos (Cellard, 2008 apud Junior et al, 2021; Lopes et al, 2022).

Além disso, será aplicada a triangulação de dados pela combinação dos instrumentos de entrevista semiestruturada e pesquisa documental, permitindo que os relatos dos entrevistados possam ser comparados com os registros das atividades do setor de Manutenção e os procedimentos formais da empresa, permitindo assim, o mapeamento de processos correntes (Valencia, 2020; Souza et al, 2022; Donkoh e Mensah, 2023).

III. Fundamentação Teórica

Gestão da Manutenção Industrial

A gestão da manutenção industrial pode ser compreendida como um conjunto de atividades desenvolvidas ao longo do ciclo de vida dos equipamentos produtivos. Segundo Farahani e Tohidí (2021), essas práticas objetivam assegurar o desempenho da tarefa esperada com um nível de qualidade aceitável. Assim, a manutenção atua como elemento estratégico para garantir a disponibilidade e confiabilidade dos sistemas produtivos.

Entretanto, a diversidade dos sistemas de manufatura, especialmente aqueles de operação contínua, demanda a elaboração de estratégias de manutenção específicas e adaptadas a cada contexto operacional. Como observa Ohta (2020):

Não existe uma abordagem universal aplicável a todos os ambientes industriais, sendo necessário considerar múltiplos parâmetros para definição da estratégia mais adequada (Ohta, 2020).

A partir desse contexto, a intervenção da manutenção se utiliza de referenciais normatizados que corroboram para a elaboração da estratégia e orientam a identificação de desvios no processo. A NBR-5462:1994 estabelece três distinções que auxiliam na classificação desses desvios:

O defeito, que é caracterizado por qualquer desvio nas especificações de um item em relação aos requisitos esperados, podendo ou não afetar sua funcionalidade; a falha, que representa o momento em que o equipamento perde sua capacidade de executar a função requerida; e a pane, estado resultante da incapacidade funcional do item, excluindo períodos de manutenção programada ou indisponibilidade de recursos externos (NBR-5462:1994).

A relação entre o tipo de atuação e os referenciais incluídos na estratégia adotada reflete diretamente o tipo de manutenção a se executar. Nesse sentido, Dantas (2019) identifica três tipos de execução: a manutenção corretiva, a manutenção preventiva e a manutenção preditiva.

A manutenção corretiva foi a primeira abordagem utilizada pela indústria, tendo sido aplicada somente após a falha em uma máquina ou equipamento. Apesar de eficiente para itens que não estão relacionados ao

processo produtivo, ao longo do tempo, demonstrou ser onerosa quando aplicada a itens essenciais, devido, principalmente, ao tempo de parada de máquina (Pinto, 2023; Sala et al, 2025).

A manutenção preventiva surgiu a partir da necessidade de antecipar as falhas nos itens críticos ao processo produtivo. Segundo Oliveira e Sant'anna (2022), ela consiste na prevenção de falhas originadas da parada ou um baixo rendimento de máquinas e equipamentos em operação.

A manutenção preditiva originou-se da prevenção de falhas, tendo foco em realizar análises periódicas e monitoramento de desempenho para determinar o momento ideal para intervenções (Oliveira, 2014; Cervinsk et al, 2021).

Na evolução da Manutenção, destaca-se um processo de transição de uma atuação reativa para uma abordagem proativa, com o foco na prevenção e detecção de falhas, gerando um fluxo de dados que é manualmente inviável de se gerir sem um sistema computadorizado (Wieker et al, 2015;). Inicialmente, para atender essa demanda, foram desenvolvidos sistemas específicos de gestão de manutenção. Poór et al (2016) definem:

O sistema de gestão computadorizada da manutenção, conhecido como CMMS (Computerized Maintenance Management System) é um tipo de software para gerenciar funções como gerenciamento de suporte e monitoramento de operações e manutenção (Poór et al, 2016).

Mas a complexidade dos processos produtivos, tornou necessário a criação de sistemas de gestão integrados, que fez com que grande parte dos CMMSs fossem incorporados a sistemas denominados como ERP (Enterprise Resource Planning). Estes por sua vez, representam o avanço na centralização de dados e integração de entre os diversos setores de uma organização (Correa; Spinola, 2015; Desuó et al, 2023; Santos, 2023).

Metodologia da Análise de Causa Raiz

Como abordagem sistemática, a RCA privilegia a ação corretiva dos problemas através de investigações e tratamento das origens dos problemas, em oposição a uma metodologia baseada em correções imediatista. (Rooney; Heuvel, 2004, apud Dortoli et al 2015; Figueiredo, 2019).

Embora seja uma ferramenta de prevenção de recorrências, a RCA é tipicamente desencadeada por eventos não programados, por isso, o suporte com dados adjacentes ao ocorrido auxiliam na redução de máquina parada e na celeridade da tomada de decisão.

Para tanto, Wolniak et al (2023) apontam que a integração da RCA dá suporte a transição para estratégias de manutenção preditiva, isto é, analisando dados de monitoramento e identificando as causas raiz, as organizações podem antecipar falhas nos equipamentos e tratar proativamente os problemas antes que resultem em interrupções.

Dentro das investigações que são realizadas de acordo com a metodologia RCA, existem diversas ferramentas que auxiliam no processo de identificação do problema raiz. Entre elas, destacam-se: diagrama de Ishikawa, método 5W2H e FMEA (Análise de Modos de Falhas e Efeitos).

O diagrama de Ishikawa possibilita examinar um problema a partir de seis perspectiva diferentes, facilitando a visualização das relações entre causas e efeitos. Segundo Brígido e Rando Junior (2024), esses fatores são mão de obra, materiais, métodos, máquinas, meio ambiente e medida.

Métodos do 5W2H: Recebeu esse nome devido as letras iniciais em inglês que representam as 7 perguntas realizadas como parte da abordagem inicial para compreender o problema. Sendo estas: O quê?; Onde?; Por quê?; Quem?; Quando?; Como?; e Quanto? (Rabelo; Silva, 2019).

A abordagem FMEA se baseia na avaliação sistemática dos possíveis modos de falha e de seus impactos, estabelecendo a priorização das ocorrências mais críticas e indicando medidas preventivas que reduzam a probabilidade de repetição de erros no processo (Figueiredo, 2019; Rabelo; Silva, 2019; Vieira et al., 2022).

Indicadores de Manutenção

Conforme Clemente (2018), indicadores são valores numéricos que expressam fenômenos e eventos e são empregados na mensuração de processos e seus respectivos resultados. A seleção dos indicadores adequados varia conforme as características de cada indústria. Contudo, Oliveira (2014) identifica seis métricas principais frequentemente utilizadas:

Custo de Manutenção por Faturamento; Custo de Manutenção por Valor de Reposição; Disponibilidade Física dos equipamentos; MTBF (Mean Time Between Failures); MTTR (Mean Time To Repair); e MTTF (Mean Time To Failure) (Oliveira, 2014).

Mapeamento de processos

O mapeamento de processos é uma técnica que representa graficamente os fluxos de entrada e saída das operações de uma organização, evidenciando sua capacidade estratégica e de funcionamento. De modo geral, ao mapear seus fluxos de trabalho, a organização consegue visualizar gargalos, identificar falhas e propor ações corretivas, tornando o mapeamento uma ferramenta de diagnóstico e melhoria contínua (Aganette, 2020);

Crivellaro; Vitoriano, 2022; Silva et al, 2024). Azevedo (2016) destaca algumas ferramentas que podem ser usadas no mapeamento de processos, entre elas, SIPOC e fluxograma.

O SIPOC funciona como um diagrama que mostra uma visão geral de um processo, organizando as informações em cinco categorias principais definidas em seu acrônimo: fornecedor, entrada, processo, saída e cliente. Uma das vantagens dessa abordagem favorece a compreensão integrada do funcionamento organizacional e facilitando o gerenciamento e a identificação de oportunidades de melhoria nos processos (Jorge; Miyake, 2016; Amorim et al, 2024).

O fluxograma como ferramenta de mapeamento se mostra mais detalhado, com foco no funcionamento dos processos e seus desdobramentos por meio de formas gráficas que auxiliam a identificar o início, meio e fim de um processo. Essa característica o torna uma ferramenta-chave para a gestão de processo, pois facilita a visualização e a melhoria do fluxo de atividades entre os diversos setores de uma organização (Jorge; Miyake, 2016; Crivellaro; Vitoriano, 2022).

IV. Resultados

Resultados das entrevistas

Ao todo, foram aplicadas 6 entrevistas com colaboradores do setor de manutenção e de áreas envolvidas na aplicação das ferramentas da qualidade. Para atender aos dois perfis dos participantes, foram elaborados dois roteiros de coleta: o Questionário de Manutenção Industrial, composto por cinco blocos temáticos, e o Questionário de Uso das Ferramentas da Qualidade, estruturado em três blocos. Cada participante foi selecionado conforme a necessidade de entendimento da dinâmica operacional, verificado o interesse na participação e disponibilidade de tempo, tendo sido assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, a fim de gerar confiabilidade e sigilo das informações expostas.

Questionário de Manutenção Industrial

Estrutura e organização da manutenção

Quais tipos de manutenção são praticados na sua empresa?

- 1.Manutenção predial e industrial, que se dividem em preventiva e corretiva, preditiva;
- 2.Preventiva, corretiva e preditiva;
- 3.Corretiva, preventiva e preditiva.

Como é feita a priorização das ordens de serviço de manutenção?

- 1.Prioridade definida pela produção;
- 2.A priorização é definida pela produção ou parada de máquina, e também por não-conformidade de produto;
- 3.Através da criticidade de equipamentos, elaborada através dos critérios: custos, qualidade, segurança e backup/spare parts.

Existe algum procedimento padronizado para os serviços de manutenção?

- 1.Procedimento de manutenção PE-MANUT-0002/1;
- 2.Ordens de serviços;
- 3.Não possui especificação para os serviços, mas existe procedimento.

A empresa possui ERP voltado para manutenção? Se sim, como ele é usado para gerir os serviços de manutenção?

- 1.SAP/PM, possibilidade de integração;
- 2.SAP, descreve o problema e insere a data e hora de realização;
- 3.Módulo PM (plant maintenance) do SAP. Através de ordem de serviço, sem plano de ação.

Manutenção corretiva

Quais são os impactos mais frequentes da manutenção corretiva?

- 1.Falha total com perda de produção e custos altos;
- 2.Além dos custos de alguns setores que não se pagam, o aumento do consumo de gás e energia elétrica;
- 3.Tempo de execução elevado e custos acima de 20% do orçamento.

Há indicadores utilizados para monitorar a frequência ou impacto da manutenção corretiva?

- 1.Custo por ordem de serviço (pacote manutenção/almoxarifado);
- 2.OEE e análise do FCA (diário de produção);
- 3.Não possui.

Manutenção preventiva

Como são definidos os planos de manutenção preventiva? (Baseados em tempo, ciclos, recomendações do fabricante, histórico de falhas, etc.)

- 1.Manuais das linhas (recomendação do fabricante);
- 2.Produção determina, corretiva “empurrada” para a preventiva;
- 3.Baseados em tempo, recomendações do fabricante e na criticidade do equipamento.

A manutenção preventiva tem contribuído para a redução de falhas? Pode citar exemplos?

- 1.Após a criação da equipe de manutenção diminuiu o tempo de parada;
- 2.Não soube responder;
- 3.Sim, o conjunto de bombeamento do pullroll, depois da inclusão na preventiva, há cinco anos não falha.

Manutenção preditiva

Sua empresa utiliza técnicas de manutenção preditiva? (Ex: análise de vibração, termografia, ultrassom, análise de óleo)

- 1.Análise termográfica e por contrato com terceiros para análise de óleo e vibração;
- 2.Sim, por terceiros, análise de tensão elétrica e vibração e, avaliação de infraestrutura;
- 3.Análise de vibração, termografia e análise de óleo.

Como os dados preditivos influenciam na tomada de decisão sobre intervenções?

- 1.Os relatórios de preditivas mostram os pontos em que se devem atuar e a manutenção deve atuar;
- 2.Análise de item crítico, gestão decide se há intervenção;
- 3.Tolerância de espectro, quando passa o limite, troca ou repara.

Percepção da análise de falhas

Possui conhecimento sobre as ferramentas de qualidade? conhece a análise de causa raiz? se sim, poderia dar exemplos do seu uso?

- 1.Possuo, mas o setor (manutenção) não utiliza;
- 2.Diagrama de causa e efeito e PDCA. aplicação orgânica;
- 3.Sim, mas não “por escrito”. FMEA, GUT e 5W2H.

Quais indicadores de desempenho são utilizados para avaliar a eficácia da manutenção?

- 1.OEE e custos;
- 2.Capex e Opex, OEE e índice de perda;
- 3.Somente OEE.

Como você avalia o nível de maturidade da gestão de manutenção na sua organização?

- 1.Baixa, tem dificuldade de justificar gastos;
- 2.Técnica e experiência são altas, áreas de planejamento e projetos são baixas;
- 3.Baixa, não tem meta para ser atingida.

Questionário de Uso das Ferramentas da Qualidade

Conhecimento e aplicação das ferramentas da qualidade

Quais ferramentas da qualidade você conhece ou já utilizou em sua rotina profissional?

- 1.Histograma, Diagrama de Ishikawa, Brainstorm, diagrama de Pareto e lista de verificação;
- 2.Diagrama de Ishikawa, Brainstorm, 5 porquês e 5W2H;
- 3.Estratificação, Pareto, Diagrama de causa e efeito, brainstorming, diagrama de Ishikawa e TPM;

Em sua experiência, quais ferramentas são mais eficazes para identificar causas de problemas?

- 1.Brainstorm, Diagrama de Ishikawa e 5 porquês;
- 2.Diagrama de Ishikawa e SIPOC;
- 3.Mapeamento de processos, MASP, 8D e PDCA;

Existe algum software ou sistema que auxilia na aplicação dessas ferramentas? Se sim, qual?

- 1.Appolus (registro de ações) e Excel;
- 2.Somente Excel;
- 3.Excel, SAP, Power Automate, Forms e Power BI;

Análise de uso

Pode citar um exemplo prático em que o uso de uma ferramenta da qualidade contribuiu para a melhoria de um processo?

1. Demonstrado o uso do Diagrama de Ishikawa;
2. Controle de pasta, Power BI para controle de histórico, procedimentos e padronização. Planilha de recorrência voltada para atendimento ao cliente.
3. Mapeamento de fluxo de valor.

Quais benefícios você percebe com o uso dessas ferramentas na rotina do setor de qualidade?

1. Formalizar os registros e organizar as ideias;
2. Diminuição de reclamações, controle e ação sistêmica.
3. Fortalecimento da cultura no trabalho.

Há alguma dificuldade ou limitação na aplicação dessas ferramentas?

1. Tempo;
2. Sim, principalmente fatores externos à unidade e ao setor de logística.
3. Gestores e colaboradores não têm tempo (dedicação) à aplicação.

Quando a qualidade precisa da manutenção (ex.: para tratar não conformidades, apoiar auditorias ou implementar ações preventivas), como ocorre essa interação na prática?

1. Dentro do Diagrama de Ishikawa;
2. Somente em reuniões;
3. Convocação de reunião, documentação dos problemas e ações geradas.

Cultura organizacional

Como você avalia o nível de maturidade da organização em relação à gestão da qualidade?

1. Alta, tem bons números;
2. Baixa. A produção vem antes da qualidade, o que leva à postergação de problemas. Falta poder de ação.
3. Médio. Falta de aplicação das ferramentas.

Resultados Das Análises Documentais

Segundo Júnior et al (2021):

A análise documental é um procedimento que utiliza de métodos e técnicas de captação, compreensão e análise de um universo de documentos, com bancos de dados que são considerados heterogêneos (Júnior et al, 2021).

A partir dessa afirmação, conforme abaixo, o levantamento inicial de documentos, a princípio, seguiu de forma generalista, com o intuito de compreender a classificação interna dos documentos existentes, devido, principalmente, à sua diversidade.

Quadro 1. Levantamento e hierarquização de documentos

Documentos	Justificativa
ISO 9001; ISO 22000; ISO 14001; e ISO 45001.	Normas técnicas internacionais que estabelecem diretrizes para os setores organizacionais.
PE-MANUT-0001; PE-MANUT-0002; Plano de Manutenção; Manual de Máquinas; e Matriz de Criticidade de Equipamento.	Procedimentos que definem o processo de execução das atividades do setor de Manutenção.
PT (Permissão de Trabalho); Checklist; Inventário de Operações; FCA (Diário de produção); Ordem de serviço; Controle de Execução; SIPOC; e Fluxogramas.	Ferramentas de suporte à realização e ao monitoramento das rotinas de manutenção.
Relatórios SAP; Relatórios de Auditoria e Investigações; Relatório de Manutenção Corretiva; e Relatório de Manutenção Preditiva;	Documentos resultantes das atividades do setor de manutenção.
OPEX/CAPEX; e OEE;	Indicadores de desempenho que estão na base hierárquica, uma vez que dependem da execução prévia das atividades do departamento de Manutenção para serem formalizados.

Fonte: Adaptado de Júnior (2021)

V. Discussões

Triangulação de dados

A triangulação teve como objetivo comparar percepções dos colaboradores com registros e documentos operacionais, permitindo identificar convergências, divergências e lacunas nas ações realizadas (Valencia, 2020; Donkoh e Mensah, 2023).

Quadro 2. Triangulação de dados do questionário Manutenção Industrial

Categoria	Subcategoria	Triangulação
Estrutura e organização da manutenção	Tipos de manutenção	Convergência – práticas e conceitos alinhados.
	Priorização	Parcial – produção define prioridade.
	Procedimento Interno.	Convergência - diretrizes de funcionamento
	Gestão computadorizada	Divergência – uso pontual.
Manutenção corretiva	Impactos	Divergência – apontamento ainda parcial.
	Monitoramento	Convergência – controle consolidado.
Manutenção preventiva	Definição de planos	Convergência – critérios bem definidos.
	Redução de falhas	Convergência – resultados encontrados.
Manutenção preditiva	Técnicas	Convergência – técnicas confirmadas.
	Influência	Convergência – ações de acordo com relatório.
Percepção da análise de falhas	Ferramentas	Convergência parcial – prática sem formalização.
	Indicadores	Convergência – mesmos indicadores.
	Maturidade	Convergência – sem meta formal.

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 3. Triangulação de dados do questionário Uso das ferramentas da qualidade

Categoria	Subcategorias	Triangulação
Conhecimento e aplicação das ferramentas da qualidade	Ferramentas da qualidade	Divergência – não foi evidenciado o uso de parte das ferramentas mencionadas
	Eficácia	Convergência – demonstrado o histórico de uso
	Gestão computadorizada	Convergência – demonstrado o histórico de uso
Análise de uso	Utilização	Convergência – demonstrado o histórico de uso
	Benefícios	Convergência – demonstrado o histórico de reclamações de clientes
	Limitação	Divergência – não foi possível comprovar
Cultura organizacional	Integração	Convergência – participação demonstrado dentro do diagrama de Ishikawa
	Maturidade	Convergência – bons número e falta de aplicação de ferramentas

Fonte: Elaborado pelo autor

Os cruzamentos de dados entre as entrevistas e documentos demonstrou haver alinhamento entre a percepção dos profissionais e as evidências registradas. As convergências e divergências observadas indicam que as fragilidades nos processos não se limitam a percepções individuais, mas refletem-se diretamente nos processos de manutenção e aplicação da análise de causa raiz. Além disso, a divergência identificada na aplicação da RCA evidencia um conhecimento da metodologia, porém ainda não consolidado em práticas documentadas como esperado pelos próprios entrevistados, devido, principalmente, a pouca integração entre setores da organização e dados que suportem aplicação da RCA. Dessa forma, a triangulação permitirá estruturar o mapeamento dos processos, fornecendo os meios para identificar as lacunas a serem preenchidas pelo redesenho dos fluxos de trabalho e para a proposição de integração entre o CMMS e a metodologia RCA.

Proposição de fluxograma

A análise dos resultados obtidos evidencia que, mesmo que haja práticas consolidadas de manutenção preventiva e preditiva, a integração entre os sistemas computadorizados de gestão e metodologias de análise de causa raiz apresenta poucos gargalos, uma vez que as divergências apontadas aparecem em pontos específicos e a iniciativas não sistematizadas. Além disso, a triangulação de dados revelou convergências que demonstram a possibilidade de aproveitamento dessas práticas já estabelecidas, principalmente, na aplicação formal da Análise de Causa Raiz (RCA).

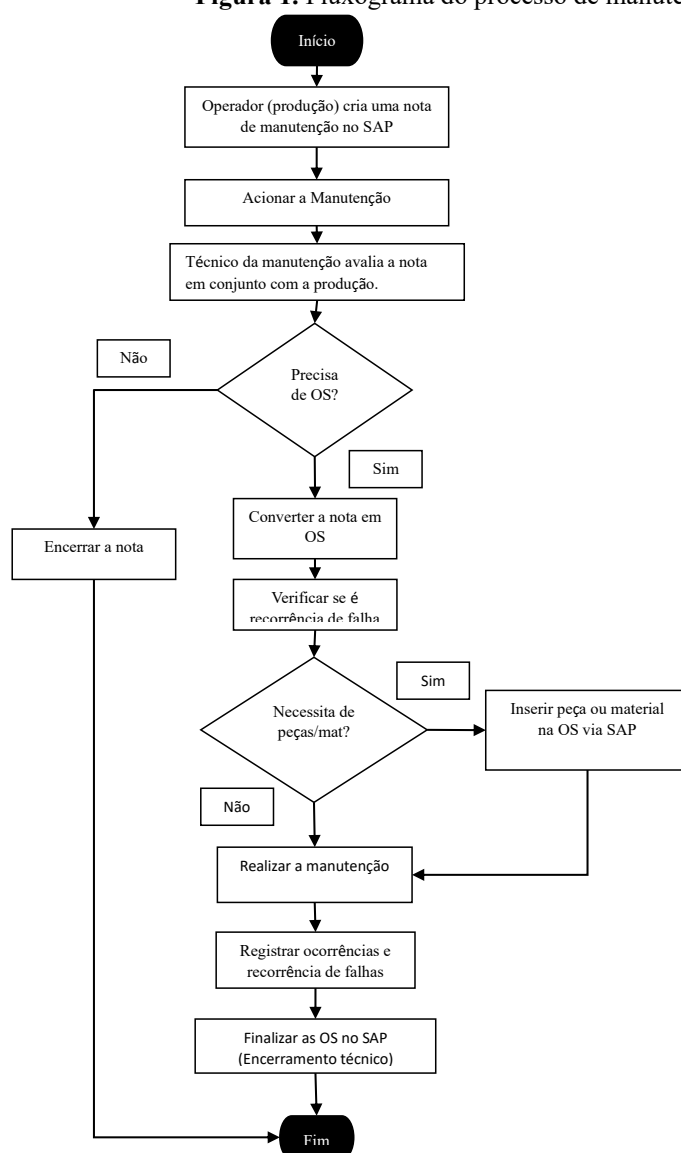
Diante dessas constatações, torna-se evidente a necessidade de redesenhar os fluxos de trabalho, garantindo, de forma visualmente esclarecedora, uma maior integração entre setores e ferramentas. Para tanto, devido as modalidades de manutenção presentes na organização, propõe-se, inicialmente, a construção de um fluxograma baseado na metodologia SIPOC, que organize as etapas dos processos de manutenção de forma clara e sistêmica, contemplando fornecedores, entradas, processos, saídas e clientes. A partir dessa abordagem, será proposto um fluxograma que evidencie a inclusão da RCA nos processos de manutenção relacionados às atividades de correção e elaboração de relatórios via CMMS, favorecendo a melhoria contínua e a tomada de decisão orientada por dados.

Quadro 4. SIPOC das atividades do setor de Manutenção

Fornecedor	Insumos	Processos	Produto	Cliente
Operador de máquina	Máquina parada	Emitir nota de serviço e acionar técnico	Nota de serviço	Setor de Manutenção
Técnico em Manutenção	Nota de serviço	transformar nota de serviço em ordem de serviço	Reparos conforme diagnóstico	Setor de Produção
Almoxarifado / Suprimentos / Ferramentaria	Ordem de serviço	Registro de item em OS; retirada de item no Almoxarifado;	Entrega de peça	Setor de Manutenção
Meio Ambiente	Descarte de resíduos sólidos e líquidos	Identificação de resíduos sólidos e líquidos para descarte	Rótulos para resíduos sólidos e líquidos	Meio Ambiente
Segurança do trabalho	EPI; PT (quando aplicável)	Trabalhos perigosos	Segurança do Técnico em Manutenção	Setor de Manutenção
Planejamento de Manutenção	Manual do fabricante; Criticidade de Equipamento	Orientar equipe de Manutenção Corretiva	Históricos de falhas; prevenção de falhas	Gerência de Manutenção
SGL	Procedimentos Internos; Indicadores de Manutenção	Auditorias; Elaboração de procedimentos internos;	Relatórios de Auditorias; Divulgação de Indicadores	Gerência de Manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1. Fluxograma do processo de manutenção



Fonte: Elaborado pelo autor.

VI. Conclusion

Os resultados deste estudo indicam que a proposição do fluxograma de integração entre o CMMS e a RCA traz benefícios diretos e mensuráveis para a gestão da manutenção, caso essa metodologia seja inclusa no processo. Ao operacionalizar a RCA dentro do fluxo de registros e ordens de serviço do CMMS, a integração aprimora a rastreabilidade das ocorrências, permitindo ligar eventos, ações e responsáveis, e reduz a recorrência de falhas ao garantir que causas identificadas sejam registradas, monitoradas e tratadas de forma padronizada.

A aplicação integrada favorece a tomada de decisão baseada em dados: gestores passam a dispor de informações consolidadas, como histórico de falhas que aumentam a assertividade das intervenções e priorizações. Na prática, isso tende a reduzir tempos de reparo, aumentar o tempo médio entre falhas e custo por ordem de serviço, com reflexos diretos na disponibilidade dos ativos e na eficiência operacional. Além disso, a integração promove padronização e retenção do conhecimento, procedimentos e lições aprendidas ficam documentados no sistema, o que facilita treinamentos e auditorias. Há também ganhos em alocação de recursos, uma vez que decisões se tornam mais previsíveis e justificáveis. Por fim, o modelo favorece a evolução de manutenção corretiva para preditiva, ao estruturar dados que podem alimentar análises avançadas e de prevenção a falhas.

Recomenda-se, para consolidar esses benefícios, implementar o fluxograma inicialmente como teste controlado, melhorar a qualidade dos registros no CMMS, capacitar equipes para uso contínuo da RCA dentro do fluxo e estabelecer metas próprios quanto ao histórico de ocorrência e monitoramento de impactos. Considerando limitações do estudo, pesquisas futuras deveriam quantificar ganhos econômicos e redução de paradas, e testar a aplicabilidade em diferentes setores industriais.

References

- [1]. Associação Brasileira De Normas Técnicas. Nbr 5462: Confiabilidade E Manutenibilidade. Rio De Janeiro: Abnt, 1994.
- [2]. Brígido, Rafael; Rando Junior, Edvaldo Luiz. Diagrama De Ishikawa: Aplicações E Impactos Na Gestão Da Qualidade Em Diversos Setores . Caderno Progressus, [S. L.], V. 4, N. 8, P. 38–48, 2024. Disponível Em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/3437>. Acesso Em: 16 Jun. 2025.
- [3]. Donkoh, Sylvester. Application Of Triangulation In Qualitative Research. Journal Of Applied Biotechnology & Bioengineering, V. 10, N. 1, Art. 00319, 2023. Disponível Em: <https://www.medcraveonline.com/jabb/application-of-triangulation-in-qualitative-research.html>
- [4]. Cervinski, Daniel Renato; Makiyama, Marcelo Kenzi; Thomaz, Maria Regina. Manutenção Centrada Na Confiabilidade (Mcc) Na Redução De Custos. 6. Ed. N. 1, Issn 2594-4649, 2021/2.
- [5]. Correa, Juliano; Spinola, Mauro De Mesquita. Adoção, Seleção E Implantação De Um Erp Livre. 25. Ed. N. 4, P. 956-970. Belo Horizonte: Production, 2015. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.0309t6>.
- [6]. Dantas, Igor Dos Santos. Importância E Benefícios Do Planejamento De Gestão De
- [7]. Manutenção. João Pessoa, 2019.
- [8]. Desuó, Gustavo De Souza; Boas, José Moacir Vilas; Brisighello, Vinícius Henrique Porto. A Evolução Dos Sistemas Erp: Uma Análise Teórica. 7. Ed. N. 2, A.2023. Mococa: Xii Congresso De Trabalhos De Graduação, 2023.
- [9]. Figueiredo, Danielle Lima De. Gestão Da Manutenção: Metodologias E Ferramentas Para Análises De Falhas. Ponta Grossa, Pr: Ix Congresso Brasileiro De Engenharia De Produção, 2019.
- [10]. Gonçalves, Andréia Cesar Et Al. O Papel Do Mapeamento De Processos: Um Estudo Sobre A Realização De Exames Periódicos Da Saúde Em Um Órgão Público. Brazilian Journal Of Development, Curitiba, V. 7, N. 3, P. 21272–21296, Mar. 2021. Doi: 10.34117/bjdv7n3-033.
- [11]. Farahani, Ameneh; Tohidi, Hamid. Integrated Optimization Of Quality And Maintenance: A Literature Review. 151. Ed. Computers & Industrial Engineering, Elsevier, 2021. Disponível Em: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106924>.
- [12]. Junior, Eduardo Brandão Lima Et Al. Análise Documental Como Percurso Metodológico Na Pesquisa Qualitativa. Cadernos Da Fucamp, V. 20, N. 44, 2021. Acesso Em 28 De Dez. 2022. Kripka, Rosana; Scheller, Morgana; Bonotto, Danusa Lara. Pesquisa Documental: Considerações Sobre Conceitos E Características Na Pesquisa Qualitativa. Ciai2015, V. 2, 2015. Disponível Em: <https://proceedings.ciai.org/index.php/ciai2015/article/view/252>
- [13]. Oliveira, Aryanne Araujo De; Sant'anna, Nanini Castilhos De Rabelo E. Total Productive Maintenance: Aplicabilidade Na Manutenção Elétrica De Uma Mineradora. 34. Ed. Humanidades & Tecnologia (Finom) - Issn: 1809-1628, 2022.
- [14]. Pessuti, Nicolas Rodrigues. Implantação De Módulo De Manutenção De Um Software Erp Para Melhoria Da Gestão Da Manutenção Em Cooperativa Agroindustrial. Londrina, 2023.
- [15]. Pinto, Guilherme Augusto Assis. Gestão Da Manutenção Na Indústria 4.0: Uma Revisão. Bauru, 2023.
- [16]. Rabelo, Emanuel Jimmyson Maia; Silva, Ananias Freire Da. Aplicação De Uma Metodologia De Análise De Falhas Em Uma Indústria De Polietileno De Baixa Densidade. Research, Society And Development, [S.L.], V. 8, N. 11, P. 01-36, 2019. Disponível Em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i11.1478>.
- [17]. Rampazzo, Lino. Metodologia Científica Para Alunos Dos Cursos De Graduação E Pós- Graduação. 3. Ed. São Paulo: Loyola, 2005.
- [18]. Roda, Irene; Macchi, Marco. Maintenance Concepts Evolution: A Comparative Review Towards Advanced Maintenance Conceptualization. 133. Ed. Computers In Industry, 2021. Disponível Em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103531>.
- [19]. Sala, Roberto; Francalanza, Emmanuel; Arena, Simone. A Review On Three Decades Of Manufacturing Maintenance Research: Past, Present And Future Directions. 13. Ed. N. 1. Production & Manufacturing Research, 2025. Disponível Em: <https://doi.org/10.1080/21693277.2025.2469037>.
- [20]. Santos, Sebastião Da Penha. Os Impactos Dos Sistemas De Enterprise Resource Planning (Erp) Nas Empresas Do Polo Industrial De Manaus. Trabalho De Conclusão De Curso (Tcc) – Ufam, Manaus, 2023.
- [21]. Souza, Vânio Berlin De. Proposta De Um Modelo De Análise De Decisão Na Manutenção Utilizando O Diagrama De Ishikawa Com O Método Multicritério Promethee Em Equipamentos. Limeira: Xix Simpósio De Pesquisa Operacional E Logística Da Marinha, 2019.
- [22]. Wienker, Michael; Henderson, Ken; Volkerts, Jacques. The Computerized Maintenance Management System: An Essential Tool For World Class Maintenance. 138. Ed. Essen, Alemanha: Procedia Engineering, 2016.