



**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
DE CONSELHEIRO LAFAIETE**

ENGENHARIA MECÂNICA

ROBERTO JUNIOR FERREIRA VIEIRA

**TEMPO MÉDIO DE MANUTENÇÃO DE UMA FROTA DE CAMINHÃO
FORA DE ESTRADA CATERPILLAR: ESTUDO DE CASO
UTILIZANDO ALGUMAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

**Conselheiro Lafaiete
2020**

ROBERTO JUNIOR FERREIRA VIEIRA

**TEMPO MÉDIO DE MANUTENÇÃO DE UMA FROTA DE CAMINHÃO
FORA DE ESTRADA CATERPILLAR: ESTUDO DE CASO
UTILIZANDO ALGUMAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade
Presidente Antônio Carlos de Conselheiro
Lafaiete, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Esp. Bruno Silva Alencar.

**Conselheiro Lafaiete
2020**

ROBERTO JUNIOR FERREIRA VIEIRA

**TEMPO MÉDIO DE MANUTENÇÃO DE UMA FROTA DE CAMINHÃO FORA DE
ESTRADA CATERPILLAR: ESTUDO DE CASO UTILIZANDO ALGUMAS
FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Bruno Silva Alencar – Orientador – FUPAC

Avaliador (a) – FUPAC

Avaliador (a) – FUPAC

**Conselheiro Lafaiete
2020**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que, de forma direta ou indireta, fizeram parte do meu aprendizado e que, particularmente, nesta última fase da minha graduação tiveram função vital:

A Deus, por me manter confiante, seguro no desenvolvimento do meu trabalho e na minha vida.

À minha mãe, Vilma Lucia, que sempre esteve ao meu lado, me auxiliando com palavras de apoio e incentivo.

Ao meu irmão, Moacir, pelo suporte e por ser um modelo de comprometimento com os estudos.

À minha namorada, Eduarda, pelo apoio, muitas vezes me ajudando a encontrar o melhor caminho para o meu trabalho, além do encorajamento na busca constante da realização do melhor.

Ao meu orientador, Bruno Alencar, pela imensa paciência em repassar seus conhecimentos nas áreas de manutenção, por me ajudar a criar um senso crítico do meu próprio trabalho e pelo apoio no tema.

Por fim, aos meus amigos e colegas de sala, que me ajudaram, tanto na parte técnica, quanto na parte pessoal, sendo pessoas fundamentais para me guiar durante este período.

“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, ou seja, não há sucesso no que não se gerencia”. William Deming

RESUMO

Como consequência de um mercado cada vez mais competitivo e crescente valorização das necessidades dos clientes, muitas empresas têm adotado políticas de gestão da qualidade como forma de garantir a satisfação dos seus clientes e stakeholders.

Esta pesquisa caracteriza-se como bibliográfica, exploratória, documental e com método de análise de dados qualitativos e quantitativos. Com o intuito de diagnosticar e resolver os problemas que dificultam a melhoria dos processos, o presente estudo propôs utilizar ferramentas da engenharia da qualidade na manutenção de uma empresa mineradora. Realizou-se o objetivo de reduzir o tempo médio de manutenção de uma frota de caminhão, fora de estrada, Caterpillar 775, utilizando algumas ferramentas da qualidade. Foram desenvolvidas ações com foco nos problemas externos e internos, referente ao ganho na confiabilidade da frota de caminhões fora de estrada, modelo 775. Na condução do trabalho utilizou-se ferramentas da qualidade de engenharia, sendo possível identificar os pontos críticos dos processos organizacionais, bem como os fatores de descontentamento dos clientes. Com isso, obtiveram-se resultados positivos desde o início do projeto, por meio da motivação dos colaboradores do setor, que aderiram às mudanças e da distribuição da rotina de tarefas. Assim, passaram a ser utilizados adequadamente os recursos físicos e humanos da empresa. O maior beneficiado com as alterações e melhorias foi a garantia de confiabilidade, que, através da otimização do processo, pôde usufruir de serviços com maior agilidade e qualidade, pela readequação dos recursos e dos procedimentos, garantindo-se maior satisfação nos serviços prestados pela equipe interna de manutenção.

Palavras-chave: Ferramentas da engenharia da qualidade, diagnóstico e solução de problemas, confiabilidade.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Testes dos porquês.	20
FIGURA 2: Diagrama Causa e Efeito.....	21
FIGURA 3: Desenho ilustrativo do eixo âncora	25
FIGURA 4: Relatório em Power BI de Perfil de Perdas.....	26
FIGURA 5: Matriz de priorização GUT	28
FIGURA 6: Diagrama de causa e efeito	31
FIGURA 7: Desenho Técnico da Ferramenta.....	37
FIGURA 8: Ferramenta Fabricada	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Etapa x Tempo(hora) de manutenção por etapa.....	33
GRÁFICO 2: Custo de Reparo Eixo Âncora pela Representante da Fabricante	38
GRÁFICO 3: Histórico de falhas do eixo âncora	39
GRÁFICO 4: Histórico do tempo(hora) gasto em manutenção do eixo âncora.....	39
GRÁFICO 5: Evolução do tempo médio de reparo	40
GRÁFICO 6: Evolução do tempo médio entre reparo	41

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1: Matriz de Causas e Efeitos	32
QUADRO 2: Etapas da manutenção do olhal do eixo âncora pelo fabricante	34
QUADRO 3: Análise de viabilidade das Ações	36
QUADRO 4: Retorno financeiro	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
FUPAC	Faculdade Presidente Antônio Carlos
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
CCQ	Círculos de controle de Qualidade
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
TEM	Ministério do Trabalho e Emprego
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
CQTE	Controle de Qualidade por Toda a Empresa
GUT	Gravidade, Urgência e Tendência
GQT	Gestão da Qualidade Total
MPT	Ministério Público do Trabalho
GPVmin	Gestão da Produção Vale Mineração
MTTR	Tempo Médio para Reparo (Mean Time To Repair)
MTBF	Período Médio Entre Falhas (Mean Time Between Failures)
REM	Relação Estério Minério
CWQC	Company Wide Quality Control
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e pequenas Empresas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
1.2 Justificativa.....	11
2 REFERÊNCIAL TEORICO	12
2.1 O Brasil e o Minério de Ferro	12
2.2 Caminhão fora de estrada	12
2.3 Indicadores de Desempenho.....	13
2.4 Ferramentas da Qualidade	14
2.5 Círculos de Controle de Qualidade (CCQ)	15
2.6 Brainstorming.....	16
2.7 Matriz Gut.....	16
2.8 Gestão da Qualidade Total	17
2.9 Sete Desperdícios	18
2.10 Teste do Porquê	19
2.11 Diagrama de Causa e Efeito	20
2.12 Perfil de Perdas	21
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	23
3.1 Delineamento da pesquisa	23
3.2 Coleta e Análise dos Dados	24
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADO	26
4.1 Análise dos Resultados com Algumas Ferramentas	26
4.2 Apresentação dos Resultados Gerais do Estudo	38
5 CONCLUSÃO	43

1 INTRODUÇÃO

A mineração corresponde a uma atividade econômica e industrial que consiste na pesquisa, exploração, lavra(extração) e beneficiamento de minérios presentes no subsolo. Essa atividade é uma das grandes responsáveis pela atual configuração da sociedade em que vivemos, visto que diversos produtos e recursos utilizados são provenientes dessa atividade, como computadores, cosméticos, estradas, estruturas metálicas, entre outros.

As empresas encontram-se em um cenário cada vez mais competitivo devido à globalização, forçando as empresas a buscarem a redução de custos para se manterem competitivas no mercado. Com o objetivo de diminuição dos custos de produção, as mineradoras de minério de ferro procuram cada vez mais a atenuação das intervenções na manutenção e a melhora da confiabilidade dos seus equipamentos.

Dentro deste contexto, com a utilização de ferramentas da qualidade, como por exemplo, CCQ, Brainstorming, Perfil de Perdas, Matriz GUT, QCAMS, Diagrama de Ishikawa, 7 desperdícios, Teste de hipóteses e Teste dos porquês, percebe-se a possibilidade de redução do tempo de manutenções, que, por sua vez, diminuem os impactos causados diretamente na produção e custos na manutenção.

De acordo com (Kardec & Nascif, 2009) “nos últimos 30 anos, a manutenção desenvolveu-se bastante e com grandes inovações fez com que superasse as outras atividades existentes”. Essas alterações são consequências do aumento rápido do número e da diversidade dos itens físicos como, equipamentos e instalações, o que tornou a manutenção não mais uma função estratégica, pois passou a ser focada na busca por melhoria dos resultados e aumento da competitividade das organizações no mercado globalizado. Assim, o índice de qualidade de serviço alcança um nível bem mais alto que em um ambiente alicerçado somente por intervenções corretivas e ou preventivas.

Neste estudo apresenta-se ferramentas da qualidade que servirão como um recurso na análise da parte do conjunto denominado “Eixo âncora”, dos Caminhões Fora-de-estrada, Caterpillar 775, em uma empresa multinacional em extração de minerais, em uma mina a céu aberto, localizado em Nova Lima – MG.

Desta forma, este trabalho busca responder a seguinte questão: É possível reduzir o tempo médio de manutenção de uma frota de caminhão, fora de estrada Caterpillar 775, utilizando algumas ferramentas da qualidade?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Reduzir o tempo médio de manutenção do componente de uma frota de caminhão fora de estrada, Caterpillar 775, utilizando algumas ferramentas da qualidade.

1.1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo principal deste estudo serão desenvolvidos os seguintes passos:

- a) Utilizar as ferramentas da qualidade para auxiliar na tratativa da manutenção do Eixo Âncora, desde a sua retirada do equipamento, manutenção, liberação e a melhora nos indicadores de performance da frota;
- b) Analisar o tempo médio de manutenção, verificando custo e a qualidade na reforma interna ou externa do eixo âncora;
- c) Projetar dispositivo ainda não encontrado no mercado para abrir a rosca de fixação do conjunto interno, parametrizando os componentes quanto o tipo de rosca.

1.2 Justificativa

O impacto de uma manutenção afeta não só os custos, mas também coloca em risco a saúde financeira da empresa em geral. Em obras de reforma e retrofit a gestão vai influenciar diretamente no prazo da obra, bem como no custo.

Diante disso, é imprescindível a implantação de um sistema de gestão da qualidade que auxilie essas atividades e que garanta a eficácia dos processos.

Portanto, por se tratar de um assunto que impacta recorrentemente os trabalhos da manutenção corretiva, houve motivação por parte do autor para execução deste trabalho.

O estudo de caso realizado na gerência de manutenção de caminhões fora-de-estrada, em uma mineração no Alto Paraopeba, se deu em função da atuação do autor nesse setor nos últimos anos. Outra motivação se deve ao fato do procedimento melhorar a qualidade dos serviços realizados nos equipamentos, através das ferramentas da qualidade, que aplicadas de maneira correta podem para auxiliar na tratativa da manutenção do Eixo Âncora, desde a sua retirada do equipamento, manutenção, liberação e a melhora nos indicadores de performance da frota.

2 REFERÊNCIAL TEORICO

Neste capítulo, apresentam-se diversas bibliografias sobre mineração, manutenção e ferramentas da qualidade com suas características, suas funções e suas influências nas empresas.

2.1 O Brasil e o Minério de Ferro

Segundo (Santiago, 2017), a mineração no Brasil é peça fundamental para os alicerces da economia brasileira. Responsável principalmente para o equilíbrio da balança comercial, haja vista que a grande parte produzida na mineração é demandada pelo exterior. Conforme BNDES (2014), as maiores empresas produtoras no Brasil são: Vale (84,52%), SAMARCO (6.29%), CSN (5,45%) e USIMINAS (2%).

(Santiago, 2017) De acordo com dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), a partir de dados de 2015, estima-se que o setor de extração mineral emprega cerca de 214.070 pessoas de forma direta. Complementando esta informação e mostrando a importância do setor na economia nacional, segundo dados do Informe Mineral 2º/2014 do DNPM, o setor extrativo mineral possui um efeito multiplicador de 3.6 pontos na indústria de transformação. Portanto, para cada emprego gerado na mineração, geram-se outros 3.6 postos de trabalho nos processos seguintes. Em outras palavras, como citado anteriormente, se existem 214.070 trabalhadores provenientes da etapa de extração mineral, existem aproximadamente 770.656 pessoas empregadas na indústria de transformação.

2.2 Caminhão fora de estrada

Lavra por caminhões é o método muito utilizado. Com isso os equipamentos foram sendo modernizados e os conceitos de desmonte, carregamento e transporte se

consolidaram. Com o avanço da tecnologia surgiram variações, tais como caminhões autônomos, elétricos e as escavadeiras elétricas a cabo, diesel-elétricas e hidráulicas.

Segundo (Lopes J. R., 2010), os caminhões acompanharam o porte das escavadeiras, mas por falta de tecnologia, foram barrados pelo tamanho dos pneus, 26 casos que ocorreu no mesmo período com as carregadeiras. Nas últimas décadas a tecnologia de fabricação de pneus avançou e o tamanho dos caminhões e carregadeiras foi ampliado atingindo as capacidades atuais de produção, o que provocou a possibilidade de ajuste de tamanho das escavadeiras para as novas dimensões dos equipamentos de transporte.

Segundo (Silva, 2009), a seleção e a utilização dos equipamentos podem frequentemente tornar uma operação mineira lucrativa ou inviabilizá-la e, em outros casos, ocorrer uma operação marginal.

Ainda de acordo com (Silva, 2009), para a definição do tipo de equipamentos e sistemas a serem utilizados para o manuseio de minérios, a média ou longa distância, diversos aspectos devem ser considerados e avaliados, entre os quais, capacidade manuseada, distância de transporte, topografia do terreno, infraestrutura disponível na região, interferências com o meio ambiente e economicidade.

2.3 Indicadores de Desempenho

A medição de desempenho pode ajudar a detectar: o que está acontecendo com o desempenho da empresa; quais as razões prováveis que configuram a situação atual; e quais podem vir a ser as ações a serem tomadas. “A primeira regra da medição de desempenho é: atingir 100% de entendimento em toda a empresa dos conceitos e objetivo (Hronec, 1994).

É preciso primeiramente estabelecer qual a real necessidade do que precisa ser medido para somente depois definir ao certo as medidas adequadas que avaliarão o

que se pretende medir. Nos últimos anos a literatura tem mostrado de forma muito clara que antigamente as empresas tomavam decisões baseadas apenas em informações financeiras obtidas no setor de contabilidade da empresa, porém atualmente não funciona mais dessa forma. As decisões hoje em dia são tomadas depois de serem realizados levantamentos que envolvem grande número de variáveis exigindo uma grande preocupação entre os gestores com indicadores como: satisfação de clientes, qualidade dos produtos, participação no mercado, retenção de clientes, fidelidade dos clientes, inovação, habilidades estratégicas (Miranda, Meira, & Wanderley, 1999).

2.4 Ferramentas da Qualidade

O sucesso na utilização das ferramentas gerenciais está diretamente ligado à disponibilidade, acesso, registro, qualidade da informação e envolvimento de todos na organização. O uso da informação para controle e avaliação dos resultados ao final de cada processo, associado à autonomia dada aos funcionários para a tomada de decisão com base no uso de ferramentas gerenciais gera agilidade no processo produtivo através da solução rápida de problemas e comparação de resultados, podendo modificar ou confirmar os objetivos e os recursos empregados ao longo do processo. Desse modo, as ferramentas gerenciais aliadas à informação passam a ser parte integrante do processo de administração estratégica (Pongeluppe, 2002).

Para (Kume, 1993) os métodos estatísticos são ferramentas eficazes para a melhoria do processo produtivo e redução de seus defeitos. Entretanto, é preciso que se tenha em mente que as ferramentas estatísticas são apenas ferramentas elas podem não funcionar, caso sejam aplicadas inadequadamente.

2.5 Círculos de Controle de Qualidade (CCQ)

A qualidade é um dos métodos existentes na administração de empresas, que podem ser aplicados à gestão social, tendo o apoio dos colaboradores da empresa, através da implantação de CCQ. Este programa idealizado pelos japoneses é um bom exemplo de que a união de superiores e colaboradores pode gerar resultados positivos dentro das empresas (Teixeira, Teixeira, & Fonseca, 2006)

(Pinto, 2004) salienta que o CCQ foi criado por Ishikawa a fim de que pudessem contribuir com os objetivos dos gestores das grandes, médias e pequenas organizações japonesas que era aumentar a qualidade dos produtos/processos, para que estas fossem referência em termos de qualidade a nível mundial.

Para (Imai, 1994), CCQ é um pequeno grupo de colaboradores voluntários que desempenham atividades de controle da qualidade em seu ambiente de trabalho, de forma contínua, como parte de um programa que envolve toda a empresa, a fim de garantir a qualidade dos produtos e processos, proporcionando um desenvolvimento individual do colaborador, contribuindo para o melhoramento do local de trabalho.

Esses pequenos grupos de trabalho se encarregam de autodesenvolvimento e de desenvolvimento mútuo como parte das atividades do Controle de Qualidade por Toda a Empresa (CQTE), ou, em inglês, Company Wide Quality Control (CWQC), usam as ferramentas do controle da qualidade para melhorar seus locais de trabalho continuamente, com todos tomando parte (Ishikawa, 1989).

(METRI, 2006) afirma que os CCQs implicam desenvolvimento de habilidades, capacidades, confiança e criatividade das pessoas por processo cumulativo de educação, treinamento, experiência e participação. A contribuição do CCQ, tornando o Japão uma superpotência econômica, levou muitos países a adotarem esse conceito. A referida metodologia produz resultados de sucesso, pois respeita e envolve as pessoas nas decisões que se referem a suas vidas.

2.6 Brainstorming

De acordo com o (SEBRAE, 2005), o método brainstorming foi desenvolvido por Alex F. Osborn em 1938. Este consiste na reunião de várias pessoas, sendo uma técnica de ideias em grupo que envolve a contribuição espontânea de todos os participantes para identificar problemas no processo e produzir ideias de melhoria. É uma ferramenta associada à criatividade e preponderantemente usada na fase de planejamento”.

Para (Meireles, 2001), a palavra brainstorming significa tempestade cerebral ou de tempestade de ideias e é empregada em várias organizações, que a utiliza como um plano de 15 ação participativo. Com o enfoque a estimular a utilização do potencial criativo dos envolvidos, para que as pessoas criem o maior número de ideias acerca de um tema previamente selecionado. O brainstorming pode ser utilizado com o objetivo de exercício da livre criatividade para a detecção de problemas e suas soluções. Uma das vantagens desta ferramenta é a possibilidade de ter o mérito das soluções dos problemas distribuído entre o grupo, o que gera maior comprometimento com a ação e um sentimento de responsabilidade compartilhado por todos os participantes.

2.7 Matriz Gut

De acordo com (Bastos, 2014) a técnica GUT foi desenvolvida por Kepner e Tregoe, especialistas na solução de questões organizacionais. O objetivo desta técnica é orientar decisões mais complexas, para tanto é empregada para definir as prioridades dadas às diversas alternativas de ações.

(Hékis, Silva, Oliveira, & Araujo, 2013) afirmam que essa ferramenta responde racionalmente às questões “o que devemos fazer primeiro?”, e “por onde devemos começar?”. Assim, a matriz GUT atua diretamente nesse aspecto. Num primeiro passo é necessário qualificar os problemas, e na sequência atribuir uma pontuação correspondente as variáveis estabelecidas na matriz, cujo objetivo é priorizar as

ações de forma racional, levando em consideração a Gravidade, Urgência e Tendência de um determinado problema.

Idêntica concepção é reforçada por (Chiavenato & Sapiro, 2009), que afirma ser uma metodologia que qualifica problemas e consequentemente define prioridades, bem como, as estratégias a serem adotadas no sentido das ações a serem implementadas.

Na mesma linha de pensamento, (Carvalho & Senna, 2015), afirma que a matriz GUT é uma ferramenta essencial para o planejamento estratégico, considerando que seus resultados fornecem suporte para a formulação de estratégias, sendo um complemento da análise SWOT.

(Daychoum, 2011), a define como uma ferramenta que serve para priorizar os problemas e tratá-los. Para tanto, considera os fatores Gravidade, Urgência e Tendência e para cada qual atribui uma pontuação numa escala de 1(um) a 5 (cinco), em que Gravidade diz respeito a não resolução do problema, e indica o impacto, principalmente, em relação aos resultados, e processos que surgirão em longo prazo. A urgência é a variável relacionada com a disponibilidade de tempo necessário para resolução de determinada situação, a Tendência analisa a tendência ou o padrão da evolução, redução ou eliminação do problema.

2.8 Gestão da Qualidade Total

A Gestão da Qualidade Total ou Total Quality Management (TQM) é um modelo de gestão que potência a criação da consciência de qualidade em todos os processos organizacionais. Tem como objetivos: garantir a satisfação do cliente, promover o trabalho em equipe buscando o envolvimento de toda a organização, buscar constantemente a solução de problemas e a diminuição de erros (Longo, 1996).

A implementação de uma abordagem transversal e integradora do conceito qualidade não é um processo rápido nem fácil, visto que obriga as organizações a

conhecerem bem os requisitos de cada um dos seus stakeholders e a considerá-los em todas as suas decisões (Crato, 2010).

Esta filosofia de gestão enfatiza o papel dos recursos humanos nas organizações, o que implica uma mudança de atitudes e comportamentos buscando a descentralização da autoridade e um ambiente mais participativo. A criação de um ambiente mais participativo envolve não apenas colaboradores da própria organização como também clientes, acionistas, fornecedores e meio envolvente geral (Marques, 2005)

Este relacionamento favorece a busca de soluções novas e mais eficientes, pois estimula a criatividade, a procura de inovações e o não conformismo com tarefas rotineiras (Longo, 1996).

A aplicação da TQM dentro das organizações está fortemente associada à melhoria contínua, a qual é entendida como um processo de mudanças continuadas que melhoram a organização e lhe agregam valor.

Segundo (Marques, 2005) a busca pela melhoria contínua materializa-se com a criação de um sistema de autoavaliação permanente, capaz de avaliar a ciclos curtos, as atividades, o seu desempenho e resultados, tendo em consideração a análise dos resultados que vêm sendo conseguidos, a verificação da eficácia das atividades e práticas associadas e a detecção de áreas e oportunidades de melhoria.

2.9 Sete Desperdícios

(Shingo, 1996) menciona que existe certa dificuldade em perceber a ocorrência de problemas na manufatura sob as condições normais de trabalho, por isso, os desperdícios não são notados, pois se tornaram eventos naturais do trabalho. O autor afirma ainda que as maiores perdas são as perdas imperceptíveis.

Para (Robinson & Schroeder, 1992), dois motivos são responsáveis por tornar os desperdícios invisíveis aos integrantes do sistema produtivo: a falta de conhecimento ou a dificuldade de mudança de perspectiva. A eliminação ou redução dos desperdícios no sistema produtivo permite um fluxo mais contínuo de produção, produzindo-se mais no mesmo intervalo de tempo, aumentando a produtividade e reduzindo estoque e custos.

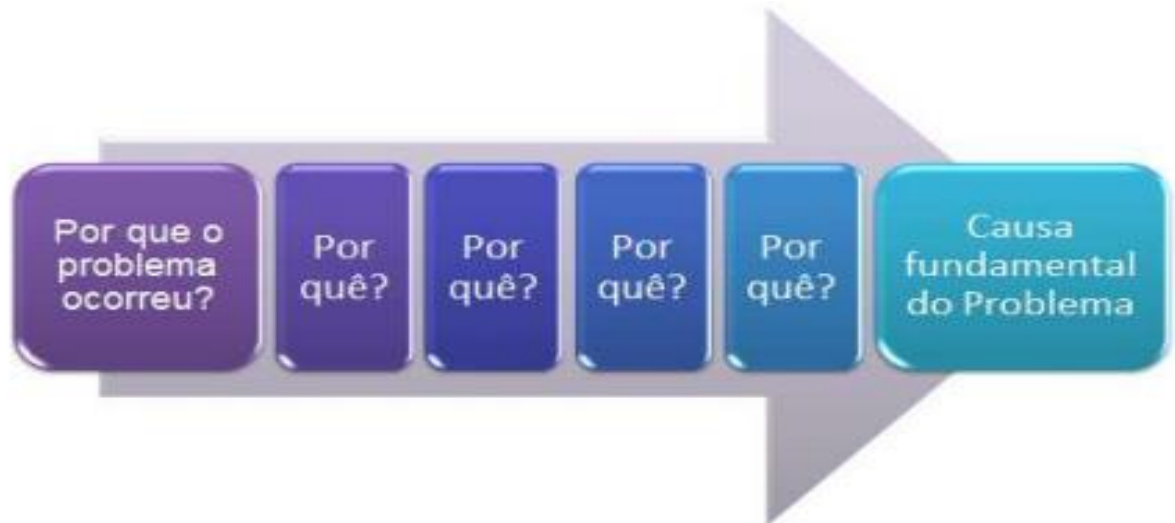
Segundo (Antunes, 2008), a noção de perdas tem sua origem nas ideias desenvolvidas por Frederick Taylor e Henry Ford, no início do século XX. Para Taylor (1992), a noção de perdas estava vinculada a evitar o desperdício dos materiais, enquanto para Ford (1927), a abundância de recursos na época não gerava preocupação com desperdícios.

2.10 Teste do Porquês

A metodologia dos 5 porquês parte do princípio que após questionar por cinco vezes o porquê um problema está ocorrendo, sempre tomando como referência a resposta anterior, será descoberta a causa fundamental deste problema (Werkema, 1995). Este método é muito utilizado na área da qualidade, mas se aplica em qualquer ambiente onde exista um problema que necessita de uma solução. Sua aplicação é muito simples, podendo ser aplicada em qualquer sistemática de análise de problemas.

A figura 1 apresenta o fluxo para a solução de um problema até a possível causa fundamental.

FIGURA 1: Testes dos porquês.



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

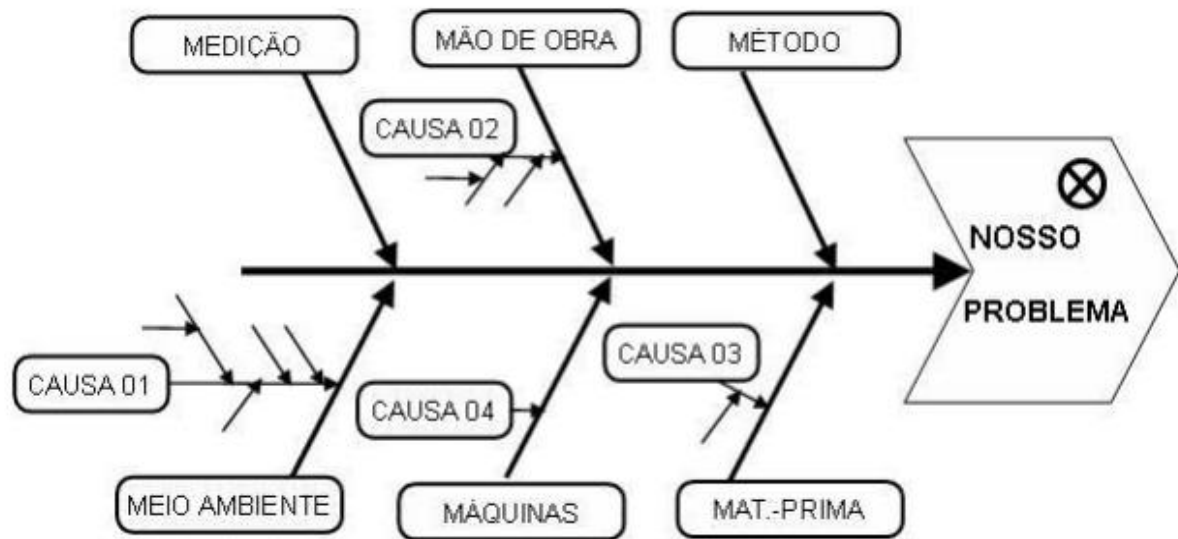
2.11 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito também conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar a relação de fatores de influência do problema ou processo (causas) sobre um determinado problema ou resultado de um processo (efeito) que possam afetar o resultado considerado (Miguel, 2001).

O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para identificar, explorar, ressaltar e mapear fatores que influenciam no problema. Podendo pontuar as causas principais que serão abordadas mediante os 6 M (matéria-prima, máquina, mão-de-obra, método, medida e meio ambiente) a partir dessas as causas secundárias e terciárias a serem avaliadas. Ele pode ser usado para ampliar a visão e mostrar as possíveis causas do problema, enriquecer a análise para identificar soluções e determinar as medidas corretivas que deverão ser adotadas (Werkema, 1995)

A figura 2 demonstra um exemplo do diagrama causa-e-efeito.

FIGURA 2: Diagrama Causa e Efeito.



Fonte: Portopédia, 2011.

2.12 Perfil de Perdas

Segundo (Almeida, 2006), o perfil de perdas consiste na estratificação das perdas do processo produtivo por meio de gráficos de Pareto, a fim de identificar quais são as maiores oportunidades de ganho. Para elaborar o perfil de perdas deve-se, inicialmente, definir a natureza da perda a ser tratada, que neste trabalho são as quantidades de falhas e a indisponibilidade física dos ativos. Essas duas naturezas permitirão identificar o perfil das paradas ocorridas para saber os tipos de paradas que mais se repetem, assim como aqueles tipos responsáveis pela maior parte do tempo de parada.

Todos os equipamentos estão sujeitos a algum tipo de perda, no entanto, o objetivo de otimizar o rendimento das instalações e equipamentos é necessário medir e reduzir essas perdas, em termo de MPT elas são conhecidas como as “seis grandes perdas” (Geremia, 2001). Complementam (Fogliatto & Ribeiro, 2009) que esse é um conceito essencial da MPT que classifica as seis perdas em:

1 Perdas por quebras devido a falhas dos equipamentos caracteriza-se quando ocorre a quebra e o equipamento permanece sem produzir até o momento do reparo. O tempo exigido é a soma para o reparo e a chegada das peças de reposição necessárias para consertar o equipamento;

2 Perdas durante setup e ajuste acontecem no momento de preparação da máquina, para que produza um produto diferente. O tempo de parada se está desde a parada para substituição da produção e o início da nova produção;

3 As perdas devido a pequenas paradas ou operação em vazio ocorrem quando o equipamento necessita parar por alguns minutos ou trabalha sem carga, devido a oscilações no fluxo do processo, exigindo intervenção para que a linha volte a produzir normalmente. Habitualmente, são considerados nessa categoria as paradas abaixo de quatro minutos;

4 As perdas por queda de velocidade de produção são aquelas associadas a velocidade de operação “abaixo da nominal”, ou seja, a máquina está produzindo uma quantidade menor do que a projetada. Essa condição pode acontecer por um problema no equipamento que impossibilita o uso de velocidades mais altas ou gere defeitos por qualidade nessa condição;

5 Já as perdas por retrabalho e qualidade são aquelas que ocorrem no processo produtivo, gerando produtos defeituosos ou fora das especificações, os quais devem ser retrabalhados ou descartados;

6 Por fim, as perdas por rendimento acontecem a cada vez que o processo é parado e reiniciado. Essas perdas podem envolver a produção de produtos defeituosos, gerados por condições inadequadas de operação da máquina, como por exemplo: pressão, temperatura, ou ainda podem estar mal dimensionadas para a produção.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para a realização do trabalho foi necessária a utilização de habilidades metodológicas que compreenderam os processos utilizados para obtenção dos resultados e o conhecimento científico, isto é, a orientação geral para se chegar a um fim determinado.

3.1 Delineamento da pesquisa

Este trabalho é um estudo de caso que foi realizado em uma empresa de extração e beneficiamento de minério de ferro, da região do Alto Paraopeba, com o objetivo de diminuir o custo de manutenção, aumentar a disponibilidade física dos caminhões fora-de-estrada e otimizar o processo de manutenção dos equipamentos de transporte de grande porte na Mineração.

Esta pesquisa caracteriza-se como bibliográfica, exploratória, documental e com método de análise de dados qualitativos e quantitativos.

Em uma pesquisa bibliográfica, (VOLPATO, 2000) recomenda que se tenha claro e definido o tema da pesquisa. Nesta fase, o pesquisador deve formular um título para o seu levantamento bibliográfico e identificar os termos que expressem o seu conteúdo, não só no idioma português, como também em outros, principalmente em inglês por ser o idioma de grande acesso mundial.

Caracterizada como uma pesquisa bibliográfica, este trabalho apresenta os principais conceitos para uma melhor análise dos temas abordados, que foi desenvolvida por meio de livros, artigos, entre outros para a construção do referencial teórico.

Esta pesquisa é exploratória, pois de acordo com (Vergara, 2005) constitui-se pela busca de conhecimentos sobre a gestão da manutenção industrial através de pesquisa, observação, análise, classificação e interpretação dos dados coletados.

É, ainda, descritiva por buscar meios de prescrever uma abordagem através da junção de melhores práticas de manutenção.

O estudo foi desenvolvido com os próprios executantes que convivem com a real situação, com a finalidade de avaliarem as verdadeiras necessidades e sugerirem melhorias para o processo de manutenção dos caminhões fora-de-estrada.

Como documental, esta pesquisa é classificada porque foram utilizados documentos e relatórios sistêmicos da empresa para obter dados sobre históricos de manutenção no eixo âncora dos caminhões fora-de-estrada.

O ponto de partida de uma pesquisa não é a análise de um documento, mas a formulação de um questionamento. A problematização das fontes é fundamental porque elas não falam por si são testemunhas, vestígios que respondem a perguntas que lhes são apresentadas. Segundo (Lopes & Galvão, 2001) “[...] o que determina o que são as fontes é exatamente o [...] problema problematizado.”

Segundo (Gil, 2002), é de extrema importância saber como os dados foram obtidos e quais procedimentos foram adotados na realização de uma pesquisa, pois, somente assim é possível analisar a qualidade dos resultados obtidos. Ainda de acordo com o mesmo autor, uma das formas de classificar as pesquisas é de acordo com a abordagem dos dados. Nesse caso, as pesquisas classificam-se como quantitativas ou qualitativas.

3.2 Coleta e Análise dos Dados

Para a realização deste trabalho, na fase de pesquisa, foi realizado o levantamento de dados, a partir de pesquisa bibliográfica e pesquisa documental feita na empresa de mineração do Alto Paraopeba, especificamente, no setor de manutenção dos equipamentos de transporte de grande porte.

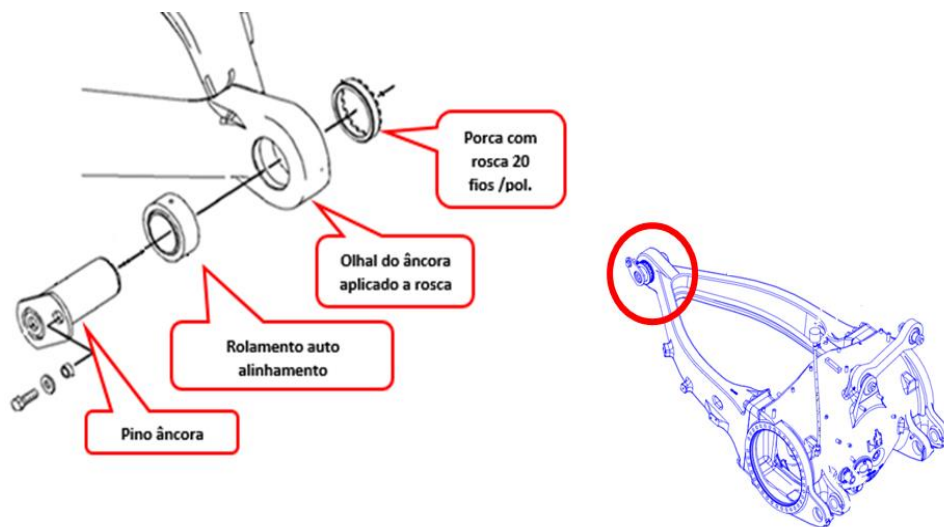
A primeira etapa da coleta de dados, que foi realizada a partir de documentos internos e de relatórios gerados pelo software de gestão integrada GPVmin, foram

analisados utilizando Microsoft Office Excel, em uma empresa do ramo de mineração na área de manutenção.

Na segunda etapa os dados coletados foram levantados junto à gestão econômica, por meio de relatórios de custos para ser realizado o apuramento de todos os gastos discriminados ao subconjunto do estudo em questão, para assim ser distribuídas as despesas de forma mensal e anual.

A terceira etapa foi realizada na área de manutenção para apurar todas as ocorrências de substituição do eixo âncora, os tempos necessários para substituição deste subconjunto, bem como a necessidade de mão obra para realização da atividade.

FIGURA 3: Desenho ilustrativo do eixo âncora



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

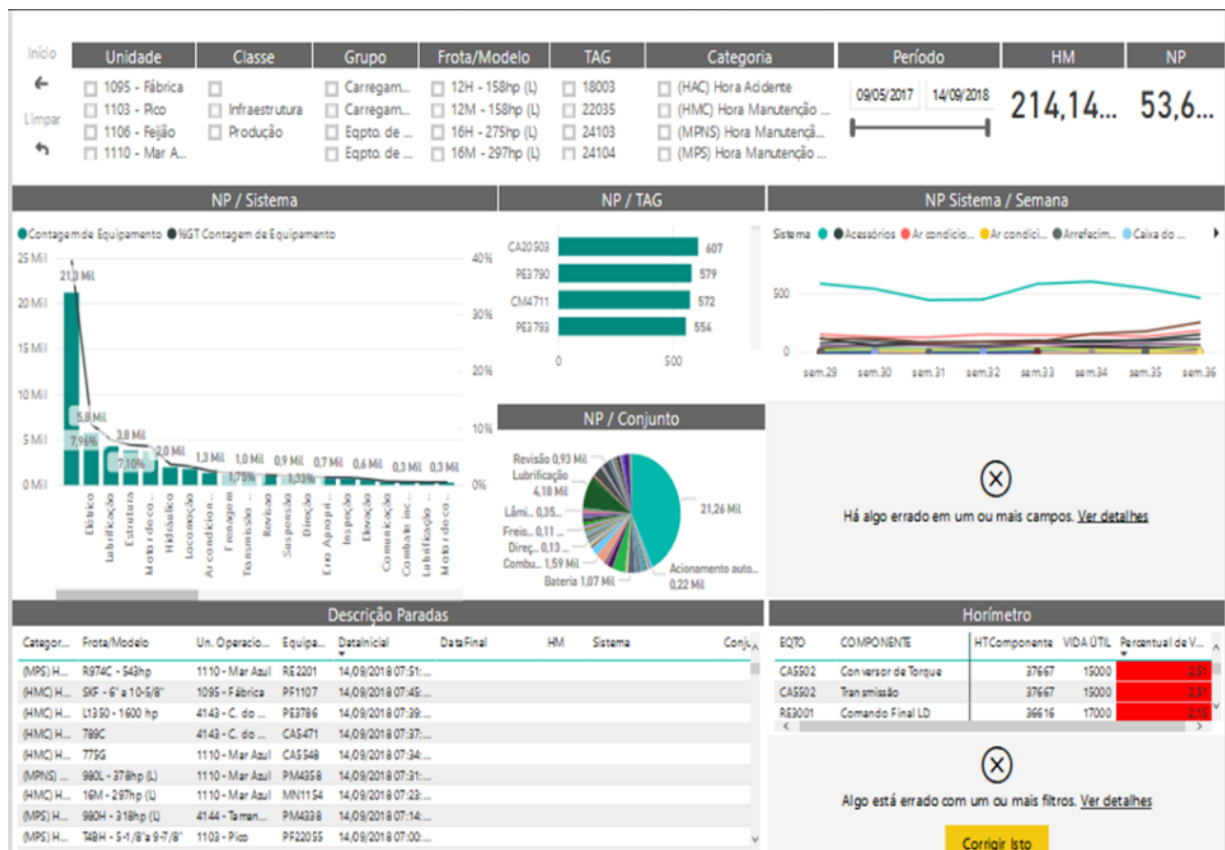
Os dados levantados na coleta foram analisados e discriminados, através de ferramentas da qualidade, métodos estatísticos, conhecimentos técnicos e confrontados com as referências bibliográficas dos fabricante Caterpillar e eplu fato de interferir em indicadores, bem como ações para buscar o foco principal deste estudo que é diminuir o custo de manutenção e aumentar a disponibilidade física dos caminhões fora-de-estrada.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADO

4.1 Análise dos Resultados com Algumas Ferramentas

Através do acompanhamento de confiabilidade dos caminhões fora de estrada, monitorando o tempo médio entre falhas e o tempo médio de reparo através do Perfil de Perdas, o qual consiste na estratificação das perdas do processo produtivo por meio de gráficos de Pareto com a finalidade de identificar quais são as maiores oportunidades de ganho na manutenção internamente, onde cada equipamento é atribuído a uma classe de falha, que permite classificar de acordo com uma estrutura hierárquica. Assim, é possível comparar o desempenho dos diversos equipamentos da Mina e identificar quais classes de falhas, sistemas, conjuntos, itens ou modos de falhas que mais afetam a disponibilidade dos equipamentos, conforme figura 3 apresentada abaixo.

FIGURA 4: Relatório em Power BI de Perfil de Perdas



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Foi reunido um grupo com sete especialistas multidisciplinares da empresa para listar os possíveis pontos de atuação.

Com a utilização da ferramenta Brainstorming foram identificados 12 problemas, segundo detalhados a seguir:

1. Elevado número de falhas nos comandos elétricos dos implementos da frota de escavadeiras, Caterpillar 390D;
2. Elevado número de falhas nos sistemas de lubrificação automática da escavadeira, Caterpillar RH170;
3. Elevado número de ocorrências de alta temperatura nos sistemas hidráulicos na frota de escavadeira, Caterpillar 365C;
4. Elevado número de problemas nas suspensões da frota de caminhões, Caterpillar 775G;
5. Elevado número de quebras dos pinos de báscula na frota de caminhões, Caterpillar 775G;
6. Riscos ergonômicos na substituição dos motores de partida dos tratores, Caterpillar D10T;
7. Elevado número de ocorrências de quebra das escadas dos caminhões, Caterpillar 785C;
8. Risco de esmagamento dos membros superiores durante manutenção preditiva (coleta de vibração);
9. Risco de projeção de partículas durante a troca de capa de dente das escavadeiras;
10. Riscos ergonômicos durante a substituição dos alternadores dos tratores de esteira;
11. Tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões, Caterpillar 775 F e G;
12. Riscos ergonômicos para a substituição de baterias do caminhão, Caterpillar 775G.

Após a utilização dessa ferramenta relevante e apresentada todas as falhas aos membros para que fossem analisadas as possíveis causas em grupo. Foi realizado debate sobre os prós e contras de cada ideia para testar sua eficácia com foco nos

objetivos e chegou-se ao consenso de doze possíveis resultados para resolução da melhor maneira possível.

A partir dos resultados encontrados na ferramenta brainstorming foi desenvolvido a aplicação da ferramenta GUT para a avaliação dos doze problemas. Nessa análise foi utilizada as numerações dos 12 problemas e cada integrante da equipe preencheu a ferramenta GUT. Após o preenchimento, foi compilado todas as ferramentas em uma única planilha, conforme figura 4.

FIGURA 5: Matriz de priorização GUT

MATRIZ				G	U	T	TOTAL	G	U	T	TOTAL	G	U	T	TOTAL	G	U	T	TOTAL	G	U	T	TOTAL	G	U	T	TOTAL	GERAL		
PROBLEMAS	1	2	3	5	30	5	2	5	50	3	4	2	24	2	3	3	18	3	2	5	30	2	4	4	32	2	2	5	20	204
	2	1	5	2	10	1	3	4	12	4	3	3	36	5	3	5	75	3	5	5	75	4	3	3	36	4	3	3	36	280
	3	4	5	2	40	1	2	2	4	1	4	3	12	1	5	3	15	3	4	3	36	3	3	5	45	3	4	1	12	164
	4	3	3	3	27	2	3	2	12	3	3	3	27	1	4	2	8	2	5	5	50	4	2	1	8	2	3	5	30	162
	5	1	2	5	10	2	3	4	24	1	3	3	9	4	3	2	24	2	1	3	6	3	2	4	24	2	1	5	10	107
	6	2	1	3	6	5	2	3	30	4	4	2	32	2	4	4	32	3	2	3	18	2	3	3	18	3	2	4	24	160
	7	4	2	3	24	2	4	4	32	1	3	5	15	5	5	2	50	2	4	3	24	4	2	4	32	2	3	5	30	207
	8	1	2	3	6	2	3	3	18	3	3	5	45	5	4	2	40	2	3	3	18	4	2	4	32	2	3	4	24	183
	9	3	2	4	24	2	4	4	32	3	3	3	27	4	4	2	32	2	4	3	24	3	2	3	18	2	3	1	6	163
	10	2	4	5	40	4	2	3	24	5	5	2	50	2	3	5	30	3	2	5	30	2	4	3	24	5	2	3	30	228
	11	4	4	5	80	5	3	5	75	5	4	4	80	5	5	5	125	4	4	4	64	5	4	5	100	5	5	5	125	649
	12	2	4	2	16	4	2	3	24	4	4	2	32	2	3	4	24	5	2	3	30	2	1	4	8	3	2	4	24	158

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

De acordo com os resultados apresentados foram priorizados e organizados, respeitando os conceitos sobre matriz GUT. Dentro dessa priorização, o problema que obteve o maior valor foi o número 11 - Tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões, Caterpillar 775, onde através da ferramenta de perfil de perdas, demonstrado na figura 1, verificou-se que o envio do eixo âncora para a representante da fabricante (Dealer) para serviços de manutenção demanda um tempo de 624 horas (26 dias).

O uso da metodologia da matriz GUT possibilitou uma avaliação quantitativa dos problemas de uma área como um todo, viabilizando a priorização na ação onde houve maior número de manutenção corretivas sem confiabilidade, gerando gravidade no problema crônico, no qual há uma urgência em ser resolvido para diminuir a tendência de quebra catastrófica e reparo corretivo.

Através do resultado encontrado na matriz de priorização GUT, utilizou-se a metodologia da QCAMS para listar as perdas referentes ao tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões, Caterpillar 775, conforme exposto abaixo:

QUALIDADE:

- ☐ Perda de disponibilidade física do ativo devido ao elevado tempo médio para reparo (MTTR).

CUSTO:

- ☐ Custo de reparo elevado para a manutenção do eixo âncora.

ATENDIMENTO:

- ☐ Elevada perda de produção devido ao tempo elevado de manutenção do eixo âncora.

MORAL:

- ☐ Insatisfação das equipes de manutenção devido a demora para liberar o equipamento para a produção.

SEGURANÇA:

- ☐ Nível de risco Médio (25-70) para a realização da manutenção do eixo âncora.

Com a aplicação da GQT na perda avaliada pela matriz GUT chegou-se a fatores determinantes, onde foi verificado que a qualidade do produto deve ser alcançada com um bom controle dos custos, podendo-se garantir o lucro, caso seja possível realizar a entrega na hora, no local e na quantidade certa, atendendo a expectativa dos trabalhadores na aplicação do produto no ativo, garantindo a segurança do emprego e a segurança do meio ambiente onde são aspectos essenciais da sustentabilidade.

Com as percepções encontradas foi necessário a utilização também da metodologia dos sete desperdícios da qualidade, no qual a sua aplicação permitiu a identificação

de quatro desperdícios relacionados ao tempo elevado para manutenção do eixo âncora dos caminhões, Caterpillar 775, em concordância com o descrito abaixo:

TRANSPORTE:

- ☐ Perda de tempo no deslocamento do eixo âncora para o representante do fabricante, Dealer.

MOVIMENTO:

- ☐ Deslocamento excessivo durante a manutenção do eixo âncora.

ESPERA:

- ☐ Tempo elevado de espera para o reparo do eixo âncora pelo Dealer.

PROCESSAMENTO EXCESSIVO:

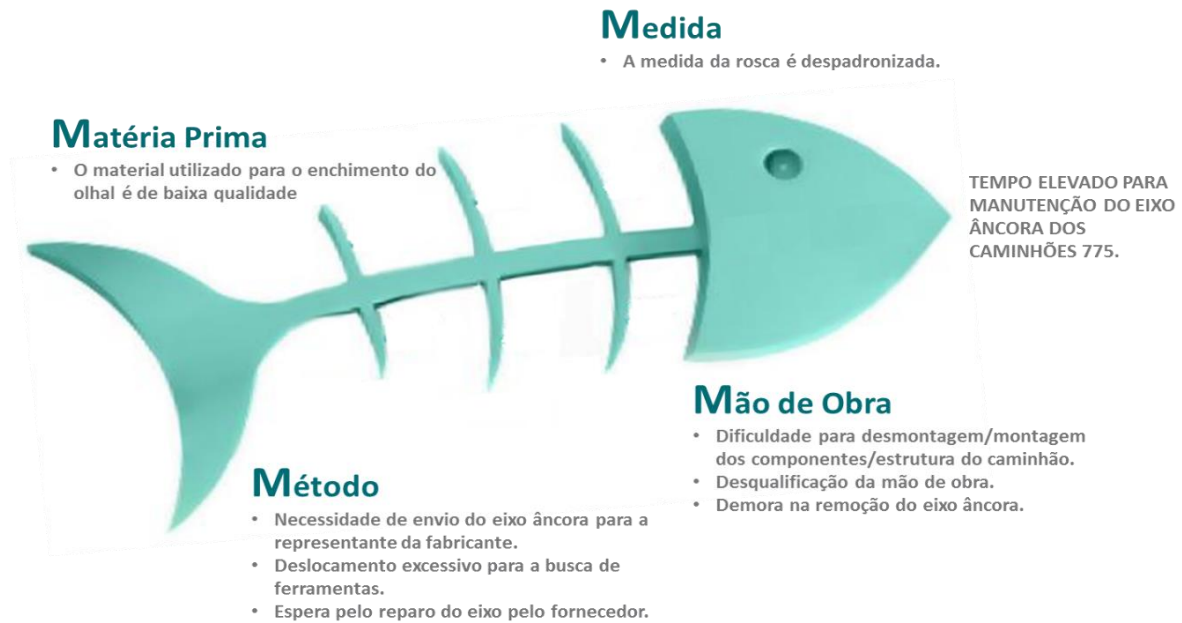
- ☐ Número elevado de desmontagem/montagem de componentes/peças para manutenção do eixo âncora.

Com a metodologia dos sete desperdícios aplicada acima conseguiu-se observar onde há a necessidade de eliminação de quatro atividades que geram desperdício, visto que são pré-requisitos para a redução de custo e otimização de recursos mais importantes para a construção de um sistema de manutenção.

A eliminação dessas quatro atividades de desperdício é crucial para o sucesso da manutenção. Elas podem diminuir a lucratividade, aumentar os custos e baixar a qualidade e, até mesmo, afetar a satisfação dos funcionários. Por esta razão, foram identificadas as quatro atividades que não agregam valor para melhorar o processo que elas aparecem.

A partir dos dados encontrados empregou-se o diagrama de causa e efeito onde é uma das ferramentas da qualidade que ajuda levantar as causas-raízes de um problema, analisando todos os fatores que envolvem a execução do processo para classificar as causas do problema.

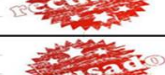
FIGURA 6: Diagrama de causa e efeito



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A partir do diagrama de causa e efeito foi analisada cada uma das possíveis causas em uma Matriz em busca de identificar quais destas causas estão impactando mais diretamente no problema assim é possível atuar de modo agressivo, consistente e eficiente sobre ele.

QUADRO 1: Matriz de Causas e Efeitos

6M	POSSÍVEIS CAUSAS	JUSTIFICATIVA	VALIDAÇÃO
Matéria prima	O material utilizado para o enchimento do olhal do eixo âncora é de baixa qualidade?	Não, o material utilizado é o material recomendado pela fabricante.	
Medida	Elevado diâmetro do olhal do eixo âncora?	Sim, devido o diâmetro do olhal do eixo âncora ser elevado dificulta a confecção da rosca do olhal.	
Método	Deslocamento excessivo para a busca de ferramentas?	Não, o deslocamento excessivo contribui com o nosso problema, mas é devido a uma falta de procedimento/padronização da atividade. Não é a causa fundamental do problema.	
	Espera pelo reparo do eixo âncora pelo fornecedor?	Não, a espera pela manutenção do eixo âncora pelo fornecedor é um fator contribuinte, mas não é a causa fundamental do nosso problema.	
	Necessidade de envio do eixo âncora para a representante da fabricante?	Sim, a necessidade de envio do eixo âncora para a representante da fabricante contribui com o nosso problema.	
Mão de Obra	Dificuldade para desmontagem/montagem dos componentes/estrutura do caminhão?	Não, o processo de desmontagem/montagem é feito conforme recomendação da fabricante.	
	Desqualificação da mão de obra?	Não, a mão de obra recebe qualificação periodicamente pela representante da fabricante.	
	Demora na remoção do eixo âncora?	Não, o tempo gasto para a remoção do eixo âncora é compatível com a atividade.	

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Com os resultados da matriz de causa e efeito, consoante a figura 4, e identificando duas possíveis causas fundamentais no método e medida, implementou-se o Teste dos Por quês no método e na medida, sendo verificada as possíveis razões para achar a causa raiz:

- ❓ Por que há a necessidade de envio do eixo âncora para o Dealer?
- ❓ Por que devido o diâmetro do olhal do eixo âncora, a rosca só pode ser confeccionada com máquinas operatrizes fixas?
- ❓ Por que não existe no mercado uma ferramenta portátil com a tecnologia capaz de abrir a rosca no olhal do eixo âncora no equipamento?

Após aplicação da técnica dos 5 Porquês, identificou-se que a causa fundamental do tempo elevado de reparo está relacionado a indisponibilidade de uma ferramenta portátil capaz de realizar a manutenção no equipamento.

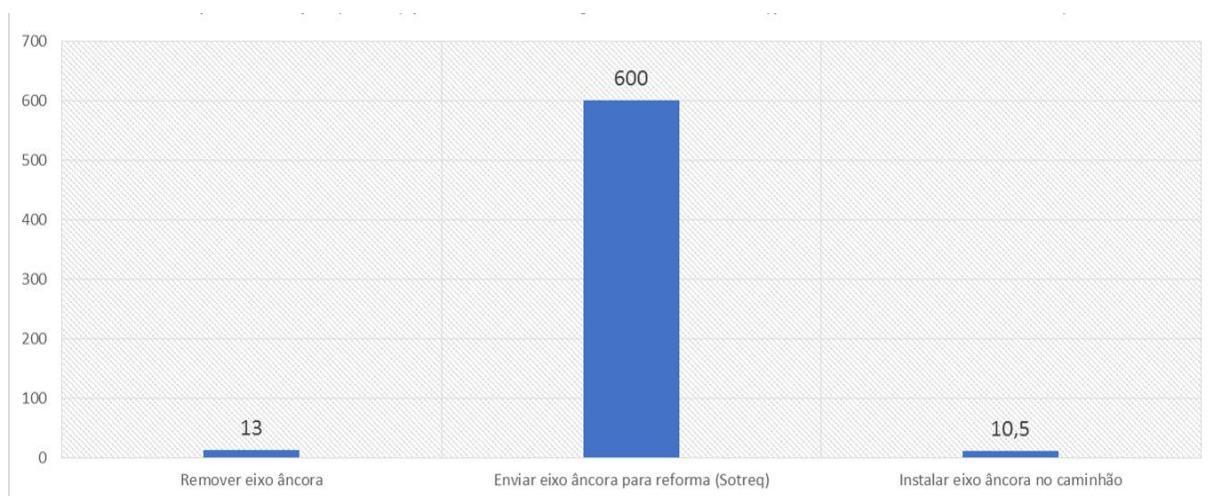
Diante da causa raiz encontrada, analisou-se as etapas de manutenção do eixo âncora, de acordo com a informação do Fabricante.

Nesta manutenção dividida em 5 passos:

- 1 Remover eixo âncora do caminhão, Caterpillar 775;
- 2 Enviar eixo âncora para o Dealer (representante da fabricante);
- 3 O Dealer executa a manutenção no eixo âncora;
- 4 Retornar com eixo âncora para a unidade;
- 5 Instalar eixo âncora no caminhão, Caterpillar 775.

A partir disso, foram verificados que entre as etapas 2, 3 e 4 há demanda de tempo de 600 horas para realizar a manutenção, onde podemos ver um tempo em horas muito elevado no contexto da manutenção deste item conforme fabricante representado na afigura 5 abaixo.

GRÁFICO 1: Etapa x Tempo(hora) de manutenção por etapa



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Diante de tal informação, observou-se que das nove atividades de manutenção realizadas pelo representante da fabricante no eixo âncora, seis atividades são somente no olhal, visualizando no quadro 2 abaixo, totalizando as 600 horas para correção onde e mantido a máquina fora de operação.

QUADRO 2: Etapas da manutenção do olhal do eixo âncora pelo fabricante

Passos	Passo a passo manutenção do eixo âncora conforme Fabricante	Subconjunto	Passos por subconjunto
1	Limpeza do eixo âncora	Estrutura	3
2	Realizar Inspeção estrutural		
3	Realizar pintura		
4	Remover porca de fixação e rolamento do eixo âncora	Olhal do eixo âncora	6
5	Realizar enchimento de solda no olhal do eixo âncora		
6	Realizar usinagem no olhal do eixo âncora		
7	Realizar abertura da rosca no olhal do eixo âncora		
8	Instalar rolamento no olhal do eixo âncora		
9	Instalar porca de fixação no olhal do eixo âncora		
Totais			9

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Frente aos estudos realizados, a solução encontrada pela execução foi realizar as manutenções internamente, com o auxílio da utilização de uma sobre bucha. No entanto, foi observado um ponto positivo e dois negativos, sendo:

Ponto positivo:

- ☒ Não ser necessário o envio do eixo âncora para a representante da fabricante.

Pontos negativos:

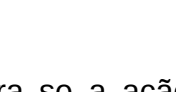
- ☒ Tempo médio para reparo (MTTR) ainda elevado para manutenção do eixo âncora (120h);
- ☒ Reincidências de manutenções do eixo âncora por não ser possível seguir o procedimento de rosca no olhal do eixo, ou seja, manutenção sem confiabilidade.

Devido a inviabilidade de realizar a manutenção utilizando a solução encontrada pela área, o grupo realizou um novo brainstorming para listar as possíveis soluções do problema.

- 1 Criar procedimentos de inspeção;
- 2 Gerar uma nova ferramenta para realizar a correção com menor tempo e menor custo;
- 3 Trocar rolamento auto alinhador e pino a cada 4000h;
- 4 Realizar reciclagem com os operadores para efetuar o carregamento com o peso adequado de trabalho do equipamento;
- 5 Fazer a reciclagem com os operadores para realizar as manutenções de pista com maior qualidade;
- 6 Trocar âncora a cada 5000h;
- 7 Substituir os bicos injetores de graxa por outros mais eficientes;
- 8 Modificar os procedimentos para verificar a folga no âncora.

A partir dos resultados encontrados na ferramenta brainstorming foi desenvolvido um teste de hipóteses para desenvolver contramedidas a fim de sanar o MTTR elevado e conseguirmos atuar de modo consistente e eficiente sobre este indicador de manutenção.

QUADRO 3: Análise de viabilidade das Ações

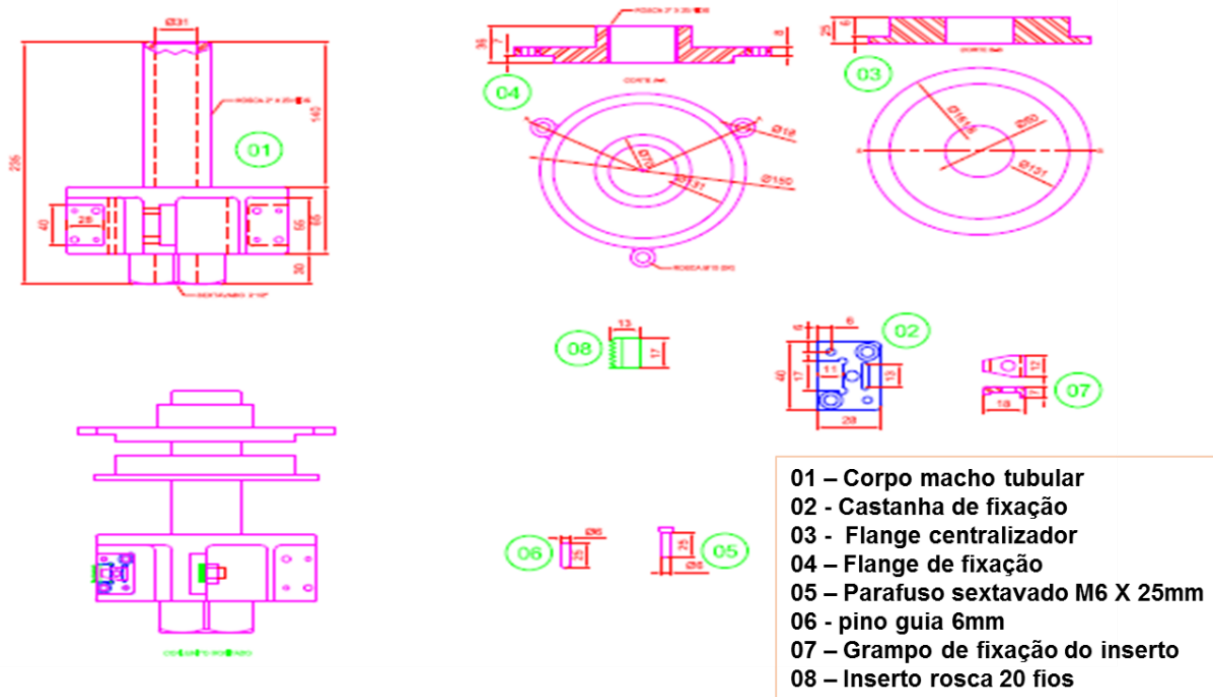
AÇÕES	JUSTIFICATIVA	VALIDAÇÃO
Substituir o eixo âncora a cada 500 horas?	Não, substituir o eixo âncora a cada 500 horas é inviável financeiramente.	
Modificar os bicos de lubrificação do olhal do eixo âncora por outros mais eficientes?	Não, os bicos utilizados atualmente são eficientes.	
Substituir rolamento auto alinhador e pino a cada 4000 horas?	Não, custo elevado para substituição dos componentes a cada 4000 horas.	
Criar novos procedimentos de inspeção?	Não, procedimento atual atende.	
Projetar/confeccionar uma ferramenta portátil capaz de confeccionar a rosca do olhal do eixo âncora?	Sim, a solução apresentada eliminaria a causa raiz do problema. Com a ferramenta não será necessário o envio do eixo âncora para a representante da fabricante.	
Realizar reciclagem com os operadores para realizar as manutenções de pista com maior qualidade?	Não, as reciclagens são realizadas periodicamente.	
Realizar reciclagem com os operadores para não ultrapassar o peso de carga limite do caminhão?	Não, as reciclagens são realizadas periodicamente.	
Modificar o procedimento para verificar a folga no olhal do eixo âncora?	Não, o procedimento atual atende.	

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

O teste de hipóteses consiste em verificar por meio de uma amostra se a ação atende aos parâmetros da manutenção, gerando ideias para realizar as contramedidas eficazes para manutenção interna, onde neste teste realizado a ação viável seria o projeto/confecção de uma ferramenta portátil capaz de confeccionar a rosca padrão no olhal do eixo âncora.

Através da ação gerada no teste de hipóteses, foi criado o croqui da Ferramenta, orçamento dos materiais com o custo de R\$8.667,23, para verificar a dureza do olhal do eixo âncora. Assim, contratamos uma empresa especializada em análises e projetos de ferramentas onde foram aplicados a metalográfica no olhal do eixo âncora e a partir deste dado conseguiu se projetar uma ferramenta compatível pela dureza do olhal, conforme desenho da ferramenta abaixo na figura 6.

FIGURA 7: Desenho Técnico da Ferramenta



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Após a fabricação da ferramenta, foram realizados testes e ajustes para o desenvolvimento técnico e construtivo da ferramenta. Os testes foram realizados em dois equipamentos para atestar a sua aplicabilidade e performance.

FIGURA 8: Ferramenta Fabricada



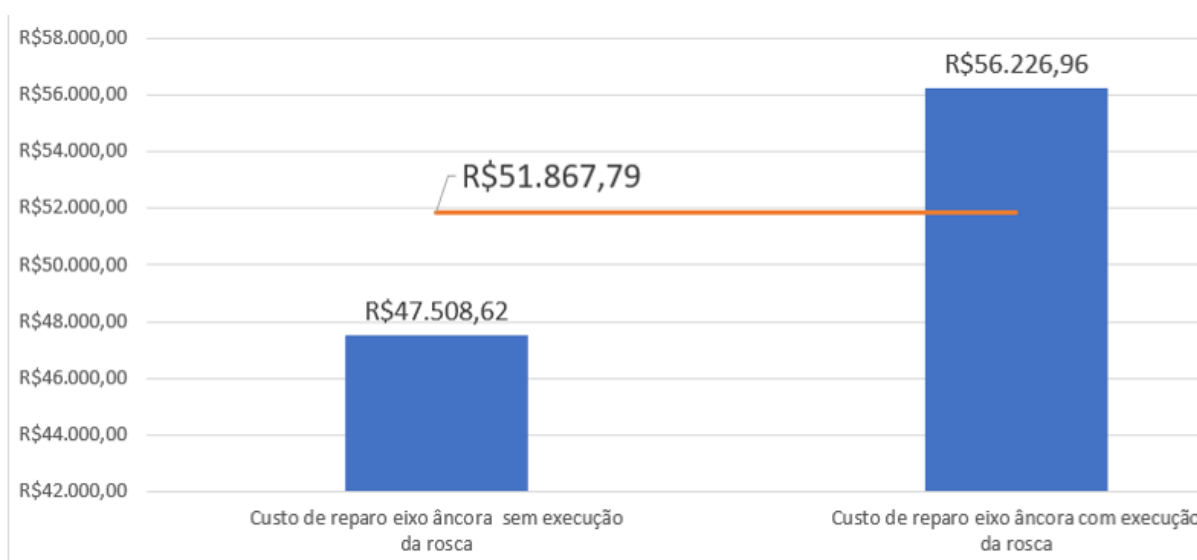
Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

4.2 Apresentação dos Resultados Gerais do Estudo

Este tópico apresenta os resultados obtidos e a importância do conhecimento do problema para a organização e diagnóstico, levando-se em consideração a relação das atividades realizadas anteriormente ao estudo, com visão de ângulos diferentes.

Tendo em vista que pode haver dois tipos de manutenção, com ou sem a execução de rosca, de acordo com o desgaste do componente retratado na figura abaixo.

GRÁFICO 2: Custo de Reparo Eixo Âncora pela Representante da Fabricante

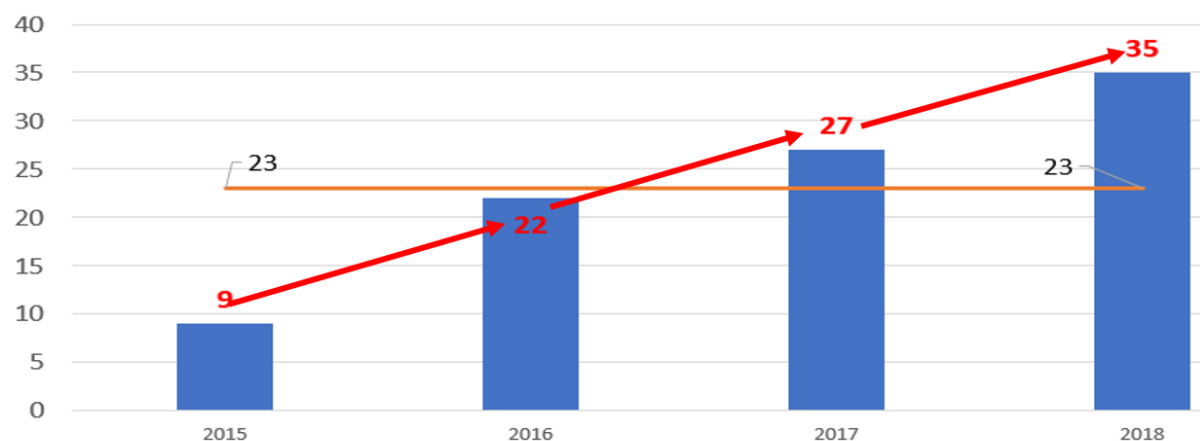


Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Após verificação dos custos de manutenção com o reparo sem a necessidade de recuperação da rosca e a manutenção com a necessidade de reparo na rosca do olhal, temos que o custo médio de reparo do eixo âncora, conforme o fabricante é de R\$51.867,79.

Observa-se o histórico de manutenção do eixo âncora pelo perfil de perdas onde por meio dele, é possível entender quais são as melhores estratégias para evitar que erros se repitam. Verificou-se que de 2015 a 2018 acumula-se 93 manutenções de eixo âncora demonstrado no gráfico 3 abaixo.

GRÁFICO 3: Histórico de falhas do eixo âncora

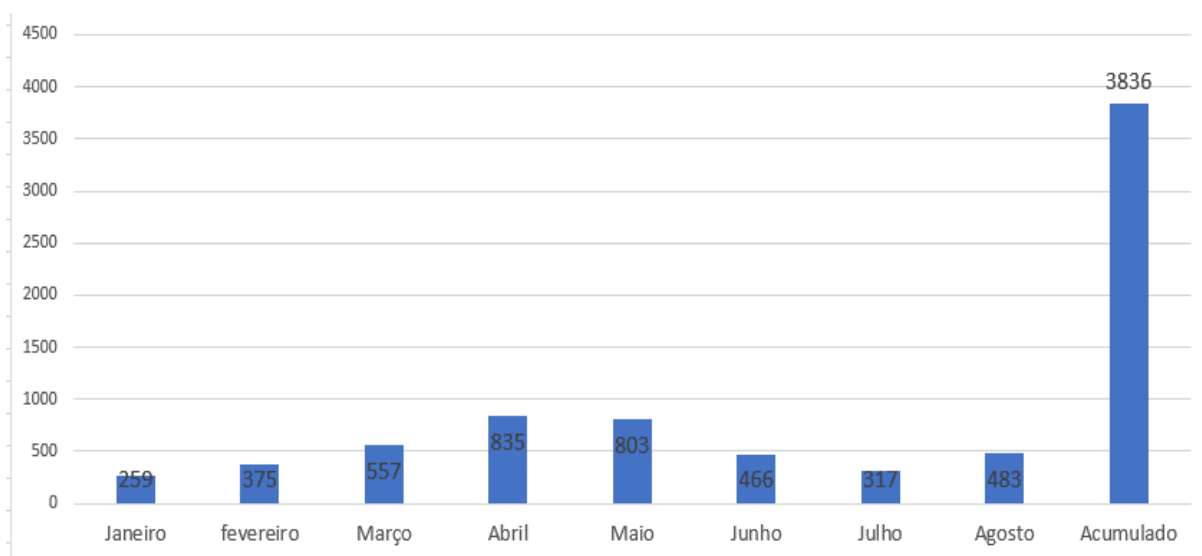


Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

De janeiro a agosto de 2018 foram realizadas trinta e cinco manutenções de eixo âncora na unidade mineradora. Salienta-se que nos meses de abril e maio há um maior número de manutenção, como consequência do período chuvoso.

As trinta e cinco manutenções em 2018, totalizaram 3.836 horas de manutenção, demonstrado no gráfico 4, considerando uma manutenção com baixa confiabilidade. Com a criação da ferramenta, o reparo do eixo âncora pode ser realizado no caminhão, sem a necessidade de removê-lo e enviar para o fabricante, Dealer.

GRÁFICO 4: Histórico do tempo(hora) gasto em manutenção do eixo âncora

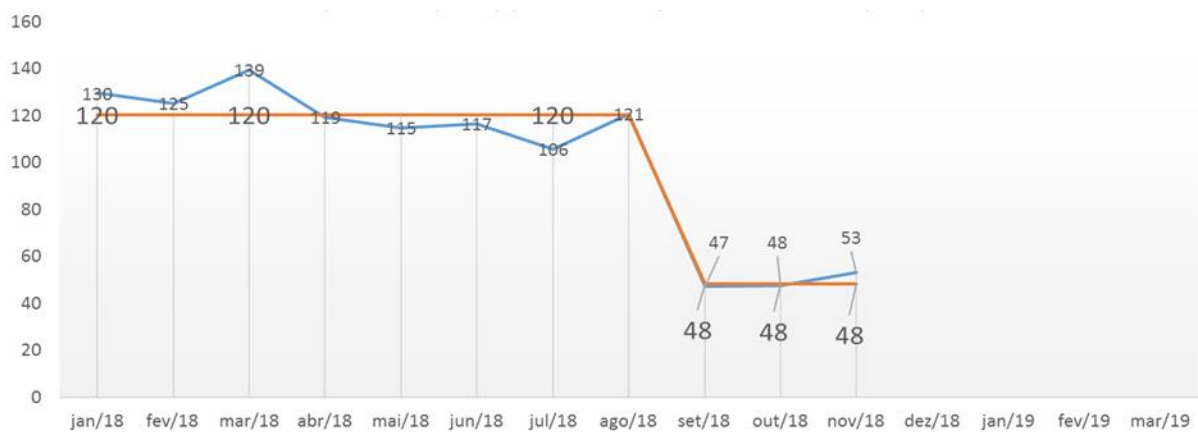


Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Conforme mostrado no gráfico acima, as 3836 horas de manutenção do eixo ancora representa grande fonte de desperdício. Esse desperdício oneram todo o sistema de gerenciamento da manutenção e contribuem para que a empresa se torne menos competitiva no mercado frente aos seus concorrentes.

Com a implantação das ferramentas da qualidade e implantação da manutenção, internamente há a redução do tempo médio para reparo de 120 horas para 48 horas, ou seja, constata-se uma redução de 60% do tempo médio para reparo (MTTR).

GRÁFICO 5: Evolução do tempo médio de reparo

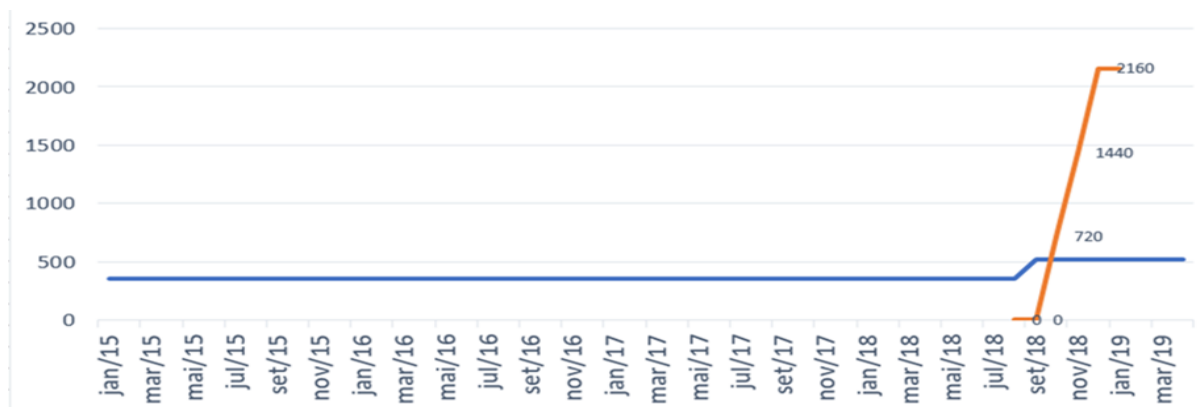


Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

No gráfico 5 expressou o ganho em mão de obra especializada quando executamos a manutenção dentro do tempo previsto com confiabilidade contando com o tempo de detecção do problema e em todo tempo envolvido até que esse ativo opere como o esperado novamente.

A partir da redução do tempo de manutenção, estabeleceu-se como meta a elevação em 47% do tempo médio entre falhas (MTBF) do eixo âncora, passando de 353 horas para 518 horas.

GRÁFICO 6: Evolução do tempo médio entre reparo



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Os caminhões que foram reparados internamente com a ferramenta e método novo estão com um MTBF acumulado de 2.160 horas. Este valor indica quando poderá ocorrer uma falha no eixo âncora reparado. Quanto maior for este índice, maior será a confiabilidade no equipamento e, consequentemente, a manutenção será avaliada em questões de eficiência.

A implantação do projeto prevê uma economia de R\$32.425,90, para cada reparo de eixo âncora. Estima-se, assim, que para o período de 12 meses com as 35 manutenções haverá uma economia de R\$1.135.000,55 com o custo de reparo.

Ao levar em consideração o novo MTTR (48 horas) e realizar uma estimativa do período de doze meses, poderá ocorrer a economia de R\$33.000,000.

QUADRO 4: Retorno financeiro

Período (8 meses)	Número de manutenções mês período de 12 meses	Número de horas para manutenção do eixo âncora	Capacidade de movimentação 775 Mar Azul (ton/hora)	Produto não movimentado (ton)	REM Médio Mar Azul	Estéril não movimentado (ton)	Minério não movimentado (ton)	Taxa de recuperação da Usina	Produto final(ton)	Preço médio minério janeiro a agosto 2018 (R\$/ton)	Perdas por MTTR
Jan. a agos. 2018	35	3836	110	421960	0,23	97050,8	324909,2	0,9	292418	R\$200,25	R\$58.556.760,57
set.2018 a set.2019	35	1680	110	184800	0,23	42504	142296	0,9	128066	R\$200,25	R\$25.645.296,60
Economia											R\$32.911.463,97

Fonte: Dados da Pesquisa (2018)

Considerações:

- ☐ Capacidade de movimentação do caminhão, Caterpillar 775 da mina = 110 ton/h;
- ☐ Relação Estério Minério (REM) = 0,23;
- ☐ Taxa de recuperação da usina= 90%,
- ☐ Preço médio do minério de ferro de janeiro a agosto de 2018=US\$ 66,75.

Com a redução de gastos conseguimos investimento em recursos para a manutenção. Por isso é preciso saber exatamente onde, quando e quanto é necessário gastar a empresa terá capacidade de vencer o mercado que é ainda mais competitivo, em tempos de crise.

O foco de reduzir o tempo médio de reparo foi alcançado e, atualmente, consegue-se realizar, internamente, as manutenções no eixo âncora, com os seguintes ganhos:

- ☐ Maior disponibilidade física;
- ☐ Segurança na operação do equipamento;
- ☐ Aumento da moral da equipe;
- ☐ Aperfeiçoamento da mão da obra;
- ☐ Maior confiabilidade

5 CONCLUSÃO

Ficou evidenciado que a utilização de uma metodologia para resolução de problemas é o melhor caminho dentro dos vários processos produtivos empresariais. As ferramentas da qualidade fazem parte do processo de implementação de programas de melhorias e a padronização de atividades vem sendo cada vez mais importante para empresas que buscam excelência em seus negócios. Com isso, as empresas ganham em credibilidade, qualidade e, conseqüentemente, isso impacta diretamente nos resultados, pois com todos os processos padronizados e corretos o tempo de entrega dos produtos será menor.

A aplicação das ferramentas da qualidade pode auxiliar na identificação de problemas, das causas e no planejamento de ações para eliminá-las através da melhoria contínua.

O objetivo proposto foi atingido, uma vez que foi identificado o problema, as causas e, assim, feitas sugestões para o aperfeiçoamento do processo de manutenção do eixo âncora, cujo tempo de espera no processo de reparo era muito alto, em média 600 horas (25 dias). A partir da implantação das sugestões, este tempo de espera reduziu-se, proporcionando um significativo ganho à organização.

Vale ressaltar que para o trabalho proposto foram utilizados recursos próprios da empresa, através do trabalho conjunto entre as equipes de manutenção e engenharia de manutenção. A solução proposta tem como base a mudança de procedimento na rotina de manutenção, que, neste caso, se mostrou adequada para obtenção de bons resultados, dispensando grandes investimentos e viabilizando o projeto.

Como recomendação à empresa, sugere-se à realização de treinamentos aos colaboradores sobre a maneira correta de efetuar a manutenção, com um sistema de gestão visual para maior rapidez na liberação e, também, no controle sobre o motivo e o responsável pela parada dos procedimentos de manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, S. N. (2006). *Elaboração do perfil de perdas*. Vitória - ES: Companhia Vale do Rio Doce.
- Antunes, J. (2008). *Sistemas de Produção - Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta*. Porto Alegre - RS: Bookman.
- Bastos, M. (2014). *Matriz GUT: Do conceito à aplicação prática*. Fonte: Portal Administração: <https://www.portal-administracao.com/2014/01/matriz-gut-conceito-e-aplicacao.html>
- Carvalho, C. P., & Senna, N. N. (2015). PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO. ESTUDO DE CASO NO MERCADO DE FARMÁCIA DE MANIPULAÇÃO. XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Fortaleza - CE: ENEGEP.
- Chiavenato, I., & Sapiro, A. (2009). *Planejamento Estratégico - Fundamentos e Aplicações - 2ª Edição*. Rio de Janeiro : Campus.
- Crato, C. (2010). *Qualidade: condição de competitividade*. Porto, Portugal: SPI - Sociedade Portuguesa de Inovação.
- Daychoum, M. (2011). *40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento*. Rio de Janeiro - RJ: Brasport.
- Fogliatto, F. S., & Ribeiro, J. L. (2009). *Confiabilidade e manutenção industrial - 1ª Edição*. Rio de Janeiro : Elsevier.
- Geremia, C. F. (2001). *Desenvolvimento de Programa de Gestão Voltado a Manutenção de Máquinas e Equipamentos e ao Melhoramento dos Processos de Manufatura Fundamentada Princípios MPT. Dissertação de Mestrado*. Porto Alegre, RS, Brasil.

Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projeto de pesquisa*. São Paulo - SP: Atlas.

Hékis, H. R., Silva, Á. d., Oliveira, I. M., & Araujo, J. P. (2013). Análise GUT e a gestão da informação para tomada de decisão em uma empresa de produtos orgânicos do Rio Grande do Norte. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, v. 34, 20-32.

Hronec, S. M. (1994). *Sinais Vitais*. São paulo - SP: Makron.

Imai, M. (1994). *KAIZEN – A ESTRATÉGIA PARA O SUCESSO COMPETITIVO - 5ª Edição*. São Paulo - SP: IMAM.

Ishikawa, K. (1989). *Introduction to Quality Control*. Tokio - Japão: Japan: Juse Press Ltda.

Kardec, A., & Nascif, J. (2009). *Manutenção: Função estratégica - 3ª Edição*. Rio de Janeiro - RJ: Qualitymark.

Kume, H. (1993). *Métodos Estatísticos para Melhoria da qualidade - 11ª Edição*. São Paulo - SP: Gente.

Longo, R. M. (Janeiro de 1996). *Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação. Texto para discussão, Nº 397*. Brasília, DF, Brasil: IPAE.

Lopes, E. M., & Galvão, A. M. (2001). *História da Educação*. Rio de Janeiro - RJ: DPEA.

Lopes, J. R. (2010). *Viabilização técnica e econômica da lavra contínua de minério de ferro com o uso de sistema de britagem móvel in pit auto propelido. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral*. Ouro Preto , MG, Brasil: Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.

- Marques, A. d. (2005). *Integração normativa na gestão da qualidade: um estudo de caso - Dissertações de mestrado*. Fonte: Universidade de Aveiro: <https://ria.ua.pt/handle/10773/4607>
- Meireles, M. (2001). *Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: Organizações com foco no cliente*. São Paulo - SP: Arte e Ciência.
- METRI, A. B. (2006). Disaster mitigation framework for India using quality circle approach, v.15, n.4, p.621-635. Gurgaon, India: Disaster Prevention and Management.
- Miguel, P. A. (2001). *Qualidade: Enfoques e Ferramentas*. São Paulo - SP: Artliber.
- Miranda, L. C., Meira, J. M., & Wanderley, C. d. (1999). Garimpendo na imprensa especializada: uma metodologia alternativa para a coleta de indicadores de desempenho gerencial. Portugal : IN: Congresso Internacional de Custos, VI. Anais.
- Pinto, F. (2004). Qualidade total em nossas vidas. *Revista Pretexto* - V.5, n.2, 31-36.
- Pongeluppe, P. C. (2002). Modelo de indicadores de desempenho para micro e pequena agroindústria: Multi-caso de laticínio. *Dissertação (Mestrado)*. São Carlos, SP, Brasil: Universidade Federal de São Carlos.
- Robinson, A. G., & Schroeder, D. M. (1992). Detecting and eliminating invisible waste. *Production and Inventory Management Journal*. Vol.33, n.4, p.37-42. Alexandria: Production and Inventory Management Journal.
- Santiago, A. M. (2017). O CONTEXTO DO MINÉRIO DE FERRO NO BRASIL. ESTUDO DE CASO: PRODUÇÃO DA MINA PONTO VERDE – ITABIRITO/BRASIL. *Monografia*. Ouro Preto, MG, Brasil: Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas.

SEBRAE. (2005). Manual de ferramentas da qualidade. SEBRAE.

Shingo, S. (1996). *Sistema Toyota de Produção com estoque zero: O sistema Shingo para melhorias contínuas*. Porto Alegre - RS: Bookmam.

Silva, V. C. (2009). Carregamento e transporte de rochas . Ouro Preto, MG, Brasil: Escola de Minas da Universidade de Ouro Preto.

Teixeira, I. S., Teixeira, R. C., & Fonseca, E. A. (6-8 de Outubro de 2006). Comprometimento social das empresas uma questão de ética empresarial. *XIII SIMPEP*.

Vergara, S. H. (2005). *Projetos e Relatórios de Pesquisa científica em Administração - 6ª Edição*. São Paulo - SP: Atlas.

VOLPATO, E. D. (mar./abr. de 2000). Pesquisa bibliográfica em ciências biomédicas. *PÓS-GRADUAÇÃO*. São Paulo , SP, Brasil: Jornal de Pneumologia - V.26, n.2, p.77-80.

Werkema, M. C. (1995). *As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos - Vol 1*. Belo Horizonte - MG: Qfco.