



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ANDRÉ LUIZ ARCIERI BARBOSA

**OTIMIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA
DE TRAÇÃO DO TRANSPORTADOR DE MINÉRIOS
ATRAVÉS DE FMEA: Estudo de Caso em uma Mineradora**

**Aracaju - Se
2012.1**

ANDRÉ LUIZ ARCIERI BARBOSA

**OTIMIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA
DE TRAÇÃO DO TRANSPORTADOR DE MINÉRIOS
ATRAVÉS DE FMEA: Estudo de Caso em uma Mineradora**

**Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Engenharia de Produção da
Faculdade de Administração e Negócio de
Sergipe - FANESE, como Requisito para
obtenção de grau de bacharel em Engenharia
de Produção, no período de 2012.1**

**Orientador: Prof. M.Cs. André Maciel P.
Gabillau**

**Coordenador: Prof. Dr. Jefferson Arlen
Freitas**

**Aracaju – SE
2012.1**

ANDRÉ LUIZ ARCIERI BARBOSA

**OTIMIZAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA
DE TRAÇÃO DO TRANSPORTADOR DE MINÉRIOS
ATRAVÉS DE FMEA: Estudo de Caso em uma Mineradora**

Monografia apresentada à Banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócio de Sergipe - FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção no período de 2012.1

Prof. MSc. André Maciel P. Gabillau
Orientador

Prof. Esp. Kleber Andrade Souza
Examinador

Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza
Examinador

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2012.

Dedico este trabalho aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela vida, pela presença nos momentos de felicidade e de provação, pela força e coragem para transpor as dificuldades colocadas durante a escolada para o alcance de um objetivo.

Às duas mulheres mais importantes da minha vida, Jeane e Mariana a que tanto amo, que sempre estiveram ao meu lado me incentivando perante as barreiras que apareciam no árduo caminho da minha vida, principalmente, nas de maior dificuldade.

Ao meu pai, Gilberto Melo Barbosa (in memória), a minha mãe, Ana Maria Menezes Arcieri, que intercederam e sempre vão interceder, por mim perante o Deus iluminado o meu caminho.

Ao meu orientador, André Gabillaud, pelo apoio e dedicação dispensados.

Nunca imites ninguém. Que a tua produção seja como um novo fenómeno da natureza.

Leonardo da Vinci

RESUMO

Homens e máquinas tem estreita relação desde o início da história humana. Os primeiros registros de manutenção corretivas podem ser identificados ainda na pré história. Ocorre que, a civilização humana evoluiu muito através dos tempos, principalmente, nas últimas décadas com a informatização das informações e abertura dos mercados em razão da globalização. A manutenção não fugiu deste contexto, revelando-se muito útil como estratégia de produção para o aumento de ganhos, redução de paradas e maximização da qualidade de produtos e serviços ofertados no atual mercado competitivo. A manutenção corretiva, deu lugar a técnicas mais avançadas como preventivas e preditivas. No entanto, independente da técnica a ser empregada, a organização e planejamento das atividades de manutenção, assim como o plano de manutenção em si, devem ser reiteradamente avaliados e otimizados, a fim de se atender às expectativas da empresa e às necessidades dos equipamentos. Este pesquisa tem o objetivo de otimizar o plano de manutenção dos sistema de tração do Shuttle car de uma mineradora, a fim de se reduzir as intervenções corretivas registradas em 2011. Com efeito, através de metodologia, descritiva e explicativa, este estudo identificou as causas de manutenção corretivas em questão, indicando modos de falhas, causas e efeitos em FMEA preparadas para realizar a avaliação de índices de riscos de falhas, apontando-se a necessidade de revisão do plano de manutenção adotado pela empresa em estudo como solução adequado para os principais modos de falhas. Ao fim desta pesquisa, foi possível realizar tal otimização, ampliando-se o plano de manutenção do sistema de tração, que passou a abranger todos os componentes existentes no mesmo.

Palavras-chave: Plano de manutenção, FMEA, Transportador Contínuo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 –Evolução histórica da manutenção	20
Figura 02 – Classificação da manutenção	21
Figura 03 – Modelo de rota de inspeção	26
Figura 04 – Classificação das falhas	28
Figura 05 – Modelo de FMEA.....	31
Figura 06 – Escala de severidade	33
Figura 07 – Escala de ocorrência.....	34
Figura 08 – Escala de detecção	34
Figura 09 – Modelo de diagrama de Ishikawa.....	36
Figura 10 – Modelo de gráfico de Pareto.....	37
Figura 11 – Operações de beneficiamento de silvinita	38
Figura 12 – Componentes do sistema de tração	40
Figura 13 – Motor elétrico do sistema de tração	41
Figura 14 – Cubos de rodas do sistema de tração.....	42
Figura 15 – Redutor do sistema de tração	42
Figura 16 – Cardans do sistema de tração.....	43
Figura 17 – Sistemas do Shuttle Car	47
Figura 18 – Componentes do sistema de tração do shuttle car.....	50
Figura 19 – Diagrama de Ishikawa das causas de quebra de cunho de roda	54
Figura 20 – FMEA do componente cubo de roda	55
Figura 21 – Diagrama de Ishikawa das causas de quebra do Cardan	57
Figura 22 – FMEA do componente Cardan	58
Figura 23 – Diagrama de Ishikawa das causas de problemas nas rodas.....	59
Figura 24 – Diagrama de Ishikawa das causas de quebra de motor elétrico.....	60
Figura 25 – FMEA do componente motor elétrico.....	61
Figura 26 – Diagrama de Ishikawa das causas de quebra do redutor de Tração.....	62
Figura 27 – FMEA do componente redutor de tração	63
Figura 28 – Plano de manutenção para o sistema de tração do shuttle car adotado pela empresa.....	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Intervenções corretivas em função dos sistemas do equipamento	48
Gráfico 02 – Intervenções corretivas em função dos tipos de modos de falha.	49
Gráfico 03 – Tipos de modos de falhas em função do sistema de tração	50
Gráfico 04 – Ocorrências em função dos componentes da tração.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Fatores determinantes para criticidade de equipamentos	30
Quadro 02 – Avaliação dos índices de severidade adotados pela empresa em estudo	52
Quadro 03 – Avaliação dos índices de ocorrências adotados pela empresa em estudo	52
Quadro 04 – Avaliação dos índices de detecção adotados pela empresa em estudo.....	53
Quadro 05 – Causas prováveis para modos de falhas do cubo de roda.....	54
Quadro 06 – Causas para modos de falhas da Cardan.....	57
Quadro 07 – Causas prováveis para modos de falhas da roda.....	59
Quadro 08 – Causas prováveis para modos de falhas do motor elétrico	60
Quadro 09 – Causas prováveis para modos de falhas do redutor de tração.....	62

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE QUADROS.....	x
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Situação-Problema.....	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa.....	15
1.4 Caracterização da Empresa.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 Manutenção: Uma Visão Geral.....	17
2.2 História de Manutenção	19
2.3 Tipos de Manutenção.....	21
2.3.1 Manutenção corretiva	22
2.3.2 Manutenção preventiva.....	23
2.3.3 Manutenção preditiva.....	24
2.4 Plano de Manutenção.....	25
2.5 Confiabilidade.....	27
2.6 Disponibilidade.....	29
2.7 Criticidade.....	30
2.8 FMEA	31
2.8.1 Modos de falhas e efeitos.....	32
2.8.2 Severidade, ocorrência e detecção.....	33
2.9 Outras Ferramentas de Suporte a Confiabilidade	35
2.9.1 Diagrama de Ishikawa.....	35
2.9.2 Gráfico de Pareto	36
2.10 Beneficiamento de Silvinita.....	37
2.10.1 Transportador de minérios.....	39
3 METODOLOGIA	44
3.1 Método.....	44
3.2 Universo e Amostra	45
3.3 Coleta e Análise de Dados.....	45
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	47
4.1 Apresentação do Caso.....	47
4.2 Análise de Modos de falhas e seus Efeitos	51

4.2.1 Cubo de roda	53
4.2.2 Cardan	56
4.2.3 Roda	58
4.2.4 Motor elétrico.....	60
4.2.5 Redutor de tração.....	62
4.3 Avaliação do Plano de Manutenção Atual.....	64
4.4 Elaboração de um Novo Plano de Manutenção.....	65
5 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	67
ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

Desde que o homem viu a necessidade de adaptar e consertar suas ferramentas de caça e pesca, a manutenção faz parte da vida cotidiana da humanidade. Observa-se, no entanto, que somente na idade média, com sua aplicação pelos artesãos nas primeiras linhas de produção, foi que a manutenção começou a ser identificada como necessária para a produtividade.

Após a Revolução Industrial, a manutenção recebe status de técnica aplicada em equipamentos para determinar a continuidade da produção. Era a manutenção corretiva ocorrida somente depois da quebra dos equipamentos. Ocorre que, após a Segunda Guerra Mundial houve intenso aquecimento do comércio, pois a transferência de riquezas promoveu aumento do consumo e, conseqüentemente, a necessidade no aumento da produtividade.

O mercado ficou, ainda mais competitivo com o surgimento de novas empresas. A parada de equipamentos por quebra passou a ser vista como prejuízo da produção, fazendo nascer as primeiras vertentes da manutenção preventiva.

Anos depois, com a abertura do mercado em razão da globalização, a competição empresarial ficou ainda mais acirrada. Em algumas situações, mesmo a preventiva se mostrava inadequada, vez que a importância do equipamento para o sistema produtivo era determinante para o desenvolvimento da produção, tornando inconveniente qualquer parada. Diante da necessidade de manter em operação fez nascer as técnicas de manutenção preditiva.

Neste mesmo contexto, surgiram metodologias de gestão que visavam maximizar a produtividade e qualidade de produtos e serviços, reduzindo-se custos. Para tanto, observa-se a necessidade de analisar falhas nos sistemas e produtos, a fim de otimizá-los. Em meio às inúmeras ferramentas existentes, a FMEA (Análise de Modos de Falhas e Efeitos) apareceu como meio de analisar causas, efeitos e métodos de controle de sistema, para cada uma de suas funções.

1.1 Situação Problema

A empresa em estudo possui enorme gama de equipamentos a serem

manutenidos, aplicando-se, para tanto, inúmeras técnicas de manutenção conforme a importância do mesmo para o processo produtivo. Desta forma, a Vale apresenta uma variável em seu portfólio de manutenções, podendo ser utilizadas preventivas, preditivas e, em casos raros, corretivas em seus equipamentos.

Ocorre que, em meados do segundo semestre de 2011 foram identificadas inúmeras ocorrências de intervenções corretivas em transportadores de minérios, mesmo diante da aplicação do elaborado plano de manutenção preventiva.

A aplicação de corretivas traz transtornos para a produção, reduzindo a produtividade e aumentando custos, fatores considerados negativos para a gestão de qualquer setor. Para solucionar tais problemas surge a oportunidade de aplicar uma ferramenta que identifique os modos de falhas do processo de manutenção, suas causas e efeitos, apontando-se, enfim, medidas capazes de bloquear tais falhas e otimizar o processo em questão.

Todos estes aspectos podem ser abrangidos pela utilização da FMEA, que irá determinar a grau de risco da ocorrência da falha, determinado as medidas que devem ser tomadas com maior urgência.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Otimizar o plano de manutenção do sistema de tração dos transportadores shuttle car de uma mineradora através de dados extraídos da FMEA

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar falhas e efeitos das ocorrências de manutenção no sistema de tração em estudo, através de FMEA;
- Avaliar o plano de manutenção do sistema de tração de transportadores contínuos de empresa em análise
- Elaborar novo plano de manutenção para o sistema de tração dos

transportadores contínuos da empresa.

1.3 Justificativa

A realização desta pesquisa encontra justificativa na contribuição prática e científica que o uso da FMEA para otimização de planos de manutenção preventiva pode trazer tanto para acadêmicos da área quanto para empresas que tem registrado aumento de custos com a manutenção em razão de falhas em seu processo de atuação.

Para tanto, a FMEA é uma ferramenta de gestão amplamente utilizada para a análise de falhas e suas consequências. Seu estudo permite a realização de atividades relacionadas a gestão dos mais diversos setores de uma empresa, podendo ser empregada para a redução de custos e otimização de um processo.

1.4 Caracterização da Empresa

A Vale, líder mundial na produção e comercialização de ferro e pelotas, é proprietária de uma das maiores reservas de níquel do planeta, possuindo um amplo portfólio de produtos minerais, tais como: cobre, carvão, bauxita, alumina, alumínio, potássio, caulim, manganês, ferro.

A empresa está presente em 13 Estados brasileiros e em 38 países, nos cinco continentes, possui mais de 126 mil empregados entre próprios e terceirizados. Realiza, ainda, trabalhos em quatro frentes de atuação, quais sejam: mineração, siderurgia, logística e geração de energia elétrica, interessando a este trabalho a primeira delas.

Atualmente, é a segunda maior mineradora do mundo, com a missão de transformar recursos minerais em riqueza e desenvolvimento sustentável, realizando a gestão ambiental e de resíduos. A empresa percebendo imenso potencial de agronegócio no Brasil e no mundo atua fluentemente na área de fertilizantes com a produção de potássio em Sergipe, na Unidade Operacional Taquari Vassouras - UOTV.

É na UOTV que se realiza o beneficiamento da Silvinita. Este agronegócio

promove a extração de cloreto de potássio para a fabricação de fertilizantes e do beneficiamento da silvinita.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo constarão conceitos e esclarecimentos a cerca de termos e definições relacionados com o tema desta pesquisa.

2.1 Manutenção: Uma Visão Geral

Atualmente, o conceito de manutenção possui diversas dimensões, apresentando-se ora como tarefa ora como processo. Vale ressaltar que o produto final da manutenção é evitar falhas ou saná-las, constituindo, em razão disso, fator importante para a produção de uma empresa.

Segundo Souza (2009, p. 20), a manutenção é a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

A manutenção esta diretamente relacionada com o termo manutenibilidade. A manutenibilidade é o parâmetro que vai determinar a capacidade ou o grau de facilidade com que o equipamento pode ser mantenido. Ela pode ser definida como a “probabilidade de reestabelece as condições de funcionamento normal de um equipamento em um determinado lapso temporal, através de condições e meios específicos (VALE, 2002, p. 141).

Assim, a manutenção deve ser realizada através da associação de técnicas de manutenção e metodologias de aplicação da mesma, tendo como um dos parâmetros a manutenibilidade dos mesmos.

A visão geral da manutenção pode ser iniciada por sua missão, que é gerir todos os equipamentos, garantindo sua disponibilidade, confiabilidade e dando parâmetros para custos. Ressalta-se, que a mesma deve atender o programa da empresa em que vai ser aplicada, pautando-se pela segurança operacional e preservação da natureza (VALE, 2002, p. 23).

Coadunando com este pensamento, Kardec, Nascif e Baroni (2002, p. 23) mencionam que a missão moderna da manutenção é :

Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

Essa missão é a determinante para o estabelecimento dos objetivos da manutenção nos parques industriais brasileiros. Assim, de acordo com Souza (2009, p. 22), os objetivos da manutenção estão relacionados com a promoção de melhoria na produção, redução dos tempos de parada, garantia de segurança na operação, maximização da vida útil do equipamento, entre outros.

Siqueira (2005, p. 122) é mais conciso, apontando como objetivos da manutenção “prevenir modos de falhas; reduzir a taxa de deterioração; detectar a evolução de falhas; descobrir falhas ocultas; suprir necessidades e consumíveis do processo; e, reparar o item após a falha”.

Para Tavares (2005, p. 23), os objetivos da manutenção são mais complexos. A manutenção, assim, deve racionalizar custos em razão do alto grau de competitividade e sofisticação na prestação de serviços de todas as naturezas. A fim de se manter neste mercado competitivo, a gestão de setores, inclusive de manutenção, deve se pautar pela redução racional de custos.

Ainda como objetivo, este autor indica a melhoria da mantenedibilidade, ou seja, facilitar a aplicação de si própria a fim de reduzir as intervenções, sendo realizada de forma otimizada. A manutenção também tem como objetivo aumentar a disponibilidade dos equipamentos, observando-se índices como TMEF (Tempo médio entre falhas) e TMPP (tempo médio para preventivas); maximizar a economia nos processos, reduzindo ou eliminando investimentos em itens não estratégicos (TAVARES, 2005, p. 24 – 25).

Baseadas nestes objetivos, as atividades da manutenção são muito amplas. De acordo com Siqueira (2005, p. 123) as atividades da manutenção pode ser programada e não programadas. No primeiro caso, são executadas em intervalos pré-determinados e, no segundo, somente são executadas quando há a ocorrência de falhas funcionais.

De acordo com Siqueira (2005, 2005, p. 123), as atividades programadas podem ser direcionadas pelo tempo (com datas ou ciclos limites de operação, geralmente utilizados para desgastes progressivos), por condição (quando recomendadas para modos de falhas observáveis e evolutivas), por falhas (visa

evidenciar a existência da falha e prevenir sua evolução), e, para operação (tem a finalidade de abranger todo o processo de combustíveis e lubrificantes para preservar o equipamento).

Ainda conforme Siqueira (2005, p. 123-124), as atividades não programadas podem ser para correção de falhas e para correção de defeitos. No primeiro caso, ocorre após uma falha, com o intuito de restaurar, substituir ou recuperar a capacidade funcional do equipamento. No segundo caso, a manutenção ocorre quando se identifica um estado de deterioração visando corrigir o defeito, antes que ocorra a falha.

Observada a diversidade da manutenção, são inúmeras as técnicas utilizadas atualmente para a sua realização, sendo as principais: corretivas, preventivas e preditivas.

2.2 História da Manutenção

Com a Revolução Industrial do século XVIII a sociedade iniciou o processo de desenvolvimento que ampliou sua capacidade de produção. Durante todo o século XIX, as tecnologias foram se desenvolvendo de forma intensa, culminando na revolução tecnológica do século XX, que mudou o modo de viver da sociedade. Por volta de 1900 surgiram as primeiras técnicas de planejamento de serviço (VIANA, 2002, p. 01).

Segundo Souza (2009, p. 21), até 1914 as empresas não tinham departamentos de manutenção, razão pela qual as falhas dos equipamentos eram solucionadas pelo próprio operador. De 1914 a 1930 apareceram as primeiras ações desenvolvidas por profissionais qualificados, fazendo aparecer a manutenção corretiva.

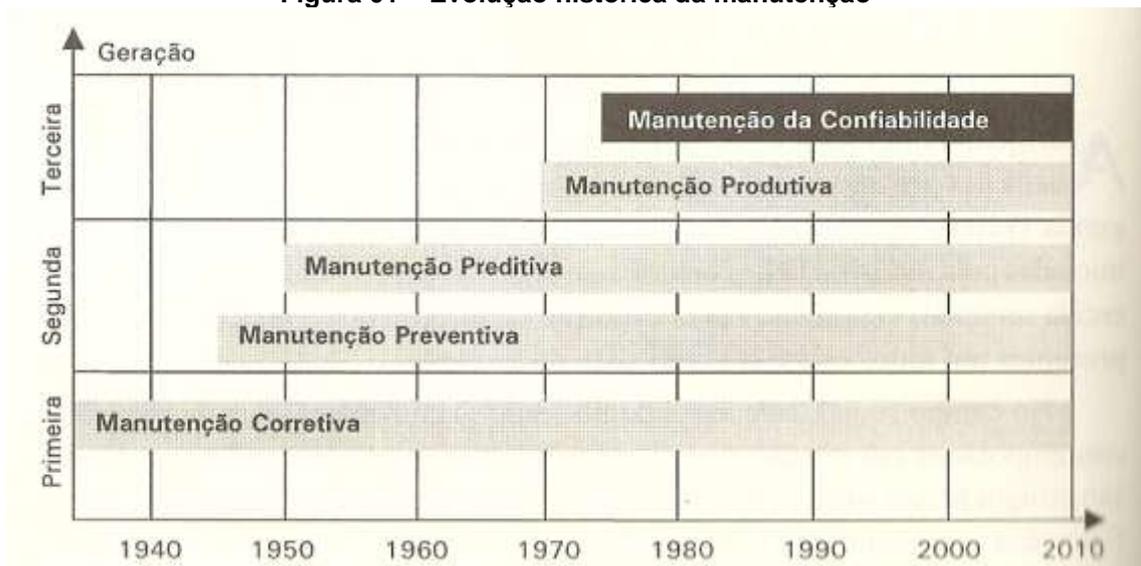
De acordo com Siqueira (2005, p. 04), a história da manutenção pode ser dividida em três gerações, denominadas, respectivamente, como de mecanização, industrialização e automatização, como mostra a Figura 01.

Ainda conforme lições de Siqueira (2005, p. 04), a primeira geração se estendeu de 1940 a 1950, até o final da segunda guerra mundial. Este período é determinado pela mecanização da indústria, se verificando a incidência de manutenção corretiva. Observa-se que final da década de 40, são apontadas as

primeiras técnicas preventivas, limitando-se, no entanto, à limpeza e lubrificação de máquinas.

É nesta fase que surge os primeiros indícios da engenharia de manutenção com nível de departamento, sendo subordinada, no entanto, a uma gerencia de manutenção. Surge, também, a formação de históricos técnicos e econômicos dos equipamentos (SOUZA, 2009, p. 21).

Figura 01 – Evolução histórica da manutenção



Fonte: Siqueira (2005)

A segunda geração, surgida logo após a Segunda Guerra Mundial, vai da década de 50 até 1975. Esta etapa é reconhecida pela industrialização, como resultado da disseminação das linhas de produção contínua, o que gerou aumento do consumo e da necessidade de otimização da produtividade e qualidade dos produtos e serviços (SIQUEIRA, 2005, p. 05).

O órgão de engenharia de manutenção assume posição mais destacada no departamento de manutenção, desenvolvendo seus próprios controles e processos de análise dos resultados visando a redução de custos. No início da década de 70, houve modernização destes meios de controle, sendo realizados através de computadores que auxiliam na gerência da manutenção (SOUZA, 2009, p. 21).

De acordo com Siqueira (2005, p. 05), a terceira geração se deu a partir de 1975 advindo da incapacidade técnica para dirimir problemas dos equipamentos automatizados. Em razão do aumento do consumo, houve a evidente necessidade de aumentar a produtividade, levando a automação dos processos produtivos.

Assim, requisitos como disponibilidade, confiabilidade e melhora na qualidade passaram a novo patamar, gerando condições para a manutenção centrada na confiabilidade.

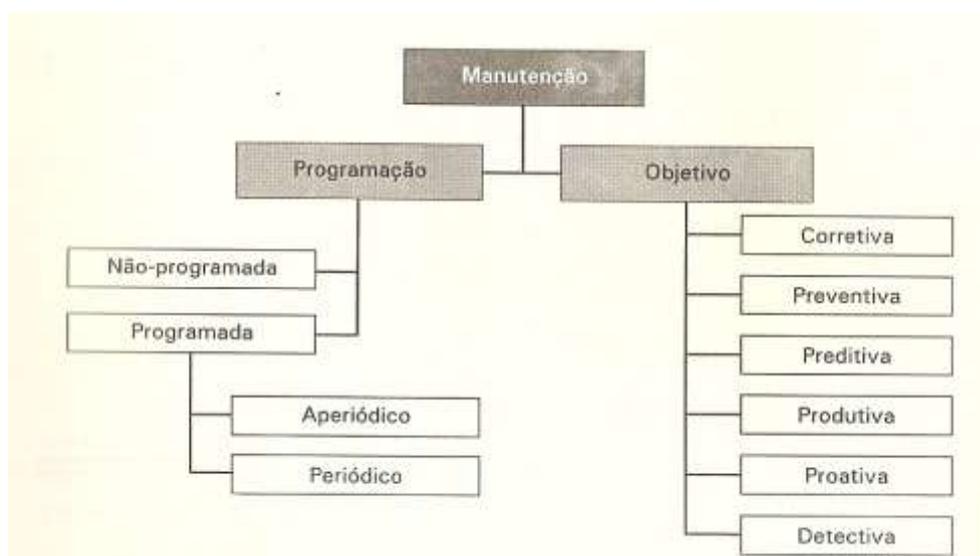
A velocidade de informações iniciada na década de 80 e popularizada nos anos 90, deu destaque à engenharia de manutenção como ferramenta de organização. A qualidade e a produtividade vistas como elementos organizacionais fez com que o departamento de manutenção, a partir de 1990, acumulasse técnicas operacionais, conceituais e administrativas (SOUZA, 2009, p. 22).

Assim, é evidente que a evolução histórica está relacionada com o desenvolvimento econômico e tecnológico da civilização humana. Observa-se, ainda, que a manutenção compreende, atualmente, o planejamento e a administração dos recursos inerentes a área, visando melhora na qualidade e na produtividade e redução de custos.

2.3 Tipos de Manutenção

A classificação da manutenção pode ser bem diversificada. Como pode ser observado na Figura 02, a manutenção pode ser classificada de acordo com a programação ou objetivos.

Figura 02 – Classificação da manutenção



Fonte: Siqueira (2005)

Assim, quanto á programação ela pode ser programada ou não

programada, obedecendo-se, desta forma, a critérios de tempo e condições pré-definidas ou a executadas em função da necessidade. Quanto aos objetivos, a manutenção pode ser corretiva (correção de falhas que já ocorreram), preventiva (prevê e evita condições de falhas), preditiva (prevê e antecipa a falha medindo parâmetros evolutivos), produtiva (garante a melhor utilização e produtividade do equipamento), proativa (otimiza o processo) e detectiva, que identifica falhas que já tenham ocorrido, mas que não foram percebidas (SIQUEIRA, 2005, p. 12).

A esta pesquisa, no entanto, somente as três primeiras classificações serão estudadas de forma mais detalhada.

2.3.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva foi a primeira manutenção a ser realizadas em equipamentos de processos produtivos, se verificando desde o tempo dos artesãos. Sua intervenção deve ser imediata para que se evite consequências mais graves para os instrumentos da produção, para a segurança do colaborador ou para o meio ambiente (VIANA, 2002, p. 10).

De acordo com Branco Filho (2000, p. 83), a manutenção corretiva é a “efetuada após a ocorrência de uma pane, sendo destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Para Nascif e Dorigo (2009, p. 141), ela também visa corrigir o desempenho menor que o esperado, podendo ser planejada ou não planejada. A manutenção é planejada quando uma situação é detectada por técnicas proativas, como inspeções, sendo fruto de um diagnóstico que orientou seu planejamento. Quando não planejadas, a correção é sempre mais cara e insegura.

Com efeito, a manutenção corretiva planejada é efetuada logo após a constatação de uma falha ou anomalia que ainda não afeta a operação, mas que pode provocar danos posteriores. Já a corretiva não planejada é emergencial, podendo ocorrer mesmo quando da aplicação de outras técnicas de manutenção. Ressalta-se, ainda, que cabe à manutenção corretiva a geração de informações para análise de desempenho, de repetitividade de falhas e outros parâmetros para que se reduza o volume de intervenções (SOUZA, 2009, p. 17-24).

Observe-se, no entanto, que a aplicação de manutenção corretiva, em

razão dos gastos inerentes a suas intervenções, pode não ser a melhor opção para empresas que almejem a sobrevivência no mercado competitivo.

2.3.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva surgiu no início da aplicação de planejamento estratégico nos diversos setores que compõe uma organização.

Para Souza (2009, p. 25), a manutenção preventiva tem como objetivo a prevenção de ocorrência de uma falha ou de uma parada do equipamento, devendo ser sempre planejada e prevista. Seguindo estes parâmetros, a manutenção preventiva vai: reduzir o envelhecimento dos equipamentos; melhorar o estado técnico operacional do mesmo; reduzir riscos de quebras emergenciais e de paradas desnecessárias; programar os trabalhos de conservação, entre outros.

Coadunando com tais objetivos, Nascif e Dorigo (2009, p. 142) definem manutenção preventiva como:

A atuação realizada de forma a reduzir ou evitar falhas ou a queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo, quilometragem, ciclo de produção, número de batidas, etc, ou conhecimento da vida esperado do equipamento ou instalação.

Esta definição divide a manutenção preventiva em: preventiva por estado (efetuada em razão da detecção de variação da condição operativa do equipamento, devido a necessidade de reparos); por tempo ou sistemática (quando é realizada levando-se em consideração parâmetros pré determinados como tempo, quilômetros, etc) (BRANCO FILHO, 2000, p. 86-87).

De acordo com Souza (2009, p. 26 – 33), as atividades da manutenção preventiva podem ser realizadas diariamente, semanalmente, quinzenalmente, mensalmente, e outros lapsos de tempo pré determinados. Estas atividades estão divididas em cinco partes, que são: inspeções (que é a verificação periódica dos itens listados em plano de manutenção), lubrificação dos equipamentos e componentes (que leva em condições as determinações dos fabricantes, tanto para a sua realização quanto para a seleção do lubrificante a ser utilizado); calibrações, regulagens, verificações e ajustes dos instrumentos do processo; limpeza; e, troca periódica dos componentes do equipamento.

2.3.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva ou condicionada surgiu na década de 70 como meio de evolução da manutenção preventiva sistemática. Ela é dedicada a indicar as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam sobre seu desgaste ou degradação (SOUZA, 2009, p. 38).

Antes de qualquer consideração a ser feita a cerca da manutenção preditiva, é importante salientar que sua adoção exige uma organização rígida da empresa, principalmente em relação a coordenação e execução de reparos que objetivam eliminar pequenas irregularidades (NEPOMUCENO, 2002, p. 254).

De acordo com Nascif e Dorigo (2009, p. 144), a manutenção preditiva é “a atuação realizada com base em modificações de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática”.

Diante deste conceito é possível estabelecer que os objetivos deste tipo de manutenção é: prever a ocorrência de falhas, determinando, de forma antecipada, a necessidade de correções específicas, eliminando desmontagens desnecessárias em inspeções, o que aumenta a disponibilidade dos equipamentos. Além disso, ela reduziu o trabalho de emergência, impedindo a ocorrência de falhas e aumentando o grau de confiabilidade do equipamento. Observa-se, ainda, o aumento da produtividade e a redução de custos da manutenção (SOUZA, 2009, p. 39).

Com efeito, o monitoramento exigido para a manutenção preditiva pode ser realizada de forma: subjetiva (sem a utilização de equipamentos específicos, usando-se, para sua realização os sentidos humanos); objetiva (feita através de equipamentos e instrumentos especiais); e, contínua, espécie de monitoramento contínuo, mais que exige maior responsabilidades e investimentos (KARDEC, NASCIF e BARONE, 2002, p. 54).

Existem quatro principais técnicas de manutenção preditiva, são elas: ultrassom, análise de vibração, termografia e análise de óleos lubrificantes.

Os ensaios de ultrassom são caracterizados como métodos não destrutivos que detectam os defeitos e descontinuidades internas, de materiais ferrosos ou não ferrosos, caracterizados pelo próprio processo de fabricação da peça. A desvantagem de sua aplicação esta no fato dela requerer muito conhecimento teórico e prático do inspetor, além de preparo contínuo da superfície

para sua aplicação (VIANA, 2002, p. 12).

De acordo com Kardec, Nascif e Barone (2002, p. 78 - 94), a análise de vibrações é mais utilizada em equipamentos rotativos, levando-se em consideração fatores como deslocamento, velocidade e aceleração, com os equipamentos analisados em funcionamento. Durante a realização deste monitoramento, avalia-se a frequência e a amplitude da vibração detectada.

Segundo Souza (2009, p. 46), a termografia é uma técnica de ensaio não destrutivo que permite acompanhar a temperatura e a formação de imagens térmicas, sendo muito utilizada para a detecção de problemas em equipamentos elétricos, diagnosticando precocemente falhas e outros problemas de equipamentos elétricos

A análise de óleos lubrificantes pode ser aplicada de duas formas: a análise do óleo lubrificante em laboratório e a análise das partículas contidas no óleo. Na primeira vai ser verificado as principais características do referido óleo e na segunda vai ser avaliada as partículas advindas do desgaste do equipamento (KARDEC, NASCIF e BARONE, 2002, p. 69 - 78).

Para finalizar está seção, vale ressaltar que as vantagens de aplicação destas técnicas preditivas estão relacionadas o envolvimento de alta tecnologia, que aumenta a disponibilidade dos equipamentos pois é realizada sem parada dos mesmos. Além disso, reduz de custos com manutenção e aumento da confiabilidade e produtividade daqueles, entre outros (SOUZA, 2009, p. 39).

2.4. Plano de Manutenção

Definida a estratégia de manutenção a ser realizada deve ser elaborado o plano de manutenção, que estabelecerá a frequência e a abrangência das intervenções, assim como se dará o monitoramento (VALE, 2002, p. 50).

De acordo com Branco Filho (2000, p. 108), plano de manutenção é “ a relação detalhada das intervenções da manutenção que um item, uma máquina ou um sistema produtivo requer e dos intervalos em que devem efetuadas”.

Corroborando com tais afirmativas, Nunes (2011, p. 21) menciona que as funções do Plano de Manutenção são:

O plano preventivo consiste no conjunto de tarefas executadas regularmente para manter o equipamento em seu melhor estado operacional, devendo-se informar o grupo de máquinas em que vai se aplicar a manutenção; a periodicidade, o tipo de dia (uteis ou corridos), data da ativação (marco inicial do plano); equipe de manutenção; planejador; material de consumo; especialidades; EPIS; ferramentas; e, equipamentos de apoio (VIANA, 2002, p. 98).

Desta forma, independente do formato que adote, o aspecto a ser considerado deve ser a necessidade de revisão periódica do plano de manutenção.

2.5 Confiabilidade

A confiabilidade está relacionada com os atributos do equipamento, representando sua capacidade potencial dificilmente alcançada.

De acordo com Nepomuceno (2002, p. 63), confiabilidade é

A probabilidade de um (...) equipamento, fabricado de conformidade com dado projeto operar durante um período especificado de tempo (eventualmente o tempo de vida útil) sem apresentar falhas identificáveis, desde que sujeito a manutenção de conformidade com as instruções do fabricante e que não tenha sofrido tensões superiores àquelas estipuladas por limites indicados pelo fornecedor, não tenha sido exposto a condições ambientais adversas de conformidade com os termos de fornecimento ou aquisição.

Com efeito, ao se analisar os elementos formadores desta definição, observa-se que probabilidade é a chance de um evento ocorrer. O período especificado de tempo é o lapso ou intervalo de tempo que melhor represente as alterações físicas que levam um equipamento a falhar e, finalmente, as instruções especificadas pelo fabricante são as condições especificadas de uso e manutenção do equipamento por ele fabricado (SOUZA, 2009, p. 112).

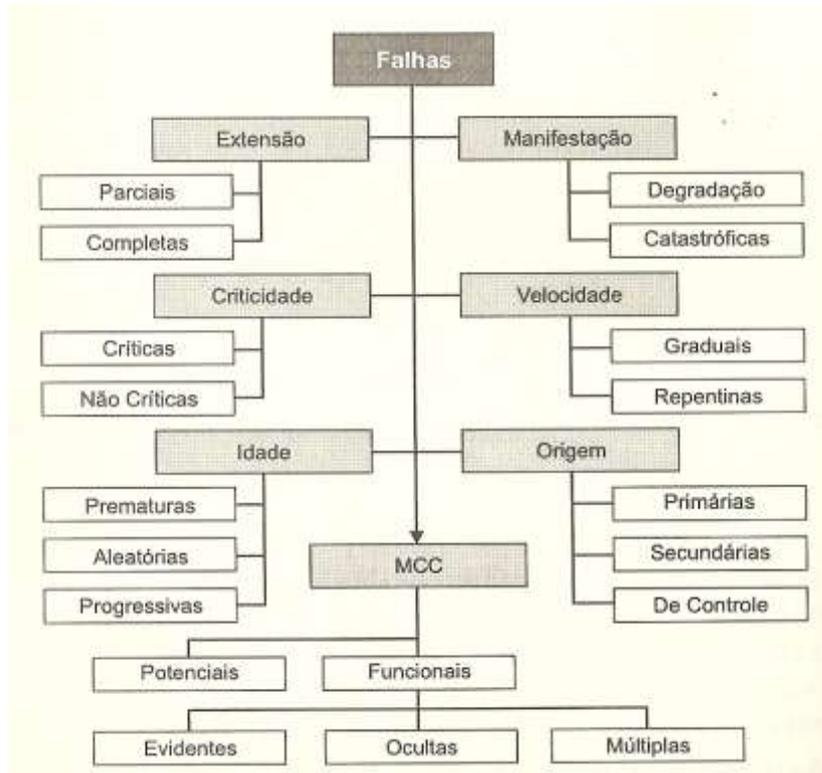
Ressalte-se, ainda, que a confiabilidade é determinada pelo desempenho satisfatório das atividades dos equipamentos envolvidos no processo produtivo. Este desempenho esta relacionado com o número de falhas. Assim, quanto maior o número de falhas menor a confiabilidade e vice e versa. Diante disto, é necessário se observar em que ponto a função do equipamento pode ficar comprometida para, desta forma, definir sua confiabilidade (VALE, 2002, p. 140).

Segundo Viana (2002, p. 06), falha é “o término da capacidade de um

item desempenhar a função requerida. Depois da falha o item tem uma pane”.

As falhas podem ser classificadas quanto a origem, idade, criticidade, extensão, manifestação, velocidade e manutenção, como mostra a Figura 04.

Figura 04 – Classificação das falhas



Fonte: Siqueira (2005)

Quanto a origem as falhas podem ser primárias (deficiência própria do componente), secundária (derivam da operação) e de controle (erro do operador). Quanto a extensão podem ser: parciais (desvio de uma característica) e completas (perda total da função). Em relação à manifestação pode ser de degradação (gradual e parcial) e catastrófica (ocorre de forma repentina e completa). Quanto a idade, as falhas podem ser: prematuras (quando ocorre no período inicial da vida útil do equipamento), aleatórias (quando ocorre de maneira imprevisível) e progressivas (após o período de vida útil como resultado de processo de desgaste ou deterioração do equipamento) (SIQUEIRA, 2005, p. 52-53).

Ainda de acordo com Siqueira (2005, p. 54), as falhas podem ainda ser quanto a criticidade, quando são críticas (produzem condições perigosas ou insegura para os operadores) e não críticas (quando não provocam estes efeitos). No que se refere à manutenção, as falhas podem ser funcionais (incapacidade de o

equipamento desempenhar suas funções nos limites desejados), potenciais (definida como condição identificável e mensurável indicando falha funcional pendente), evidente (que por si só é identificada pelos mantenedores), oculta (não é detectada pelos mantenedores durante o trabalho normal) e múltipla, que é a combinação de uma falha oculta mais uma segunda falha.

2.6 Disponibilidade

A disponibilidade representa o tempo em que o equipamento está disponível para ser utilizado. De acordo com Vale (2002, p. 142), disponibilidade é

A capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

Assim, a disponibilidade vai depender diretamente do número de falhas (confiabilidade), tempo demandado para o reparo das mesmas (manutenibilidade), dos métodos de manutenção (manutenção) e dos recursos e meios de sua execução logística) (VALE, 2002, p. 142).

Segundo Nepomuceno (2002), a disponibilidade permite executar a avaliação do tempo médio entre defeitos sucessivos e o tempo médio consumido para a execução do reparo, observando-se a combinação de duas mediações, como se visualiza na equação (1) abaixo:

$$A = \frac{\text{tempo disponível para utilização}}{\text{tempo disponível} + \text{tempo ocioso}} \quad (1)$$

De acordo com Nascif e Dorigo (2009, p. 33), outra forma de realizar este cálculo é levando em consideração o Tempo médio entre falhas (TMEF) e o tempo médio entre reparos (TMPR), como mostra a equação (2) abaixo:

$$\textit{Disponibilidade} = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad (2)$$

Assim, é possível perceber que o conceito de disponibilidade esta relacionado com o tempo em que o dispositivo está realmente disponível para operação, sem contar com o tempo ocioso.

2.7 Criticidade

De acordo com Nepumoceno (2002), a criticidade é a qualidade de ser elemento crítico em um processo produtivo, sendo sua classificação relacionada ao nível e comprometimento do sistema no caso de falha do equipamento.

Vale (2002) apresentam um quadro informativo que permite a fácil visualização da criticidade dos equipamentos, como mostra o Quadro 01.

Quadro 01 – Fatores determinantes para Criticidade de equipamentos

FATOR DE AVALIAÇÃO	GRADAÇÃO		
	NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3
QUALIDADE Efeito da Falha sobre a qualidade dos produtos	Crítico para a qualidade	Afeta indiretamente a qualidade do produto	Não causa impacto na qualidade do produto
ATENDIMENTO Efeitos da falha do processo produtivo	Interrompe totalmente a produção	Interrompe parcialmente a produção	Não interrompe a produção
SEGURANÇA Riscos potenciais para as pessoas e o meio ambiente	Envolve riscos de proporções graves	Envolve riscos de proporções moderadas	Envolve riscos de proporções mínimas
CUSTOS Valores envolvidos nos reparos	Elevados	Moderados	Baixos
COMPLEXIDADE TECNOLÓGICAS Efeitos sobre o tempo de reparo e especialização	Tempo de reparo levado, requer alta especialização	Tempo de reparo aceitável, especialização regular	Não representa riscos

Fonte: Vale (2002)

Baseado nas informações dadas pelo Quadro 01 é possível se dizer que equipamentos de criticidade A, são os que são estratégicos para todo o fluxo de produção e em caso de quebra toda a linha de produção fica comprometida. Já equipamentos de criticidade B, são importantes mas não interrompem o fluxo da produção, entretanto afetam a qualidade e o atendimento do setor onde esta alocado. E, finalmente, de criticidade C são os equipamentos auxiliares que não

afetam o fluxo, mas auxiliam com as funções dos equipamentos de criticidade A e B (VALE, 2012 b, p. 10).

2.8 FMEA

A FMEA (Análise de Modos e Falhas e Efeitos) é uma ferramenta de prognóstico de problemas e um procedimento para o desenvolvimento e execução de serviços. Observa-se, no entanto, que o desenvolvimento e a execução da FMEA gera custos, mas podem trazer retorno significativo para a qualidade e na redução de custos das falhas (PALADY, 2002, p. 05).

De acordo com Fernandes e Rebelato (2006, p. 248), existem três tipos essenciais de FMEAs: FMEA de sistema, que é utilizada para avaliar falhas nos estágios iniciais do projeto, objetivando as que tem relação com suas funcionalidades e atendimentos à expectativas dos clientes; FMEAs de produto, que avalia possíveis falhas no projeto antes do produto obter sua liberação para a manufatura; e, FMEAs de processo, que avalia falhas no mesmo, enfocando o cumprimento dos objetivos pre-definidos.

Na montagem de uma FMEA existem elementos fundamentais, como mostra a Figura 05.

Figura 05 – Modelo de FMEA

FMEA - Análise de Efeitos e Modos de Falha									
Cabeçalho #1									
Funções #2	Modos de Falha #3	Efeitos #4	Servidade #5	Causas #6	Ocorrência #7	Controles #8	Deficiência #9	Ações Recomendadas #10	Status #11

Fonte: Palady (2002)

Assim, as etapas básicas para todas as FMEAs são: modos de falhas (causas das falhas), efeitos das causas; e os índices de ocorrência, severidade e detecção, todos estudados a seguir.

2.8.1 Modos de falha e Efeitos

Esta etapa tem como objetivo determinar suas causas e melhorar a confiabilidade de seus equipamentos. Para tanto, deve-se identificar os modos de falhas, seus mecanismos e causas, bem como as ações recomendadas para prevenção da ocorrência das mesmas (NASCIF e DORIGO, 2005, p. 76).

De acordo com Moura (2000, p. 08), modo de falha é “ a maneira pela qual um componente, subsistema ou sistema potencialmente falharia ao cumprir seu objetivo no projeto”. Desta forma o modo de falha pode ser a causa de uma falha potencial.

Segundo Siqueira (2005, p. 72), os modos de falhas podem ser: mecânicos (relacionados com o comportamento dos equipamentos); elétricos (relacionados com os materiais elétricos dos equipamentos); estruturais (danos acidentais, deterioração ambiental ou dano por fadiga); e, humanos (relacionadas com o comportamento humano (distração, lapso, engano, violação, entre outros).

Identificados os modos de falhas e suas causas, realiza-se a análise de seus efeitos. Estes são a descrição das consequências do modo de falha. Ao desenvolver a coluna dos efeitos, a equipe deve solicitar informações do setor, observando-se sua importância para determinação do grau de severidade do efeito (PALADY, 2005, p. 57).

Segundo Siqueira (2005, p. 93), o estudo dos efeitos das falhas tem o objetivo de identificar os impactos dos modos de falhas nas funções do sistema e nas instalações, ou seja, as consequências destas no processo. Para tanto, o efeito deve ser descrito, observando-se, aspectos como a evidência da falha; impacto na segurança; impacto ambiental; reflexo operacional; resultados econômicos; forma de reparo; e, características compensatórias.

Realizado o estudo dos modos de falhas e de seus efeitos passa-se a medição na escala de severidade, ocorrência e detecção, como se verá adiante.

2.8.2 Severidade, ocorrência e detecção

Os elementos severidade, ocorrência e detecção são os elementos que levam à priorização de que modos de falhas devem ser priorizados, em razão do grau de risco (FERNANDES e REBELATO, 2006, p. 248).

Segundo Moura (2000, p. 10) a severidade incide somente sobre o efeito, sendo estimada em escala que varia de 01 a 10, como pode ser visualizado na Figura 06. Este índice avalia a gravidade do efeito do modo de falha, servindo como parâmetro para o cálculo do índice de risco, conseguido a partir do produto entre a severidade, ocorrência e detecção.

Figura 06 – Escala de severidade

Severidade dos Efeitos (S)		Taxa
Negligente	Este modo de falha não tem qualquer efeito sobre o sistema. O usuário provavelmente nem irá notar a falha.	1
Baixa	Este modo de falha somente tem um leve efeito sobre o sistema. O cliente/usuário somente irá notar uma leve deterioração do desempenho do sistema.	2 3
Moderada	Este modo de falha irá provocar certa insatisfação do usuário/cliente.	4 5 6
Alta	Este modo de falha irá provocar uma alta insatisfação do cliente, como por exemplo, um sistema inoperante. Sem, entretanto, violar a segurança ou normas regulamentares do governo.	7 8
Muito Alta	Este modo de falha afeta a função segurança do sistema ou não cumpre as normas regulamentares do governo.	9 10

Fonte: Tavares (2005)

Observa-se que a magnitude dos valores aumentam na mesma proporção da gravidade do efeito. Valores superiores a 9 na escala de severidade devem ser considerados de forma especial, determinando medidas emergenciais para sua correção e controle (PALADY, 2005, p. 63).

De acordo com Moura (2000, p. 12), a ocorrência é a “probabilidade de um mecanismo/ causa vir a ocorrer”, Ela pode ser estimada em escala de 1 a 10, como mostra a Figura 07.

Figura 07 – Escala de ocorrência

Frequência de Ocorrência dos Modos de Falha (F)	Taxa	Probabilidade de Falha
Remota: Falhas são Improváveis	1	< 1 em 10 ⁶
Baixa: Relativamente poucas Falhas	2	1 em 20.000
	3	1 em 4.000
Moderada: Falhas Ocasionais	4	1 em 1.000
	5	1 em 400
	6	1 em 80
Alta: Falhas Repetitivas	7	1 em 40
	8	1 em 20
Muito Alta: Falhas Quase Inevitáveis	9	1 em 8
	10	1 em 2

Fonte: Tavares (2005)

A detecção é a avaliação da capacidade dos controles atuais do processo, identificando-se as deficiências do processo, variando de 01 a 10, como mostra a Figura 08. Ressalte-se que taxa de detecção muito baixa advém de programas de controle muito eficientes (MOURA, 2000, p. 16).

Figura 08 – Escala de detecção

Probabilidade de Detecção (D)	Taxa
<u>Muito Alta</u> : Procedimentos de verificação (PV) do projeto ou controle do processo (CP) em uso, irão certamente detectar o modo potencial de falha	1 2
<u>Alta</u> : PV ou CP tem uma boa chance de detectar um modo potencial de falha	3 4
<u>Moderada</u> : PV ou CP pode detectar um modo potencial de falha	5 6
<u>Baixa</u> : PV ou CP provavelmente não irá detectar um modo potencial de falha	7 8
<u>Muito Baixa</u> : PV ou CP tem uma probabilidade muito baixa de detectar um modo potencial de falha	9
<u>Certeza Absoluta de Não Detecção</u> : PV ou CP não irá detectar um possível modo potencial de falha	10

Fonte: Tavares (2005)

Desta forma, estas taxas de detecção refletem os controles e sistemas da

organização, bem como o nível de maturidade dos seus programas de qualidade e confiabilidade (PALADY, 2005, p. 83).

Identificada as taxas de severidade, ocorrência e detecção, calcula-se a índice de risco da ocorrência de falha (RPN), através do produto das mesmas. Esse RPN reflete a criticidade de um modo de falha, determinando seu grau de priorização na tomada de decisões (TAVARES, 2005, p. 126).

2.9 Outras Ferramentas de Suporte à Confiabilidade

Existem inúmeras ferramentas de suporte à confiabilidade, tais como: gráficos de Gantt, diagramas de Blocos, gráficos de dispensação, entre outros. Para esta pesquisa, no entanto, interessa somente o estudo do diagrama de Ishikawa e do gráfico de Pareto.

2.9.1 Diagrama de Ishikawa

De acordo com Werkema (1995, p. 42), o Diagrama de Ishikawa “apresenta a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado”. Ainda segundo este autor ele é muito empregado nas sessões de *brainstorming* realizadas nos trabalhos em grupo.

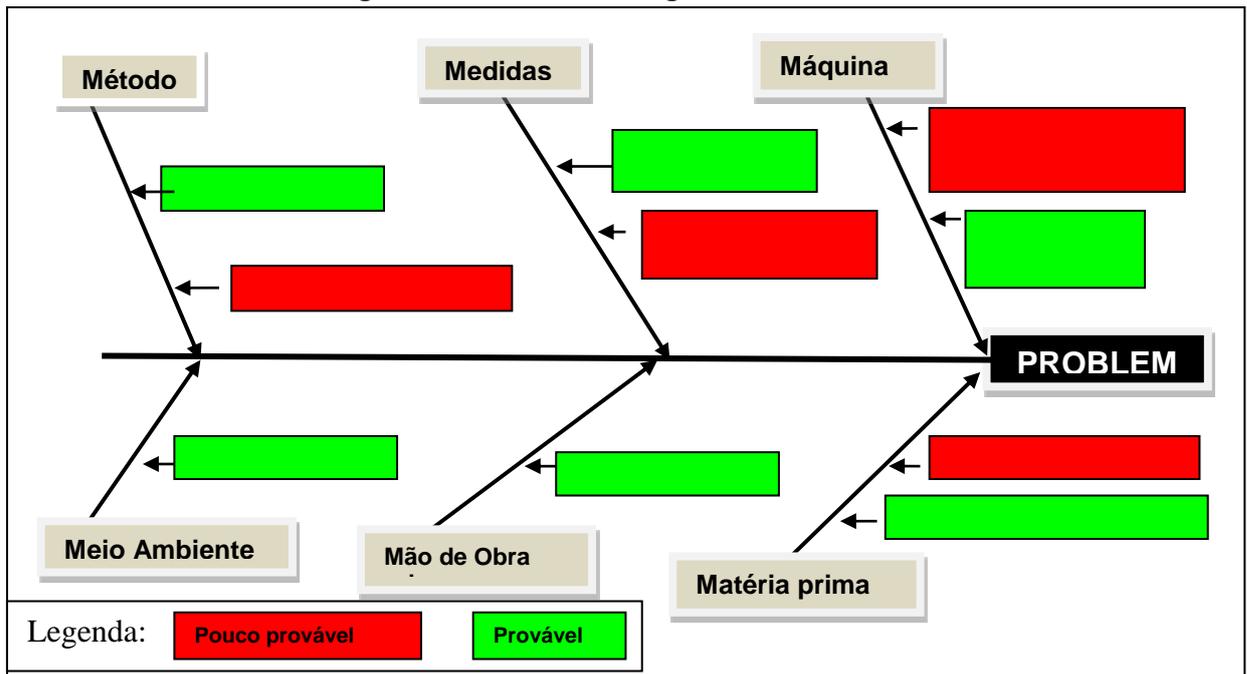
Segundo Campos (2004), *brainstorming* (tempestade de idéias) é uma reunião de pessoas que, envolvidas no processo, apontam causas prováveis ou não do problema e indicam ações que possam bloqueá-las.

Com efeito, Paladini (1997, p. 67) menciona que o diagrama de Ishikawa;

Ilustra as causas principais de uma ação, ou propriedade, para as quais convergem subcausas (causas menos importantes), levando ao sintoma, resultado ou efeito final de todas (interação) e cada uma (reflexos isolados) dessas causas. O diagrama permite a visualização entre as causas e os efeitos delas decorrentes.

Assim, como pode ser visualizado na Figura 09, o diagrama de Ishikawa classifica as causas conforme sistema 6M: materiais, máquinas, mão de obra, meio ambiente, matérias primas e medidas (WERKEMA, 1995, p. 64).

Figura 09 – Modelo de Diagrama de Ishikawa



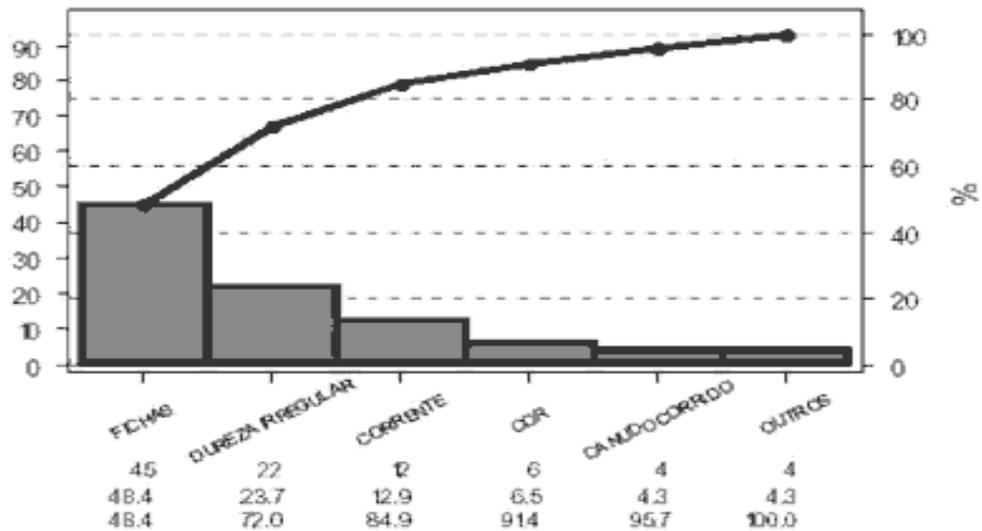
Fonte: Werkema (1995)

2.9.2 Gráfico de Pareto

O gráfico de Pareto mostra as causas básicas que levam a um modo de falha. Estas causas contribuirão para a maioria do modo de falha em potencial, devendo ser transferidas para a FMEA (PALADY, 2005, p. 223).

Com efeito, segundo Paladini (1997, p. 67), o Diagrama de Pareto são “gráficos utilizados para classificar causas que atuam em um dado processo”. Assim, este diagrama classifica os problemas em ordem decrescente de importância, a partir da esquerda, sendo apresentados na linha horizontal sendo associados a uma escala de valor (na linha vertical), como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Modelo de gráfico de Pareto



Fonte: Adaptado de Palady (2005)

2.10 Beneficiamento de Silvinita

Os minérios são associações de minerais do qual se pode extrair, com proveito econômico ou estratégico, uma ou mais substâncias úteis, podendo ser: metais (minérios metálicos), não metais ou elementos químicos. Estes minérios podem ser sofrer beneficiamento para compor diversas utilizações econômicas (LUZ ET AL, 2002, 10).

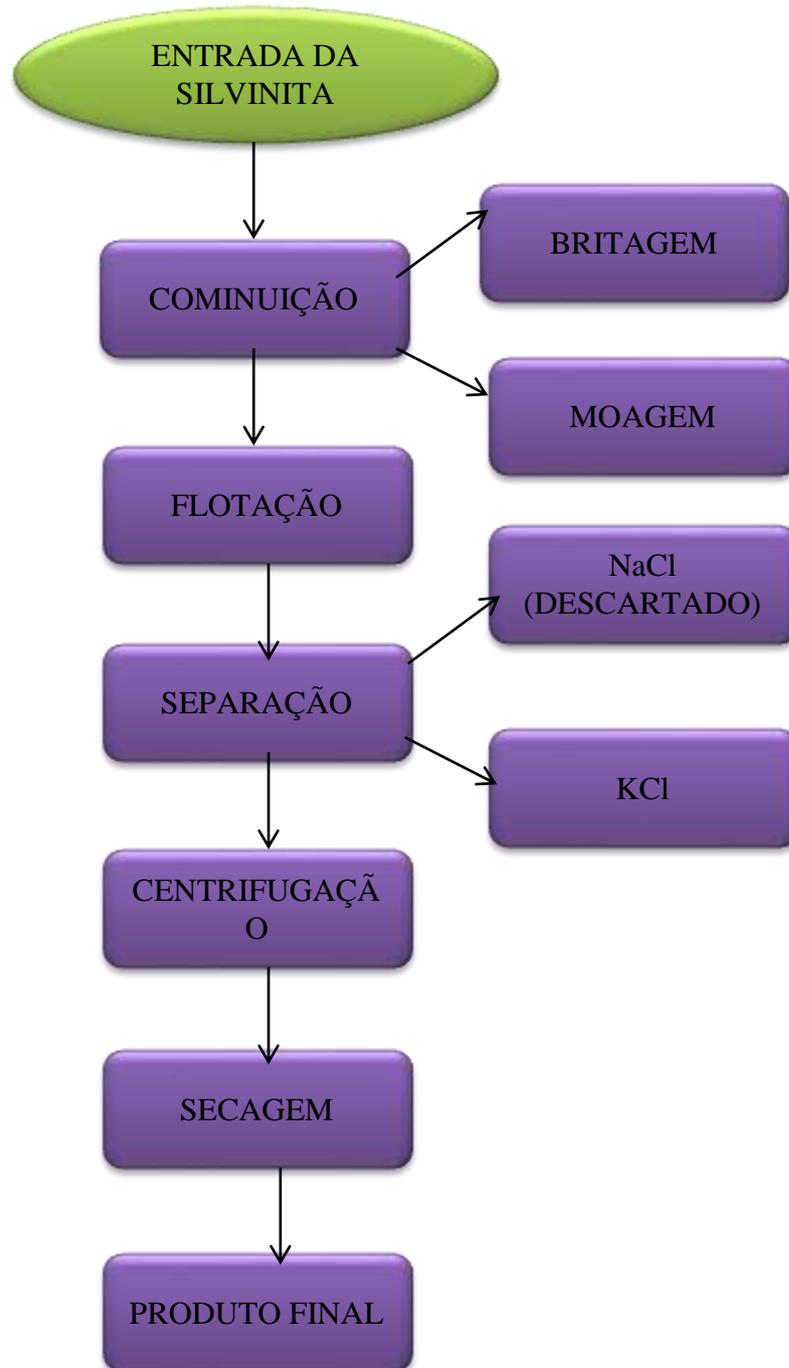
Segundo Luz et al (2002, p. 3):

O beneficiamento consiste de operações que visam modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais.

Várias empresas do setor industrial se favorecem do beneficiamento de minérios, à exemplo do que ocorre com a silvinita para a indústria de fertilizantes. A Vale é a mineradora responsável por tal beneficiamento, através da Unidade Operacional Taquari Vassouras (UOTV), localizada em Sergipe (VALE, 2011, p.23).

O objetivo deste beneficiamento é a separação do cloreto de potássio (KCl) do cloreto de sódio (NaCl). Este processo de separação é realizado por operações unitárias que vão da cominuição à compactação, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Operações de beneficiamento de silvinita



Fonte: Adaptado de Vale (2011)

Assim, assim que há o desmonte da silvinita, o minério é levado para o beneficiamento através do transportador de minérios, iniciando o beneficiamento. De acordo com Luz et al (2002, p. 113), a cominuição é a redução granulométrica do minério, dividindo-se em britagem e moagem. No primeiro, a operação é feita a seco e na segunda à úmido, havendo, nesta última, a redução granulométrica ainda maior sendo misturada com salmora.

Atingida a medida granulométrica desejada, inicia-se a etapa de flotação que vai proporcionar as condições necessárias para a separação da espécie mineral de interesse através do adequado condicionamento das propriedades físico-químicas do meio pela adição de reagentes específicos (coletores, depressores, estabilizantes, etc.) e a reação de micro-bolhas. Há, então, a separação que vai se dar através da adição de reagentes coletores, modificadores e estabilizantes. É nesta etapa que há a separação entre o Cloreto de potássio do cloreto de sódio (LUZ ET AL, 2002, 411-450).

Feita essa separação, se inicia a fase de centrifugação, onde há a separação do sólido –líquido, deixando a umidade final gira em torno de 6%. O produto das centrífugas é alimentado na secagem por meio de roscas helicoidais que conferem ao mesmo o impulso suficiente para cair, de forma distribuída, sobre o leito fluidizado. O minério é então percolado pelo vapor que troca calor com o mesmo, secando-o. (VALE, 2011, p.32).

O concentrado seco é enviado para a etapa de compactação para formação do granulado (produto principal) e/ou destinado ao galpão como *standard* (segundo produto em importância). Na compactação, o material advindo da secagem deve ser misturado com o nitrogênio e fósforo, formando o fertilizante (mistura NPK). Depois disso, o produto final é estocado para o carregamento de caminhões (VALE, 2011, p. 36).

Todo este beneficiamento somente ocorre porque o transportador de minérios leva a silvinita logo após o desmonte para a usina de beneficiamento.

2.10.1 Transportador de minérios

A capacidade do caminhão shuttle car é de 18 toneladas curtas ou 16,3 toneladas métricas. Suas cabines podem ficar do lado direito ou esquerdo. Este equipamento tem oito sistemas a serem mantidos, são eles: elétrico, de tração, transportadora, direção, hidráulico, de freio, enrolador e estrutural (SHUTTLE, 2009, p. 02).

O sistema de direção tem controle por válvula na forma de alavanca, assim como dois cilindros hidráulicos para aplicação pesada e barras de direção na parte superior. O sistema de freio é do tipo LCB (liquid Cooled Disc Brakes) operado por

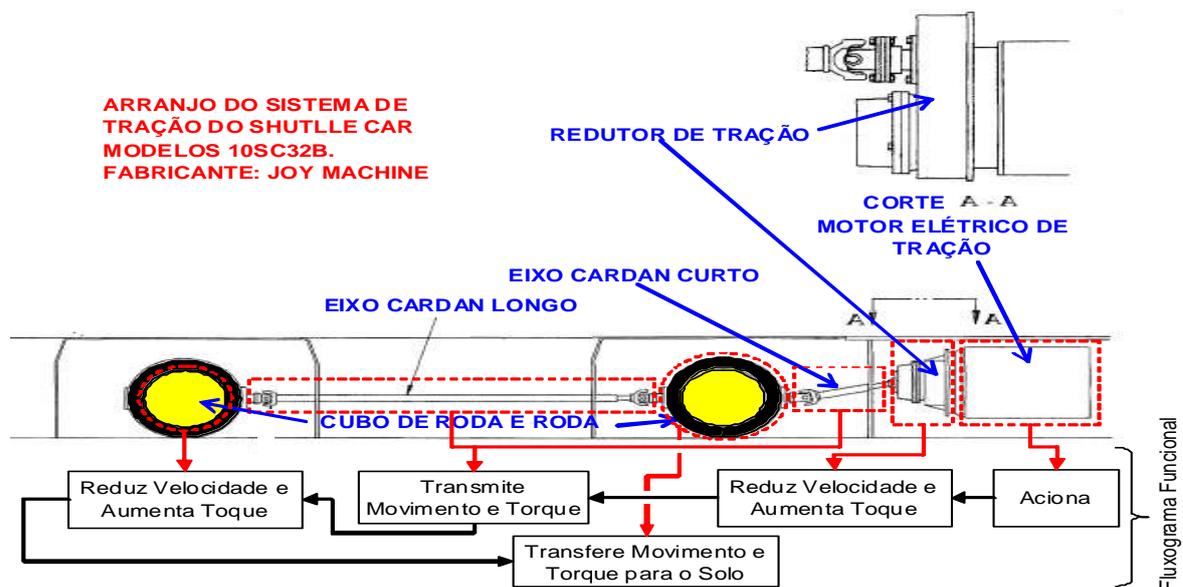
sistema hidráulico, possuindo, ainda, freio de serviço, e estacionamento e emergência instalado no sistema de tração bem como sistema de segurança para eventuais falhas elétricas (VALE, 2009, p. 04).

O sistema hidráulico é equipado com filtros de sucção e pressão, identificador de pressão próxima às válvulas de regulação de pressão, assim como painéis com os manômetros de pressão por função hidráulica da máquina e válvulas de fechamento da linha de sucção da bomba para os momentos de manutenção. O sistema elétrico possui tensão de 950 Vca, trifásico e 60 Hz, sendo totalmente isolado sem fluxo de corrente elétrica para terra e tendo fulga de corrente para sistema elétrico de alimentação externa com interrupção instantânea emergencial. Seus inversores podem operar em temperatura elevada sem oferecer perigo operacional (SHUTTLE, 2009, p. 03 - 09).

O sistema de enrolador de cabo possui flanges com diâmetros que acomodam 150 metros de cabo, tendo válvula hidráulica para liberar o enrolador. O sistema de transportadora tem 56 polegadas e duas correntes para movimentação do material, possuindo, ainda, motor elétrico a prova de explosão e redutor selecionado para aplicação pesada. Quanto ao sistema estrutural, além de estrutura mecânica exterior, possui sistema de combate de incêndio e componentes sobressalentes a pedido do cliente (VALE, 2009, p. 5 – 7).

O sistema de tração, como pode ser visualizado na Figura 12, possui cinco componentes principais: Cubo de roda, redutor, cardan, roda e motor elétrico.

Figura 12 – Componentes do sistema de tração



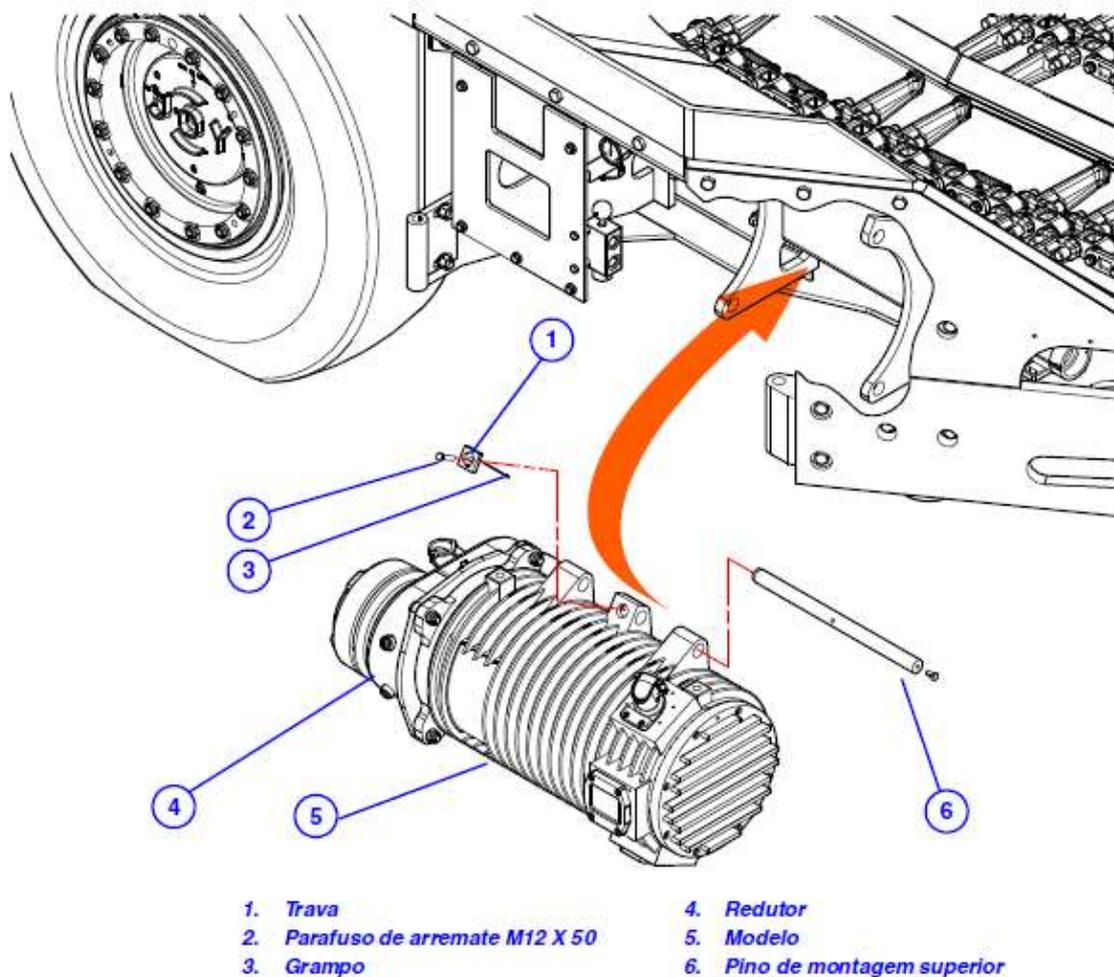
Fonte: Vale (2009)

Assim, o motor elétrico aciona o redutor de tração que reduz a velocidade e aumenta o torque para o eixo do cardan curto. Este transmite o movimento e torque para o cubo de roda através do eixo cardan longo. Estes cubos de roda também podem reduzir a velocidade e aumentar o torque, transferindo o movimento para o solo.

O motor elétrico, visualizado na Figura 13, é a prova de explosão com tensão de trabalho de 950 volts, potência de 115 hp, frequência de 60 Hz (VALE, 2009, p. 03).

Figura 13 – Motor elétrico do sistema de tração

**Conjunto do
Motor de Tração**

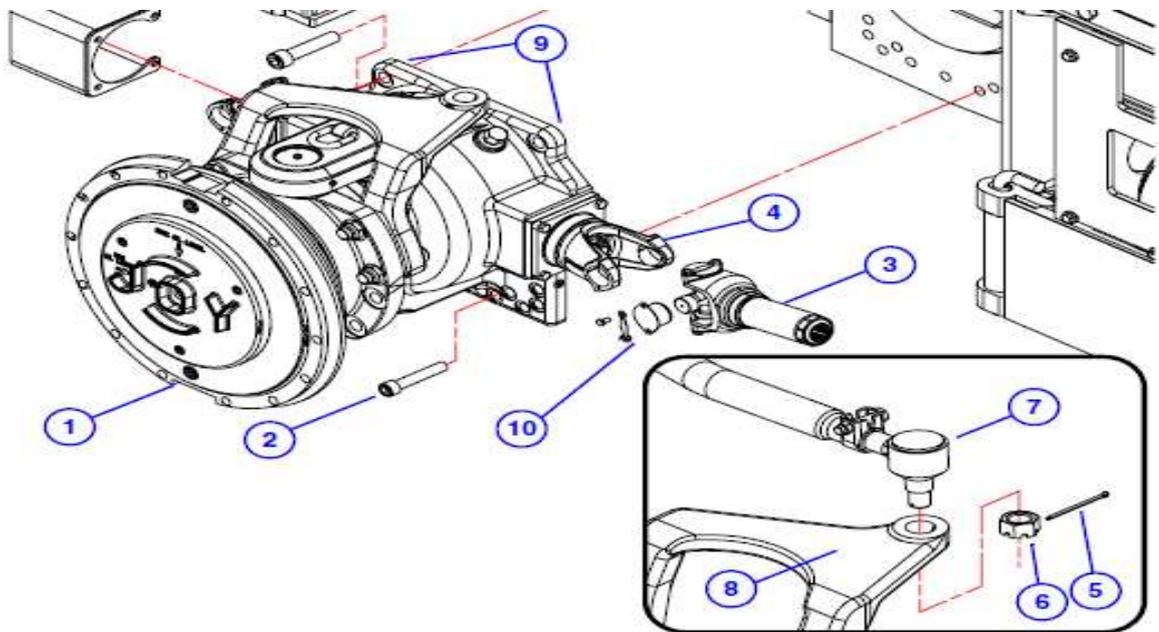


Fonte: Vale (2009)

Os pneus tem tecnologia radial e perfil para operar em terreno com acúmulo de minérios no piso, assim como em áreas acidentadas. O cubo de rodas,

visualizado na Figura 14, são dotados de comando final e escala de redução para cinclinações de até 30%. (SHUTTLE, 2009, p. 12)

Figura 14 – Cubos de rodas do sistema de tração

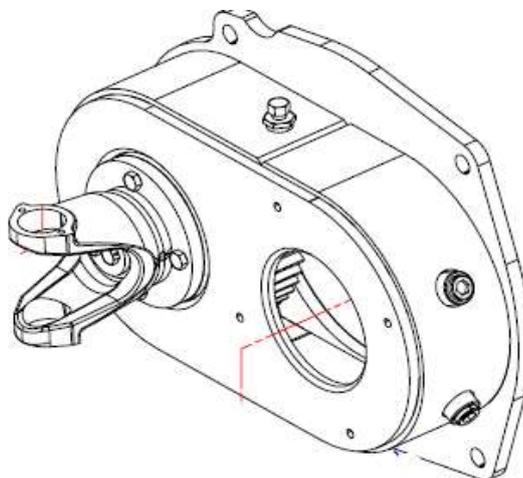


- | | |
|--|---|
| 1. <i>Cubo da roda</i> | 6. <i>Porca-castelo</i> |
| 2. <i>parafuso de arremate M24 x 100</i> | 7. <i>Conexão de tração</i> |
| 3. <i>Eixo de acionamento</i> | 8. <i>Braço da direção</i> |
| 4. <i>Junta Universal</i> | 9. <i>parafuso de arremate M120 x 100 (2)</i> |
| 5. <i>Grampo</i> | 10. <i>Tampa e Braçadeira Universal</i> |

Fonte: Shuttle (2009)

O redutor, visualizado na Figura 15, tem a função de minimiza a tração, reduzindo a velocidade empregada e aumentando o torque (VALE, 2009, p. 04).

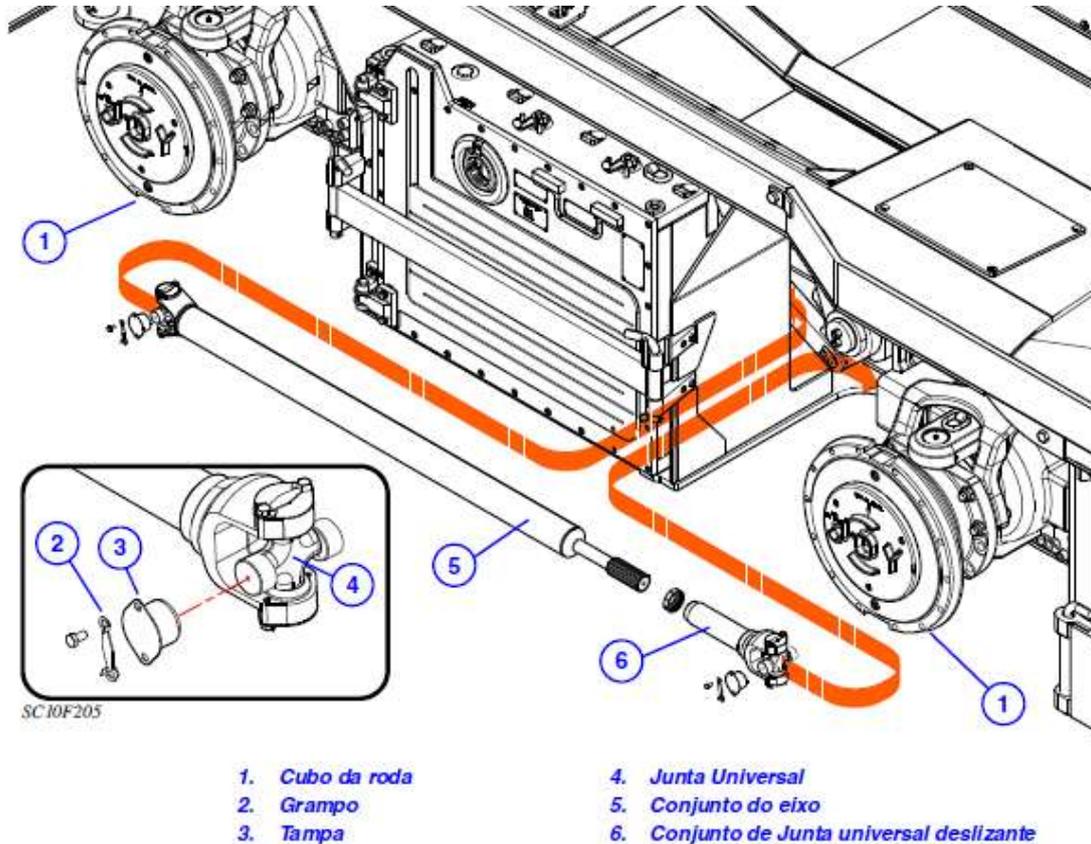
Figura 15 – Redutor do sistema de tração



Fonte: Vale (2009)

Já os cardans curtos e longos, visualizados na Figura 16, tem a função de acoplamento entre redutor e cubo de roda, fazendo a transmissão da força (SHUTTLE, 2009, p. 16).

Figura 16 – Cardans do sistema de tração



Fonte: Shuttler (2009)

Por tudo que foi apresentado, é possível perceber a complexidade do equipamento em estudo, devendo-se empregar a manutenção preventiva mais adequada a seus componentes, a fim de se reduzir intervenções corretivas no mesmo.

3 METODOLOGIA

Esta seção tratará do método adotado para a realização da pesquisa, caracterizando o estudo segundo seus objetivos, meios empregados e abordagem. Apontará, ainda, o universo e amostra do estudo, bem como foi realizada a coleta e o tratamento de dados.

3.1 Método

Segundo Batista (2011, p.22), o método é a caracterização da pesquisa, podendo ser observada quanto aos objetivos (descritiva, explicativa ou explanatória), em relação aos meios (bibliográfica, documental, de campo e estudo de caso) e quanto a abordagem adotada (qualitativa, quantitativa ou quali quantitativa).

Assim está pesquisa é caracterizada quanto aos objetivos como explicativa e explanatória. Explicativa pois elucida as causas de quebra no sistema de tração dos transportadores de minérios, determinando suas origens e apontando as melhores soluções. Explanatória porque aprofunda o conhecimento a cerca do fenômeno em questão, utilizando a FMEA para observar os índices de ocorrência, severidade e detecção dos riscos identificados, assim como as ações que devem ser priorizadas no plano de ação.

Em relação os meios empregados para realização desta pesquisa, pode-se dizer que ela foi bibliográfica, documental e estudo de caso. No primeiro caso porque seus fundamentos são baseados em livros, artigos e outras publicações que trouxeram conhecimento científico ao trabalho. No segundo, porque as informações que embasaram os resultados tem origem em dados extraídos de documentos da empresa em estudo, que não são publicáveis. No último caso, porque trata do estudo de um fenômeno específico, que é o alto índice de quebra do sistema de tração dos transportadores de minério da empresa em estudo, assim como da necessidade de otimização do seu plano de manutenção.

Já no que se refere a abordagem, este estudo pode ser caracterizado como quali quantitativo, pois os dados estatísticos foram interpretados de forma a

determinar ações mitigadores que minimizariam o problema da quebra do sistema de tração, permitindo-se, assim, otimizar o plano de ação já existente na empresa em análise.

3.2 Universo e Amostra

Universo ou população “é o conjunto de elementos (empresas, produtos, pessoas, por exemplo) que possuem características que serão objeto de estudo” e amostra, uma parcela deste universo. (VERGARA, 2004, p. 50).

O universo da pesquisa é todo plano de manutenção do transportador de minérios da empresa sob análise e a amostra é o plano de manutenção do sistema de tração do equipamento em questão.

3.3 Coleta e Tratamento de Dados

A coleta de dados foi realizada entre 01 de outubro de 2011 a 31 de dezembro de 2011, a cerca da manutenção do transportador de minérios, mas especificadamente em relação ao sistema de tração do mesmo.

A coleta de dados se deu em três etapas. Na primeira etapa foi realizado o levantamento de dados a cerca do índice de corretivas no equipamento, dando-se ênfase as causa. Realizado este levantamento, os dados foram tratados de forma a quantificar as ocorrências conforme sistemas dos equipamentos. Observando-se o elevado índice de corretivas no sistema de tração, os demais sistemas foram isolados para estudo por outros grupos da empresa.

Na segunda etapa foram coletados dados relacionados às quebras do sistema de tração do transportador. Estes dados serviram de base para montar diagrama de Pareto que determinou que componentes devam ser priorizados na análise de ações mitigadoras. Serviram também para se identificar os modos de falhas destes componentes, conforme sistema de gestão da manutenção da empresa em análise.

Na terceira etapa foram levantados, em brainstorming, dados referentes às causas dos modos de falhas. Estes dados auxiliaram na montagem de

diagramas de Ishikawa, que localizaram a necessidade de otimização de plano de ação.

Na quarta e última etapa, foram levantados dados que comprovaram as causas prováveis, permitindo a montagem de FMEAs que determinaram o valor de RPN de cada causa, estabelecendo-se que os valores superiores a 250 deveriam ser avaliados de forma mais cuidadosa. Com base em todos os dados coletados, foi elaborado um novo plano de manutenção e apontadas sugestões de melhorias.

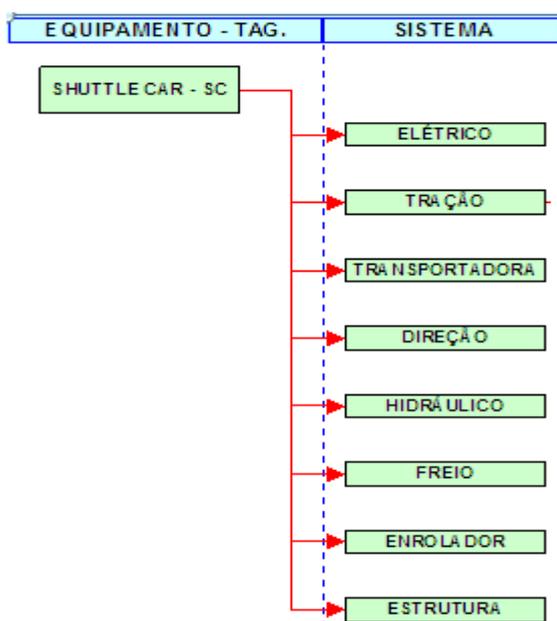
4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Apresentação do Caso

O último trimestre de 2011, a empresa em estudo identificou um elevado índice de intervenções corretivas em transportadores de minérios, verificando-se cerca de 1400 eventos de manutenção corretivas em seis meses, que o transportador de minérios “Shuttler Car”s indisponível por aproximadamente 5115 horas.

Como mostra a Figura 13, o equipamento em análise possui oito sistemas a serem estudados.

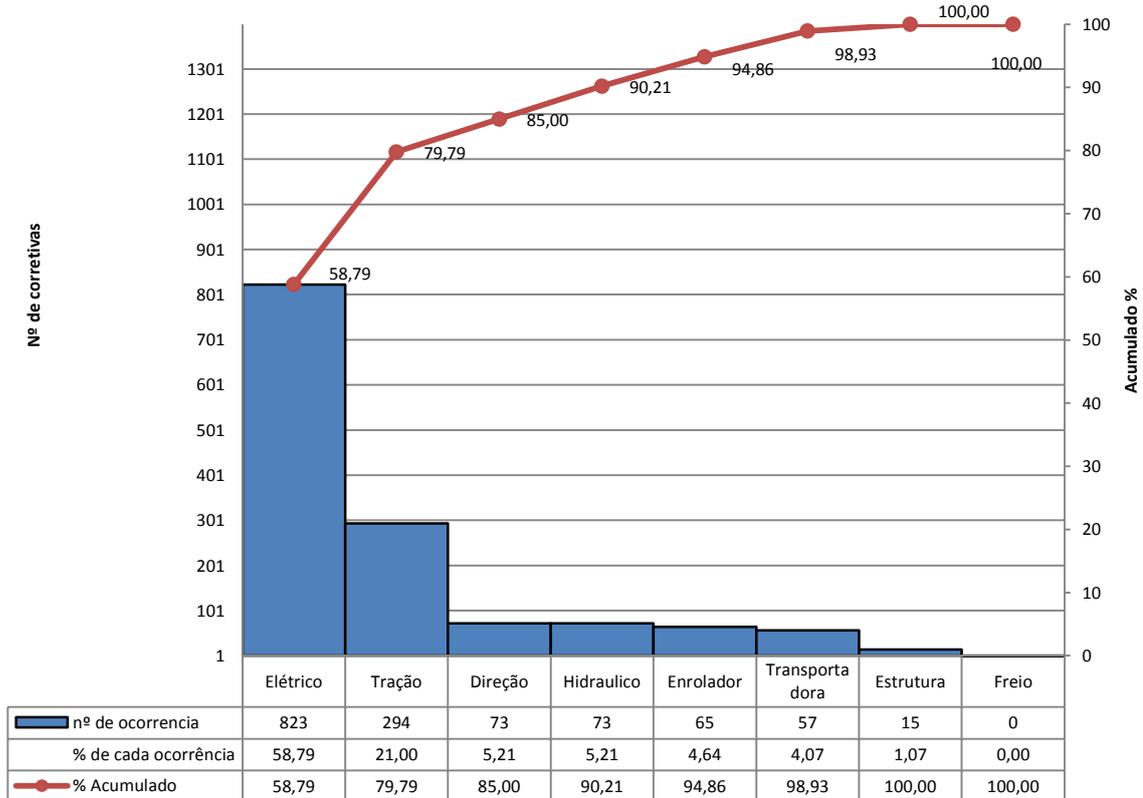
Figura 13 – Sistemas do “Shuttler Car”ds



Fonte: Vale (2012 b)

De acordo com o sistema de gestão de manutenção da empresa, foi observado que o maior número de intervenções foi realizado no sistema elétrico (58,79%), seguido dos sistemas de tração (21%), de direção (5,21%), de hidráulica (5,21%), de enrolador (4,64%), de transportadora (4,07%), de estrutura (1,07%), não sendo identificado nenhuma corretiva no sistema de freios do equipamento, como mostra o Gráfico 01.

Gráfico 01 – Intervenções corretivas em função dos sistemas do equipamento

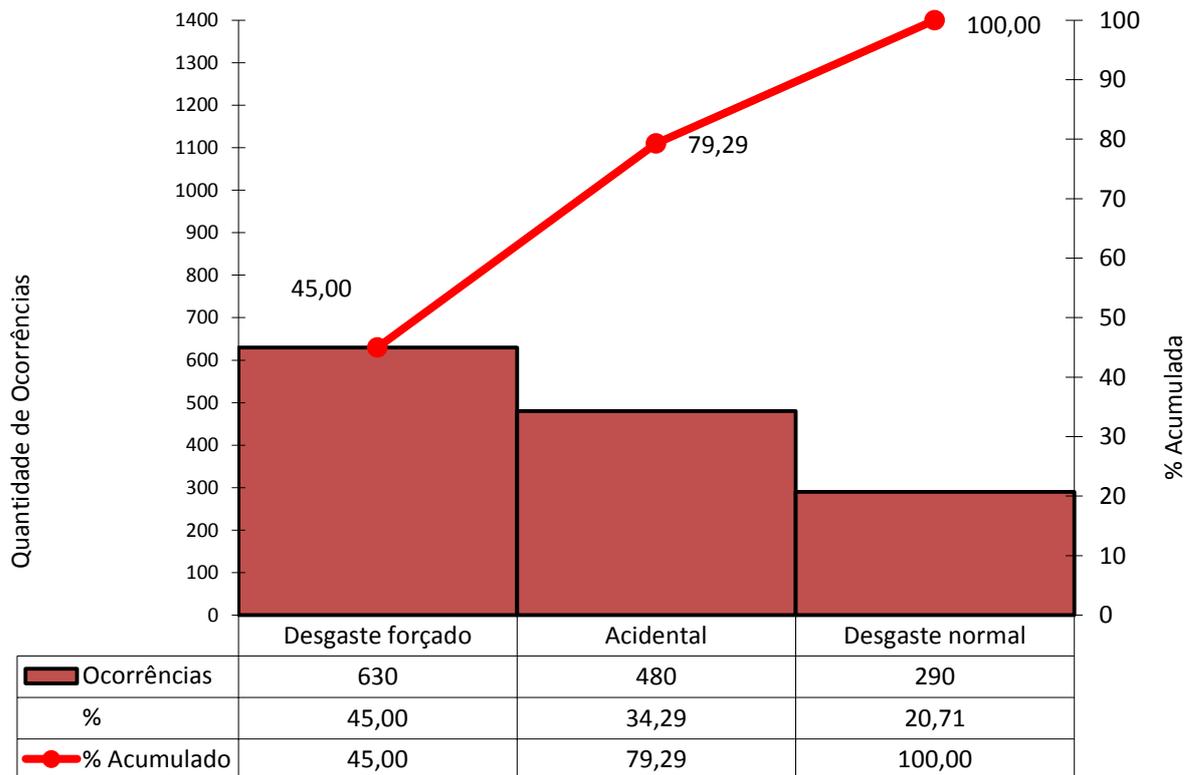


Fonte: Adaptado de Vale (2012 b)

Realizada esta estratificação, foi observado, ainda, o estudo das intervenções conforme tipo de modo de falha, que se classifica, segundo a empresa em estudo, em modo de falha por: desgaste normal, desgaste forçado ou desgaste acidental. O primeiro se trata das falhas advindas do processo normal de desgaste. O segundo vem da ocorrência de desgaste acelerado dentro do tempo de vida útil do equipamento e o terceiro trata de desgastes que ocorrem aleatoriamente, sem controle.

Como mostra o Gráfico 02, os modos de falha que aparecem com mais frequência são os desgaste forçado (45%), seguido dos de acidental (34,29%) e de desgaste normal (20,71%). Usando a regra de Pareto 80/20, foi determinado que somente os modos de falhas acidentais e de desgaste forçado iriam ser estudados para efeito da pesquisa.

Gráfico 02 – Intervenções corretivas em função dos tipos de modo de falha

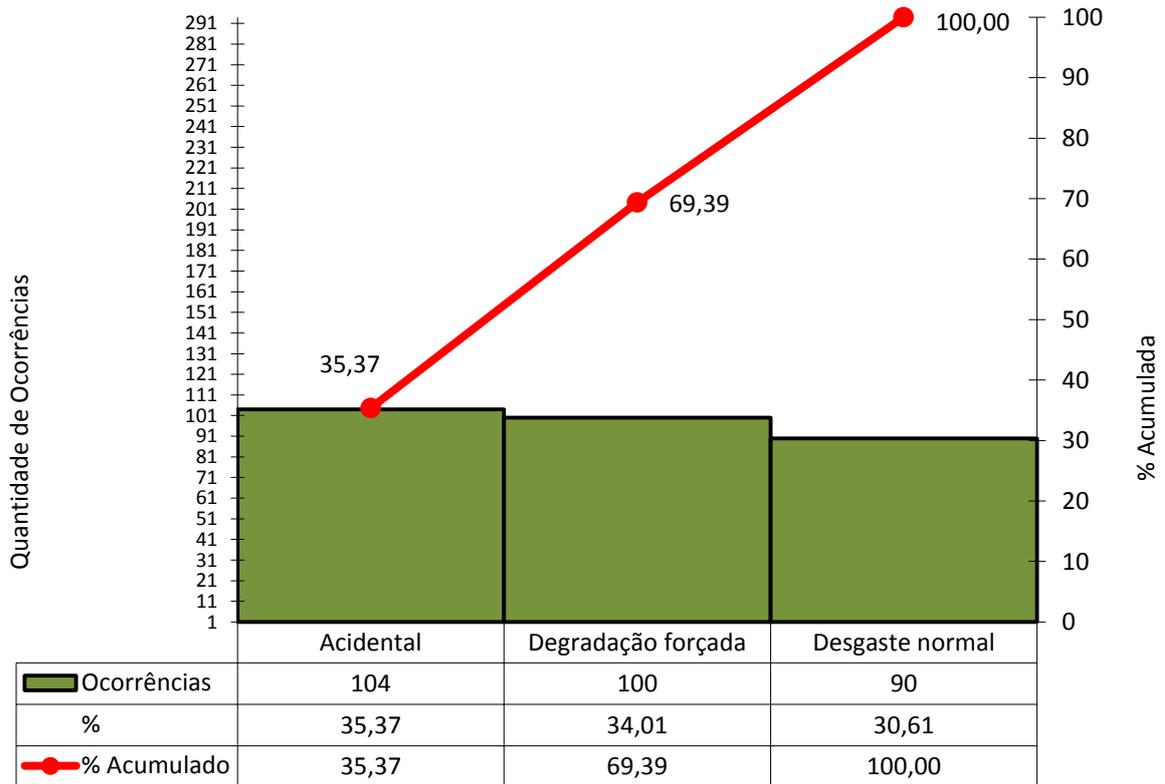


Fonte: Adaptado de Vale (2012 b)

O setor de manutenção da empresa é diversificado, possuindo inúmeros colaboradores mantenedores. Em razão disso, estes foram divididos em turmas, delegando-se o estudo minucioso de um sistema para cada equipe e levando-se em consideração somente os modos de falhas de desgaste forçado e acidental. Assim, em virtude de determinação gerencial, coube a equipe do pesquisador, o estudo detalhado do sistema de tração do “Shuttler Car”s.

Como mostra o Gráfico 03, o sistema de tração apresentou maior volume de modos de falhas acidentais (35,37 %), seguidas de desgaste forçado (34,01%) e de desgaste normal. Entretanto, como determinado pela gerência de manutenção, devia-se somente levar em consideração os modos de falhas acidentais e desgaste forçado, totalizando o valor de 204 ocorrências de manutenção corretivas a serem avaliadas.

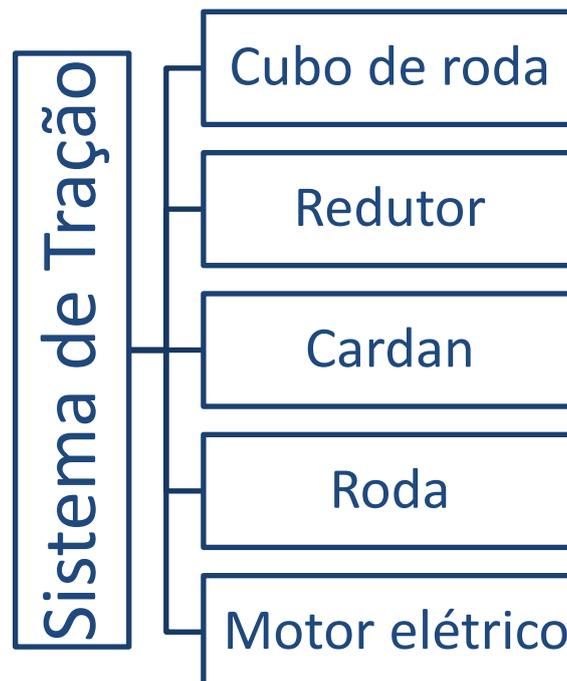
Gráfico 03 - Tipos de modos de falhas em função do sistema de tração



Fonte: Autor da pesquisa

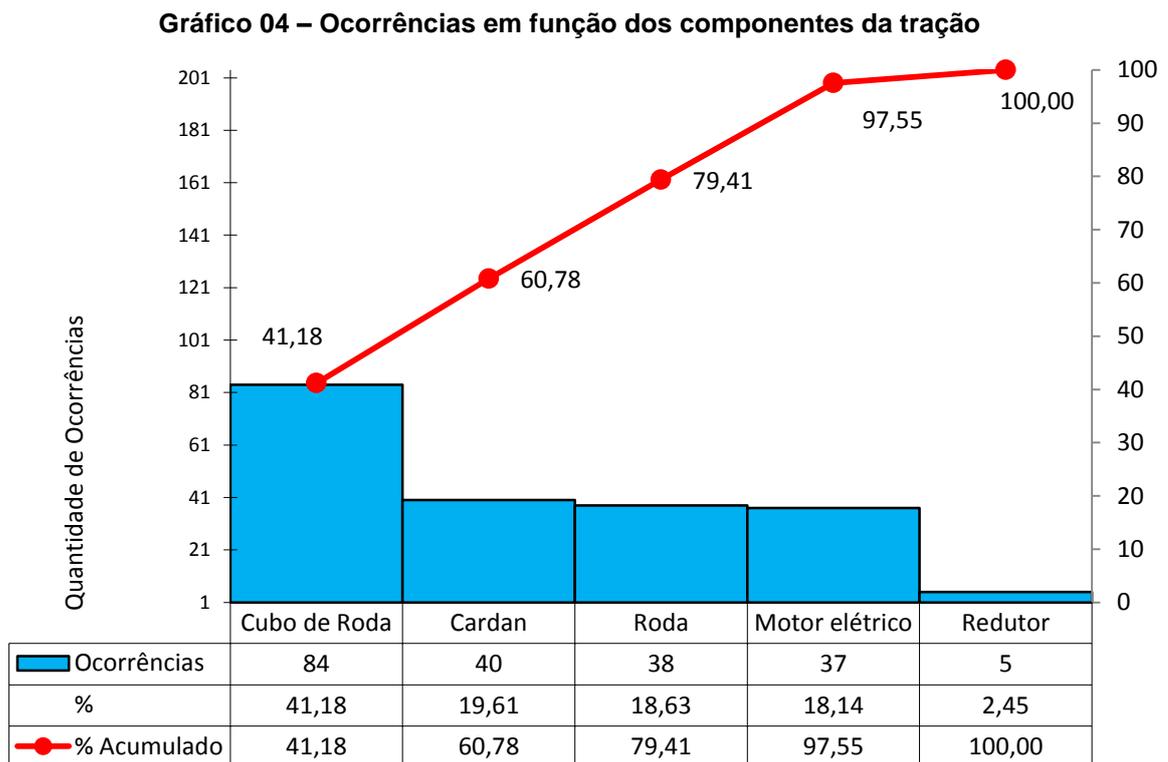
Como mostra a Figura 18, o sistema de tração é formado por cinco componentes: Cubo de roda, redutor, cardan, roda e motor elétrico.

Figura 18 – Componentes do sistema de tração do “Shuttler Car”d



Fonte: Adaptado de Vale (2012 b)

Cada um destes componentes apresentaram índices de intervenções corretivas elevadas no último trimestre de 2011, trazendo um total de 2015 horas de indisponibilidade para estes equipamentos. Como mostra o Gráfico 04, das 204 ocorrências estudadas, o componente em que houve maior número de intervenções foi o cubo de roda (41,58%), seguido do Cardan (19,61%), Rodas (18,63%), motor elétrico (18,14%) e redutor (2,45%), como mostra o Gráfico 04.



Fonte: Autor da pesquisa

Apresentados estes valores, foi realizado estudo para determinar modos de falhas de cada um dos componentes, assim como seus efeitos, identificando o índice de risco de suas ocorrências para, ao fim, propor ações mitigadoras.

4.2 Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos

A análise de modo de falhas e seus efeitos foi realizada através da ferramenta FMEA, dividindo-se o estudo de acordo com os componentes do “Schuttler Card”. Assim, nesta seção será identificado os modos de falhas, causa e

efeitos, realizando-se o cálculo de RPN, cujos índices de severidade, detecção e ocorrência serão obtidos de acordo com os parâmetros estabelecidos pela empresa.

Desta forma os índices de severidade devem ser avaliados segundo o Quadro 02, que observam a criticidade do equipamento para determinar o valor de “S”.

Quadro 02 – Avaliação dos índices de severidades adotados pela empresa em estudo

Tipo de efeito do Modo de Falha		Criticidade dos Equipamentos		
		C	B	A
I	Efeito de degradação no sistema, mas não afeta a produção, a segurança operacional nem o meio ambiente	1	2	4
II	Os modos de falha interrompem de forma imprevista mas por curto tempo o processo de produção (microparadas)	2	4	6
III	Os modos de falha originam paradas significativas no processo de produção	4	6	8
IV	Os modos de falha tem efeitos significativos na segurança pessoal (operacional) e tem impacto ambiental significativo	6	8	9
V	Os efeitos dos modos de falha não são identificados pelos seus usuários (falhas ocultas)	7	9	10

Fonte: Vale (2012 b)

Quanto ao índice de ocorrências, a empresa em estudo leva em consideração o desgaste normal, a desgaste forçado e a falha acidental, bem como os tempos entre falhas identificadas, como mostra o Quadro 03.

Quadro 03 – Avaliação dos índices de ocorrências adotados pela empresa em estudo

Periodicidade observada nas ocorrências dos modos de falha				
Tipo de Mecanismo que origina o Modo de Falha	Tempos entre falhas acima de 600 h	Tempos entre falhas entre 300 e 600 h	Tempos entre falhas entre 30 e 300 h	Tempos entre falhas Inferior 30 h
1 Desgaste Normal	1	2	3	4
2 Degradação forçada	4	5	6	7
3 Acidental	7	8	9	10

Fonte: Vale (2012 b)

Em relação a detecção, a organização sob análise além de considerar o desgaste normal, acidental e a desgaste forçado também o faz em relação ao grau de dificuldade para monitorar o avanço do modo de falha, como mostra o Quadro 04.

Quadro 04 – Avaliação dos índices de detecção adotados pela empresa em estudo

Grau de Dificuldade para monitorar o avanço do Modo de Falha				
Tipo de Mecanismo que origina o Modo de Falha (relação com a taxa de falha)	Facil acesso p/ manutenção e produção	Facil acesso somente para manutenção	Acesso difícil para manutenção	Acesso muito difícil para manutenção
	0-2	2-4	4-10	10+
1 Desgaste Normal	1	2	3	4
2 Degradação forçada	4	5	6	7
3 Acidental	7	8	9	10

Fonte: Vale (2012 b)

Assim, estes parâmetros determinarão os índices de severidade (s), ocorrência (o) e detecção (d), respectivamente, a fim de se calcular o RPN nas FMEAs produzidas a seguir. Observando-se, desde já, que fora estabelecido que somente seriam levadas em consideração, para efeito do estudo e planejamento da manutenção, os RPN acima de 210 pontos.

4.2.1 Cubo de roda

O componente cubo de roda tem a função de transmitir força para as rodas do equipamento, possuindo, conforme estudo realizado no sistema de gestão de manutenção da empresa, três modo de falhas analisáveis (acidentais ou de desgaste forçado), que são: eixo do pinhão quebrado; engrenagem planetária quebrada e junta homocinética quebrada. Em todos os casos, o efeito é tornar o equipamento indisponível.

Ao se realizar brainstorming foram apontadas eventuais causas para tais modos de falhas. Realizando avaliação em conjunto com mecânicos do setor, foram listadas e destacadas somente as causas prováveis das mesmas, como mostra o Quadro 05.

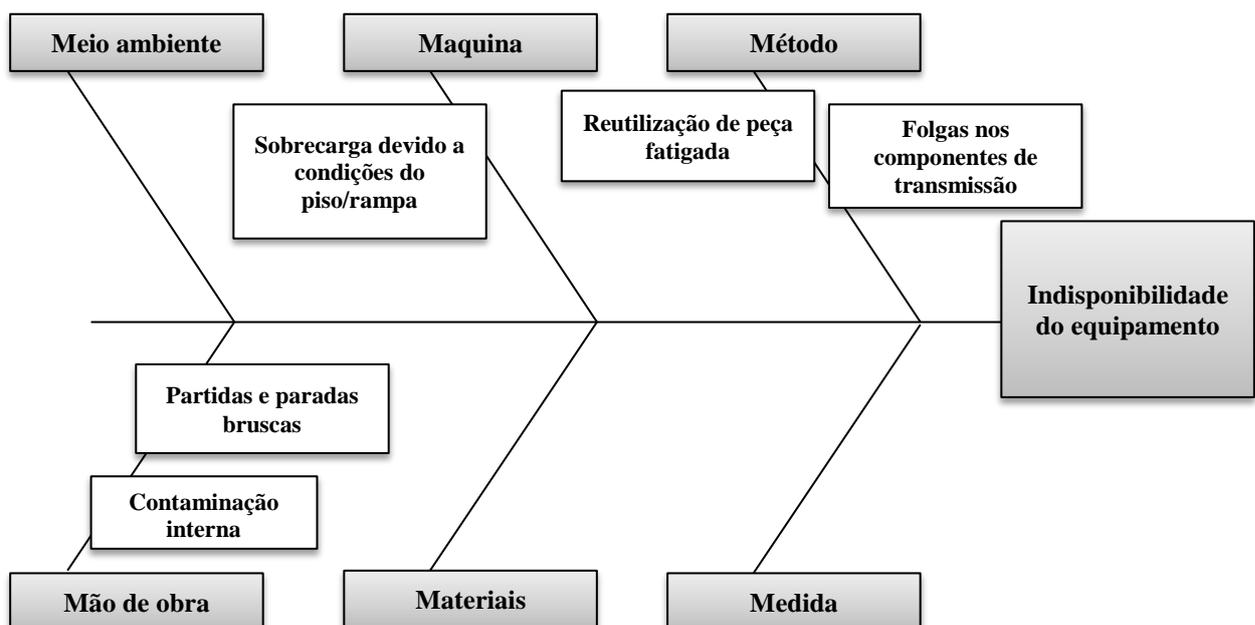
Quadro 05 – Causas prováveis para modos de falha do cubo de roda

MODO DE FALHA	CAUSA	CLASSIFICAÇÃO
Eixo pinhão quebrado	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Provável
	Reutilização de peças fadigadas	Provável
	Contaminação interna	Provável
	Partidas e Paradas bruscas	Provável
	Folga nos componentes de transmissão	Provável
Engrenagem planetária quebrada	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Provável
	Reutilização de peças fadigadas	Provável
	Contaminação interna	Provável
	Partidas e Paradas bruscas	Provável
	Folga nos componentes de transmissão	Provável
Junta Homocinética quebrada	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Provável
	Reutilização de peças fadigadas	Provável
	Contaminação interna	Provável
	Partidas e Paradas bruscas	Provável
	Folga nos componentes de transmissão	Provável

Fonte: Adaptado de Vale (2012 b)

Todas estas causas foram dispostas no diagrama de Ishikawa representado pela Figura 19.

Figura 19 - Diagrama de Ishikawa das causas de quebra de cubo de roda



Fonte: Autor da pesquisa

Como é possível perceber, as causas estão mais concentradas no método adotado para se realizar a manutenção, observando-se falha no aperto dos componentes de transmissão e contaminação interna do equipamento pela não previsão de métodos adequados para tanto. Ademais, a determinação de utilização de peça fatigada também é um problema de método. Além disso, existem causas relacionadas com a própria máquina (sobrecarga devido às condições do piso/rampa) e mão de obra (partidas e paradas bruscas).

Conhecidos os modos de falhas, suas causas e efeitos, foram determinados os índices de severidade, ocorrência e detecção de cada uma, chegando-se ao seu RPN e apontando ações de bloqueio, como mostra a FMEA, representada na Figura 20.

Figura 20 – FMEA do componente Cubo de Roda

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18		Processo: Transporte de minério lavrado		FMEA						
Sistema: Tração		Data: 14/03/2012		Folha: 1/1						
		Elaborado por:		PROJETO FMEA 0001/2012						
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Detecção	RPN	Ações de bloqueio
Cubo de Roda	Transmissão de força para as rodas do equipamento	Eixo pinhão quebrado	Equip. Indisponível	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	6	7	168	Reavaliação de parâmetros de lavra;
				Reutilização de peças fadigadas	Sem controle	4	6	7	168	Estudos de vida remanescente para peças
				Contaminação interna	Inspeção Sensitiva	6	6	7	252	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério. - Sistema tração
				Partidas e Paradas bruscas	Sem controle	4	6	6	144	Implementar partida suave
				Folga nos componentes de transmissão	Procedimentos	6	6	7	252	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério. - Sistema tração
		Engrenagem planetária quebrada	Equip. Indisponível	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	6	7	168	Reavaliação de parâmetros de lavra;
				Reutilização de peças fadigadas	Sem controle	4	6	7	168	Estudos de vida remanescente para peças
				Contaminação interna	Inspeção Sensitiva	6	6	7	252	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério. - Sistema tração
				Partidas e Paradas bruscas	Sem controle	4	6	6	144	Implementar partida suave
				Folga nos componentes de transmissão	Procedimentos	6	6	8	288	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério. - Sistema tração
		Junta Homocinética quebrada	Equip. Indisponível	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	6	7	168	Reavaliação de parâmetros de lavra;
				Reutilização de peças fadigadas	Sem controle	4	6	7	168	Estudos de vida remanescente para peças
				Contaminação interna	Inspeção Sensitiva	6	6	8	324	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério. - Sistema tração
				Partidas e Paradas bruscas	Sem controle	4	6	6	144	Implementar partida suave
				Folga nos componentes de transmissão	Procedimentos	6	6	8	324	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério. - Sistema tração

Fonte: Adaptado da Vale (2012 b)

Para melhor visualização, esta FMEA se encontra em anexo. Como mencionado anteriormente, os valores de “s”, “d” e “o” são determinados pelos parâmetros estabelecidos pela empresa e seu produto é equivalente ao RPN. Embora a FMEA tenha apresentado soluções para todas as causas de falha, somente interessa a este estudo às causas relacionadas com o método, ou seja, a contaminação interna e a folga nos componentes de transmissão.

Tanto assim, que somente sobre elas foi possível se determinar os métodos de controles existentes para avaliação destas causas. Como é possível perceber a solução apontada para ambas as causas é a revisão do plano de manutenção preventiva do sistema de tração do equipamento.

Outro aspecto a ser observado é que somente nestas causas o RPN foi acima do determinado como parâmetro de prioridade para o estudo, ou seja, 210 pontos.

Além disso, a sobrecarga no piso é um problema de natureza estrutural da mina, cabendo a outro setor, que não a de manutenção de equipamentos, realizar as ações propostas. Quanto a reutilização de peças fatigadas, se trata de questão administrativa cujas ações fogem da alçada do setor em questão. Já as partidas e paradas bruscas é uma questão relacionada a treinamento e gestão da mão de obra dos operadores.

4.2.2 Cardan

O componente Cardan é responsável pela transmissão de torque para o redutor de tração. De acordo com os registros de manutenção, foram encontrados três modos de falhas de natureza acidental ou de desgaste forçado, são eles: a quebra da cruzeta, a quebra do eixo estriado, cujo o efeito é a indisponibilidade do equipamento, e o empeno do tubo mecânico, que o efeito é a degradação dos itens girantes e aumento potencial da parada.

Ao se realizar análise dos registros das ocorrências corretivas no cardan foram identificadas as causas das ocorrências destes modos de falhas, como mostra o Quadro 06.

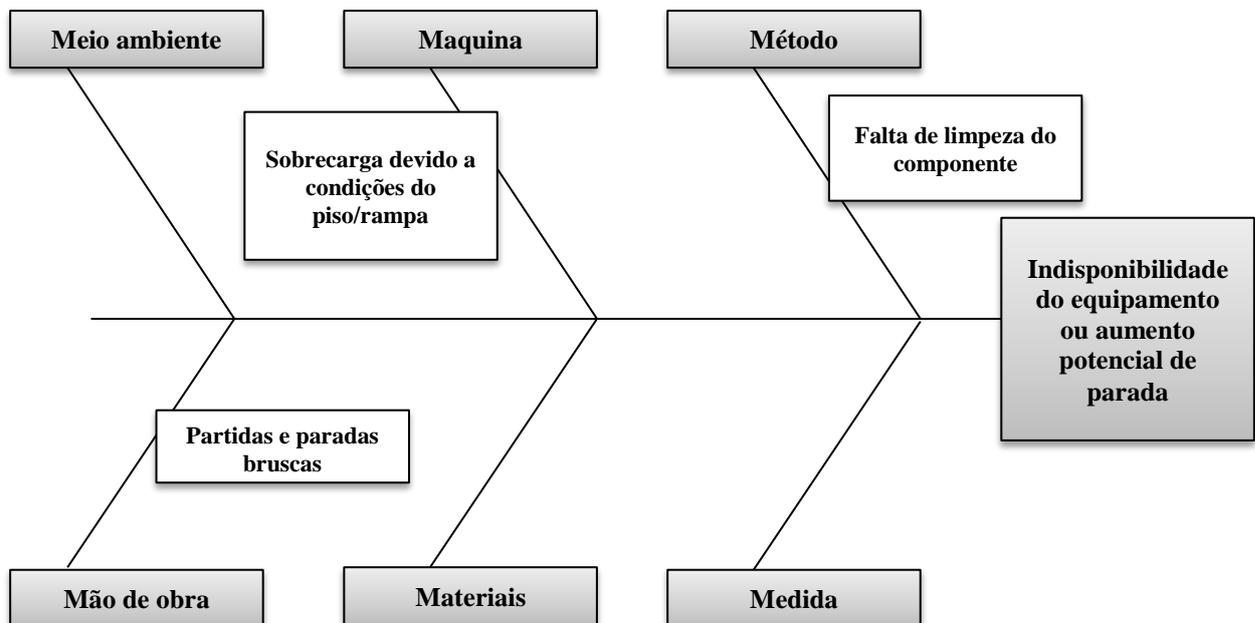
Quadro 06 – Causas para modos de falha da Cardan

MODO DE FALHA	CAUSA	CLASSIFICAÇÃO
Cruzeta quebrada	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Provável
	Partidas e Paradas bruscas	Provável
Tubo mecânico empenado	Falta de limpeza no componente	Provável
Eixo estriado quebrado	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Provável

Fonte: Adaptado de Vale (2012 b)

Todas estas causas foram dispostas no diagrama de Ishikawa representado pela Figura 21.

Figura 21 - Diagrama de Ishikawa das causas de quebra do Cardan



Fonte: Autor da pesquisa

No caso do Cardan, as causas estão relacionadas com a própria máquina (sobrecarga devido às condições do piso/rampa), mão de obra (partidas e paradas bruscas) e método utilizado na realização da manutenção, que não prevê a limpeza do componente.

Alocadas as causas de acordo com o sistema 6M, foi possível identificar que somente uma das causas tem relação com o método adotado pelo atual plano de manutenção, os demais estão relacionados com mão de obra e estrutura da mina. Observadas as causas e efeitos, foram determinadas a severidade, detecção e ocorrência das mesmas, como mostra a Figura 22.

Figura 22 – FMEA do componente Cardan

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18		Processo: Transporte de minério lavrado		FMEA						
Sistema: Tração		Data: 14/03/2012		Folha: 1/1						
		Elaborado por:		PROJETO FMEA 0001/2012						
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Ações de bloqueio
Cardan	Transmissão de torque para o redutor de tração	Cruzeta quebrada	Equip. Indisponível	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	4	4	144	Reavaliação de parâmetros de lavra;
				Partidas e Paradas bruscas	Sem controle	4	4	5	84	Implementar partida suave
		Tubo Mecânico empenado	Degradação dos itens girantes e aumento do potencial de uma parada	Falta de limpeza no componente	Inspeção Sensitiva	4	4	4	64	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema de Tração
		Eixo estriado quebrado	Equip. Indisponível	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	4	4	64	Reavaliação de parâmetros de lavra;

Fonte: Adaptado da Vale (2012 b)

Para efeito desta pesquisa, somente vai ser levado em consideração a causa “falta de limpeza no componente”, vez que é a única que está relacionada com o setor de manutenção. Embora seu controle seja realizado por inspeção sensitiva, há a necessidade de revisar o plano de manutenção, como proposto na FMEA estudada. Quanto as demais causas, serão desconsideradas neste estudo, por estarem relacionadas com outros setores, como de gestão de materiais ou de pessoas.

4.2.3 Roda

A função da roda é auxiliar na locomoção do equipamento, sendo identificados dois modos de falha, que são: enchimento do pneu rompido e quebra e anel trava quebrado. No caso de ocorrência de ambos, o efeito é a indisponibilidade do equipamento.

Ao se analisar os registros de corretivas no sistema de manutenção da empresa em análise foram observadas a existência de três causas para a ocorrência

destes modos de falha, como se pode visualizar no Quadro 07.

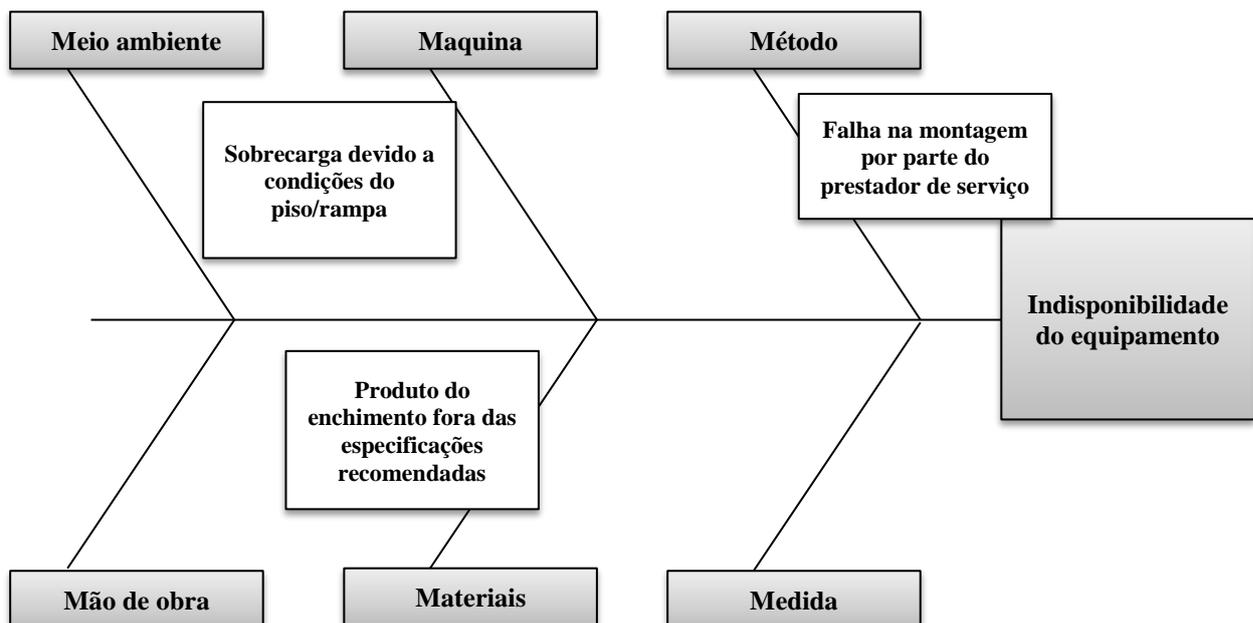
Quadro 07 – Causas prováveis para modos de falha da roda

MODO DE FALHA	CAUSA	CLASSIFICAÇÃO
Enchimento do pneu rompido	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Provável
	Produto do enchimento fora das especificações recomendadas	Provável
Anel trava quebrado	Falha na montagem por parte do prestador de serviço	Provável

Fonte: Adaptado de Vale (2012 b)

Como pode se observar são poucas as causas encontradas para estes modos de falhas, mas para não fugir da padronização do estudo, estas causas foram lançadas em um diagrama de Ishikawa, como mostra a figura 23.

Figura 23 - Diagrama de Ishikawa das causas de problemas nas rodas



Fonte: Autor da pesquisa

Como pode se perceber existem causas relacionadas com o método, à estrutura da empresa e ao material utilizado à mão de obra terceirizada, razão pela qual não será montada FMEA deste modo de falha.

4.2.4 Motor elétrico

A função do motor elétrico é o acionamento elétrico mecânico do sistema de tração do transportador do minério. Nele foram identificados dois modos de falhas, ambos tendo como efeito a indisponibilidade do equipamento. Os modos de falhas são: quebra da engrenagem do acionamento do motor elétrico (pinhão) e o cisalhamento do eixo do motor de tração.

Analisando os registros de corretivas de 2011 foram pontadas as causas destas falhas, todas mostradas no Quadro 08.

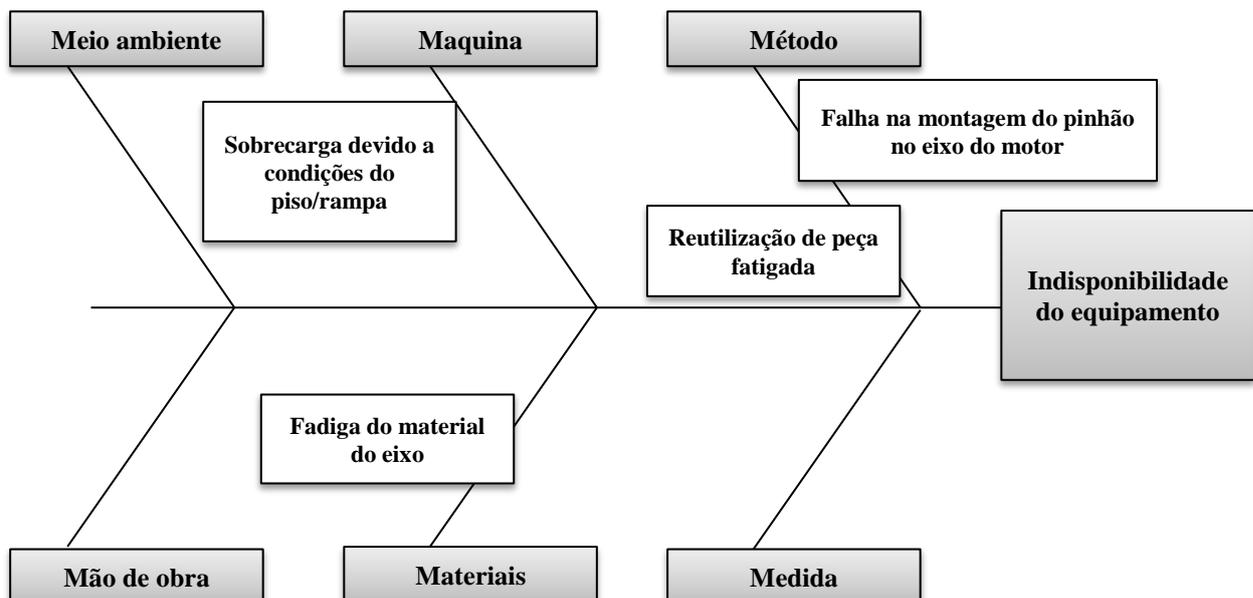
Quadro 08 – Causas prováveis para modos de falha do motor elétrico

MODO DE FALHA	CAUSA	CLASSIFICAÇÃO
Quebra da engrenagem do acionamento do motor elétrico (pinhão)	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Provável
	Reutilização de peças fadigadas	Provável
	Falha na montagem do pinhão no eixo do motor	Provável
Cisalhamento do eixo do motor de tração	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Provável
	Fadiga do material do eixo	Provável
	Falha na montagem do pinhão no eixo do motor	Provável

Fonte: Adaptado de Vale (2012 b)

Todas estas causas foram dispostas no diagrama de Ishikawa representado pela Figura 24.

Figura 24 - Diagrama de Ishikawa das causas de quebra de motor elétrico



Fonte: Autor da pesquisa

As causas de corretivas no motor elétrico, como mostra o diagrama acima, estão concentradas no método adotado pela empresa. Isto porque não há previsão de procedimentos exatos para a montagem do pinhão no eixo do motor, havendo, contudo, determinação de reutilização de peças já fatigadas. Além disso, causas relacionadas com materiais são identificadas, pois mesmo algumas peças não reutilizadas já se encontram fatigadas. Observam-se, ainda, causas da máquina, pois há sobrecarga devido às condições do piso/rampa.

Utilizando os parâmetros da empresa em estudo, foram identificados os índices de severidade, ocorrência e detecção para cada uma das causas, encontrando-se seus RPNs, como mostra a Figura 25, a fim de se determinar as ações que deveriam ser priorizadas na tomada de decisões gerenciais.

Figura 25 – FMEA do componente motor elétrico

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18		Processo: Transporte de minério lavrado		FMEA						
Sistema: Tração		Data: 14/03/2012		Folha: 1/1						
		Elaborado por:		PROJETO FMEA 0001/2012						
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Detecção	RPN	Ações de bloqueio
Motor Elétrico	Acionamento Elétrico Mecânico do sistema de tração do transportador de minério	Quebra da engrenagem de acionamento do motor elétrico (Pinhão)	Equipo.Indisponivel.	Reutilização de peças fadigadas	Sem controle	40	40	40	75	Estudos de vida remanescente para peças
				Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	40	40	40	75	Reavaliação de parâmetros de lavra;
				Falha na montagem do pinhão no eixo do motor	Procedimento	40	40	40	240	Revisar plano de manutenção preventiva do transportar de minério - Sistema tração
	Cisalhament o eixo do motor de tração	Equipo.Indisponivel.	Fadiga do material do eixo	Inspeção Sensitiva	40	40	40	270	Revisar plano de manutenção preventiva do transportar de minério - Sistema tração	
			Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	40	40	40	60	Reavaliação de parâmetros de lavra;	
			Falha na montagem do pinhão no eixo do motor	Procedimento	40	40	40	280	Revisar plano de manutenção preventiva do transportar de minério - Sistema tração	

Fonte: Adaptado da Vale (2012 b)

Pode-se perceber que somente as causas relacionadas a método e materiais atingiram RPN superiores a 210 pontos, ou seja, deve ser objeto de estudos mais detalhados; Os RPNs deste componente variam entre 240 e 280

Assim, as causas de corretivas do redutor de tração estão relacionadas com o método, pois não existe previsão de procedimentos na montagem, causando falha no mesmo, com a medida, por falta de previsibilidade da quebra e de mão de obra, por haver a contaminação interna da peça.

Calculados os RPNs de cada causa, foi elaborado a FMEA para este componente, sendo ela representada pela Figura 27. Este cálculo auxiliou na determinação das causas que deveriam ser priorizadas na elaboração do novo plano de manutenção.

Figura 27 – FMEA do componente redutor de tração

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18			Processo: Transporte de minério lavrado			FMEA				
Sistema: Tração			Data: 14/03/2012			Folha: 1/1				
			Elaborado por:			PROJETO FMEA 0001/2012				
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Ações de bloqueio
Redutor de Tração	Redutor o torque do acionamento do motor elétrico para o cubo de roda	Rolamento quebrado	Equip. Indisponível	Contaminação interna	Inspeção Sensitiva	6	6	6	216	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração
				Falha de montagem	Inspeção Sensitiva	4	6	6	270	Revisar plano de montagem do componente
				Falta de previsibilidade da quebra	Inspeção Preditiva	4	6	6	270	Revisar plano de manutenção preditiva (Vibração) do transportador de minério
		Parafuso de fixação da tampa quebrada	Equip. Indisponível	Falha no procedimento de montagem	Procedimentos	4	6	6	240	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração
		Parafuso Expanado	Equip. Indisponível	Falha no procedimento de montagem	Procedimentos	6	6	4	320	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração

Fonte: Adaptado da Vale (2012 b)

Os RPNs desta FMEA varia entre 216 e 270 pontos, tendo todos eles apontado para a revisão do plano de manutenção e apresentando formas de controle existentes para todas as causas apresentadas.

Observe-se, ainda, a menção da adoção de manutenção preditiva por termovisão no componente redutor de tração. Em razão da precisão que exige sua manutenção e do ambiente agressivo da mina, a manutenção interna do redutor não é realizada in loco, sendo levado ao laboratório para maiores análise. Diante deste

aspecto, a manutenção aplicada pelo plano se limita à substituição do mesmo. Com a aplicação de manutenção preditiva, essa substituição somente seria realizada no caso de haver relatório preditivo determinando-o.

4.3 Avaliação do Plano de Manutenção Atual

A fim de se elaborar um novo plano de manutenção para o sistema de tração do equipamento em análise, deve se realizar avaliação acerca do plano de manutenção em anexo, que pode ser visualizado na Figura 28, adotado pela empresa.

Figura 28 - Plano de manutenção para o sistema de tração do “Shuttler Car”s adotado pela empresa

 GERÊNCIA GERAL DE FERTILIZANTES		GAFEW 	
TÍTULO: PREVENTIVA MECÂNICA TRACÇÃO SC (300 Horas ou 8 Semanas)		Nº GSM-063-08	PÁGINA 01 de 02
Referência: PTVLAVM5C0001		CÓDIGO TREINAMENTO	EMIÇÃO 18/02/2012
			REVISÃO 01
PASSO	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (SEMPRE QUE POSSÍVEL FAÇA CROQUI)	DESVIOS	AÇÕES NECESSÁRIAS
01	Retirar pneu		
02	Fazer limpeza nos parafusos de fixação do cubo de roda		
03	Torquear parafusos fixação do redutor do cubo de roda na estrutura. 2 parafusos (M24x110) - Torque = 1220 Nm 15 parafusos (M20x110) - Torque = 710 Nm	Parafuso quebrado e/ou espanado	Trocar parafuso
04	Torquear parafusos cardã curto / redutor de tração - Torque = (110 - 120) Nm	Parafuso quebrado e/ou espanado	Trocar parafuso
05	Torquear parafusos de fixação das cruzetas e cardãns - Torque = (75 - 80) Nm	Parafuso quebrado e/ou espanado	Trocar parafuso
06	Retirar tampa do cubo de roda		
07	Retirar pinhão		
08	Inspecionar pinhão quanto ao desgaste e/ou quebra dos dentes		
09	Inspecionar engrenagens planetárias quanto a desgaste e/ou quebra de dentes		
10	Inspecionar junta mocinéticas quanto a trincas e/ou dentes quebrado		
11	Inspecionar e/ing quanto a rasgos, achatamentos e ressecados		
12	Recolocar pinhão		
13	Recolocar tampa		
14	Recolocar óleo (17 litros - Tarefa executada, junto a lubrificação)		
15	Fazer limpeza nas articulações do cubo de roda		
16	Verificar folga da articulação do cubo de roda	Articulação folgada e/ou danificada	

Fonte: Autor da Pesquisa

Como é possível perceber, este plano de manutenção é muito superficial e generalizado, não traduzindo o detalhamento necessário para a realização de uma manutenção preventiva adequada. Observa-se, ainda, que ele é muito didático, ou seja, teórico. O plano de manutenção deve ser elaborado, de modo a auxiliar na prática das intervenções planejadas.

Ademais, o que fica mais evidente é que o plano de manutenção adotado pela empresa não cobre satisfatoriamente todos os componentes do sistema de tração do transportador de minérios em estudo. Essa pouca abrangência pode ser determinante para o grande volume de corretivas registradas no período estudo nesta pesquisa.

4.4 Elaboração de um Novo Plano de Manutenção

Diante das causas analisadas foi elaborado um novo plano de manutenção para o sistema de tração do “Shuttler Car”s da empresa sob análise, como pode ser visualizado nos Anexos.

Com efeito, este plano de manutenção é muito mais abrangente, cobrindo quase todos os elementos dos componentes do sistema de tração. Observa-se que, em razão da dimensão e do ambiente onde os equipamentos estão em funcionamento, existem componentes que não podem sofrer manutenção interna, a exemplo do redutor e do motor elétrico, razão pela qual é determinada a substituição em caso de desgaste ou quebra, para posterior manutenção no laboratório da superfície da mina.

Ademais, é importante ressaltar que o novo plano de manutenção é mais prático e mensura os valores de todos os elementos a serem mantidos, garantindo maior confiabilidade a manutenção preventiva empregada no equipamento. Observando-se, também, que o mesmo detalha todos os procedimentos a serem adotados para a manutenção preventiva do sistema de tração do transportador de minérios.

5 CONCLUSÃO

Os planos de manutenção devem ser constantemente atualizados, a fim de que atendam às expectativas da empresa e às necessidades dos equipamentos mantidos. A empresa em estudo, identificando altos índices de corretivas nos seus transportadores de minério realizou estudos para apontar causas e ações mitigadoras, observando-se a necessidade de atualização do plano de manutenção adotado pela mesma.

Com efeito, esta pesquisa utilizou a ferramenta FMEA para analisar os modos de falhas, suas causas e efeitos, a fim de determinar ações mitigadoras que reduzissem sua incidência. A fim de determinar as ações que deveriam ser priorizadas, identificou os índices de ocorrência, detecção e severidade chegando-se ao índice de grau de risco de cada modo de falha. Ademais, foi realizada a avaliação do plano de manutenção já adotado pela empresa em estudo, observando-se a superficialidade do mesmo.

Ao fim deste estudo, e diante dos dados coletados e analisados, foi possível elaborar um novo plano de manutenção que realmente abrangesse todos os componentes do sistema de tração do equipamento em análise. Diante disso, fica evidente a otimização do plano de manutenção do sistema de tração dos transportadores de minérios da mineradora em estudo, alcançando-se, assim, os objetivos propostos por esta pesquisa.

Ademais, o conteúdo desta pesquisa demonstra a necessidade de constante renovação e estudo dos planos de manutenção adotados por uma empresa. A importância desta otimização está no atendimento às necessidades dos maquinários, a fim de que se reduzam corretivas e minimizem-se perdas no processo produtivo.

Observa-se, ainda, que, no início do mês de maio de 2012, a empresa em estudo aprovou o plano de manutenção elaborado nesta pesquisa, pondo em prática as diretrizes por ele determinadas. Espera-se que este plano de manutenção auxilie na redução de corretivas e de paradas do transportador de minérios em análise.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, E. U. R. **Guia de orientação para trabalhos de conclusão de curso: relatórios, artigos e monografias**. Aracaju: FANESE, 2011.
- BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de termos de manutenção e confiabilidade**. Rio de Janeiro: Editora Moderna Ltda, 2000.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total** . 7. ed. Nova Lima – MG: INDG – Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- FERNANDES, José Marcio Ramos; REBELATO, Marcelo Giroto. **Proposta de um métodos para a integração entre QFD e FMEA**. Publicado em Ago/2006. Revista Gestão e Produção, v. 13, n 2, pag 245 a 259.
- LUZ ET AL A. B. da. **Tratamento de Minérios**. 3. ed. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq. 2002.
- MOURA, Cândido. **Análise de modo e efeito de falha potencial (FMEA) – Manual de referência**. Publicado em 2000. Disponível em <www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/amario/.../Inovação/.../FMEA.pdf>, acesso em 22/04/2012.
- NASCIF, Júlio; DORIGO, Luiz Carlos. **Manutenção orientada para resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva**. Volume I. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2002.
- NUNES. Iran Leandro. **Plano de Manutenção Preventiva: a periodicidade das intervenções em instrumentos de medição/ Iran Leandro Nunes– 2011.62f.: il Monografia (Graduação) – FANESE, 2011.**
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. **Gestão estratégica e técnicas preditivas**. Rio de Janeiro: QQualitymark, 2002.
- PALADINI. Edson Pacheco. **Qualidade total na prática. Implantação e avaliação de sistemas de qualidade total**. 2º edição. São Paulo: Editora Atlas S.A, 1997.
- PALADY, Paul. FMEA: **Análise dos métodos de falhas e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 2002
- SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade Manual de implantação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SHUTTLE. **Transportador Shuttler Car**. Aracaju: Vale, 2009.

SOUZA, Valdir Cardoso de. **Organização e gerencia da manutenção**, editora All Print, 2009.

TAVARES, Lourival. **Manutenção centrada no negócio**. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 2005.

VALE. **Manual da manutenção industrial**. Aracaju: Vale, 2002.

____. **Caminhão rebaixado shuttle car**. Aracaju: Vale, 2009.

____. **Manual de beneficiamento de Potássio da Vale**. Sergipe: Vale, 2011.

____. **Portal da Vale, 2012**. Disponível em < www.vale.com.br>, acesso em 22 de Fevereiro de 2012.

____. **Estudo de falhas em Shuttler cards – sistema de tração**. Sergipe: Vale, 2012 b.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

VIANA, Herbert R.G. **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo horizonte: Editora Littera Maciel Ltda, 1995.

ANEXOS

ANEXO A - FMEAs DO SISTEMA DE TRAÇÃO DO TRANSPORTADOR CONTÍNUO

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18		Processo: Transporte de minério lavrado		FMEA							
Sistema: Tração		Data: 14/03/2012		Folha: 1/1							
Sistema: Tração		Elaborado por:		PROJETO FMEA 0001/2012							
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Ações de bloqueio	
Cubo de Roda	Transmissão de força para as rodas do equipamento	Eixo pinhão quebrado	Equip.Indisponível	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	6	7	168	Reavaliação de parâmetros de lavra;	
				Reutilização de peças fadigadas	Sem controle	4	6	7	168	Estudos de vida remanescente para peças	
				Contaminação interna	Inspeção Sensitiva	6	6	7	252	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração	
				Partidas e Paradas bruscas	Sem controle	4	6	6	144	Implementar partida suave	
				Folga nos componentes de transmissão	Procedimentos	6	6	7	252	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração	
				Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	6	7	168	Reavaliação de parâmetros de lavra;	
		Engrenagem planetaria quebrada	Equip.Indisponível	Reutilização de peças fadigadas	Sem controle	4	6	7	168	Estudos de vida remanescente para peças	
					Contaminação interna	Inspeção Sensitiva	6	6	7	252	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração
					Partidas e Paradas bruscas	Sem controle	4	6	6	144	Implementar partida suave
					Folga nos componentes de transmissão	Procedimentos	6	6	8	288	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração
					Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	6	7	168	Reavaliação de parâmetros de lavra;
					Reutilização de peças fadigadas	Sem controle	4	6	7	168	Estudos de vida remanescente para peças
Junta Homocinética quebrada	Equip.Indisponível	Junta Homocinética quebrada	Equip.Indisponível	Contaminação interna	Inspeção Sensitiva	6	6	9	324	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração	
				Partidas e Paradas bruscas	Sem controle	4	6	6	144	Implementar partida suave	
				Folga nos componentes de transmissão	Procedimentos	6	6	9	324	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração	

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18		Processo: Transporte de minério lavrado		FMEA						
Sistema: Tração		Data: 14/03/2012		Folha: 1/1						
		Elaborado por:		PROJETO FMEA 0001/2012						
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Detecção	RPN	Ações de bloqueio
Cardan	Transmissão de torque para o redutor de tração	Cruzeta quebrada	Equip.Indisponível	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	4	6	6	144	Reavaliação de parâmetros de lavra;
				Partidas e Paradas bruscas	Sem controle	4	3	7	84	Implementar partida suave
		Tubo Mecânico empenado	Degradação dos itens girantes e aumento do potencial de uma parada	Falta de limpeza no componente	Inspeção Sensitiva	4	6	3	72	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema de Tração
		Eixo estriado quebrado	Equip.Indisponível	Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	5	6	3	90	Reavaliação de parâmetros de lavra;

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18		Processo: Transporte de minério lavrado				FMEA				
Sistema: Tração		Data: 14/03/2012				Folha: 1/1				
		Elaborado por:				PROJETO FMEA 0001/2012				
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Ações de bloqueio
Roda	Locomoção do equipamento	Enchimento do pneu rompido	Equip.Indisponível	Produto do enchimento fora das especificações recomendadas	Sem controle	5	5	3	75	Enviar uma notificação para o prestador de serviço baseado em tempo de vida útil do componente
				Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	5	5	3	75	Reavaliação de parâmetros de lavra;
		Anel Trava quebrado	Equip.Indisponível	Falha na montagem por parte do prestador de serviço	Sem controle	5	5	3	75	Enviar uma notificação para o prestador de serviço baseado em tempo de vida útil do componente

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18		Processo: Transporte de minério lavrado		FMEA						
Sistema: Tração		Data: 14/03/2012		Folha: 1/1						
		Elaborado por:		PROJETO FMEA 0001/2012						
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Ações de bloqueio
Redutor de Tração	Redutor o torque do acionamento do motor elétrico para o cubo de roda			Contaminação interna	Inspeção Sensitiva	5	5	5	216	Revisar plano de manutenção preventiva do transportador de minério - Sistema tração
		Rolamento quebrado	Equip.Indisponível	Falha de montagem	Inspeção Sensitiva	5	5	270	Revisar plano de montagem do componente	
				Falta de previsibilidade da quebra	Inspeção Preditiva	5	5	270	Revisar plano de manutenção preventiva (Vibração) do transportador de minério	
		Parafuso de fixação da tampa quebrada	Equip.Indisponível	Falha no procedimento de montagem	Procedimentos	5	5	240	Revisar plano de manutenção preventiva do transportar de minério - Sistema tração	
		Parafuso Expanado	Equip.Indisponível	Falha no procedimento de montagem	Procedimentos	5	5	320	Revisar plano de manutenção preventiva do transportar de minério - Sistema tração	

Equipamento (s): 14SC07 ao 14SC18		Processo: Transporte de minério lavrado				FMEA						
Sistema: Tração		Data: 14/03/2012				Folha: 1/1						
		Elaborado por:				PROJETO FMEA 0001/2012						
Nome do componente	Função do Componente	Modo de falha	Efeito da falha	Causa da falha	Controle existente	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN	Ações de bloqueio		
Motor Elétrico	Acionamento Elétrico Mecânico do sistema de tração do transportador de minério	Quebra da engrenagem de acionamento do motor elétrico (Pinhão)	Equip.Indisponível	Reutilização de peças fadigadas	Sem controle	5	5	3	75	Estudos de vida remanescente para peças		
				Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	5	5	3	75	Reavaliação de parâmetros de lavra;		
		Cisalhament o eixo do motor de tração	Equip.Indisponível	Falha na montagem do pinhão no eixo do motor	Procedimento	5	6	8	240	Revisar plano de manutenção preventiva do transportar de minério - Sistema tração		
				Fadiga do material do eixo	Inspeção Sensitiva	5	6	9	270	Revisar plano de manutenção preventiva do transportar de minério - Sistema tração		
				Sobrecarga devido a condição do piso / rampa	Sem controle	5	6	3	90	Reavaliação de parâmetros de lavra;		
						Falha na montagem do pinhão no eixo do motor	Procedimento	5	7	8	280	Revisar plano de manutenção preventiva do transportar de minério - Sistema tração

ANEXO B – PLANO DE MANUTENÇÃO ATUAL DA EMPRESA

	GERÊNCIA GERAL DE FERTILIZANTES		GAFEW	
TÍTULO:	PREVENTIVA MECÂNICA TRACÇÃO SC (300 Horas ou 8 Semanas)			#PÁGINA 01 de 02
Referência:				EMISSÃO 18/02/2012
PTVLAVMSC0001				REVISÃO 01
PROCESSO:	EQUIPAMENTO / CLASSE DE EQUIPAMENTO: SHUTTLE CAR / SC			TAQ(S) ASSOCIADO(S): 14SC017 A 14SC18
LAVRA	EXECUTANTE(S) DA ATIVIDADE (Quantidade e Especialidade): (01)-MECÂNICO			PORTADOR / PONTO DE USO: MECÂNICOS
RESPONSÁVEL TÉCNICO:				CLASSIFICAÇÃO: COMUM
OLAVO PINTO (544189)	NATUREZA: PREVENTIVA			
TEMPO-PADRÃO: 04:00	CONDIÇÃO DE EXECUÇÃO: PARADO E DESERNEGIZADO			
RECURSOS NECESSÁRIOS (Materiais, Ferramentas e Equipamentos):	EPI • EPC / FERRAMENTAS DE SSO • SGOA (Discriminar):			CUIDADOS ESPECIAIS / PROVIDÊNCIAS ADICIONAIS:
FERRAMENTAS: (01) CABO "T" COM ENCAIXE 3/4" (01) CHAVE SOQUETE 1.1/8" (01) CABO "T" COM ENCAIXE 3/4" (01) CHAVE SOQUETE 17 E 19 mm (01) ALAVANCA (01) CHAVE ALLEN 3/8", 3/16" e 3/4" (01) CHAVE GRIFO 24" (01) CHAVE COMBINADAS 5/8", 7/8", 9/16", 11/16", 3/4", 1.1/4", 1.1/4", 7/16", 3/4" e 1.1/16"	EPI • EPC: CAPACETE OCULOS DE SEGURANÇA PROTECTOR AJURICULAR (PLUG OU CONCHA) BOTAS DE SEGURANÇA RADIO TRANSCREPTOR PORTÁTIL SSO • SGOA: APT - RG 0002 (ANÁLISE PRELIMINAR DA TAREFA) PTE - RG 0004 (PERMISSÃO PARA TRABALHOS ESPECIAIS) PRO 0005 - GAFEW (MANUTENÇÃO ELETROMECÂNICA NOS EQUIPAMENTOS DE LAVRA, DESENVOLVIMENTO E SONDAGEM) PRO 0015 (BLOQUEIO DE DISPOSITIVOS DE MANGUEIRA) PRO 0048 (LIBERAÇÃO E DEVOLUÇÃO DE EQUIPAMENTO - LDE) PGS 0016 - GAFEW (CLASSIFICAÇÃO, SEGREGAÇÃO, COLETA E ESTOCAGEM DE RESÍDUOS PARA DESCARTE)			CUIDADOS ESPECIAIS: - AVALIAÇÃO PREVIA DE TODOS OS RECURSOS NECESSÁRIOS: QUANTIDADE, DISPONIBILIDADE E GRAU DE CONSERVAÇÃO - ELABORAÇÃO DE APT, PTE E DEMAIS FERRAMENTAS DE SEGURANÇA E DE MEIO AMBIENTE NECESSÁRIAS À ATIVIDADE E MANTER NO LOCAL - UTILIZAR EPI'S E EPC'S OBRIGATORIOS - COMUNICAÇÃO A TODOS OS ENVOLVIDOS E PARTES INTERESSADAS OU AFETADAS PELA EXECUÇÃO DA TAREFA - ISOLAR ÁREA PARA EVITAR ACESSO DE PESSOAS NÃO CREDENCIADAS - REGISTRAR: TODOS OS DESVIOS, VALORES, COLETADOS E DEMAIS DADOS E INFORMAÇÕES OBSERVADOS E EVIDENCIADOS DURANTE A EXECUÇÃO DA TAREFA NA PRÓPRIA ORDEM DE SERVIÇO - EFETUAR SS NO LOCAL DE TRABALHO PROVIDÊNCIAS ADICIONAIS:
RESULTADOS ESPERADOS (Descrição e Valor Agregado): MANTENIBILIDADE E CONFIABILIDADE AUMENTO DA DISPONIBILIDADE OPERACIONAL	MOTOR ISENTO DE ANORMALIDADES ÁREA LIMPA E ISENTO DE RESÍDUOS			
PALAVRAS-CHAVE	ELABORAÇÃO	VALIDAÇÃO	HOMOLOGAÇÃO	
PREVENTIVA, SHUTTLE CAR, TRACÇÃO	CRIOADO POR: GSM	DATA: 18/02/2012	ENGENHARIA: RODRIGO PERFEITO	GERÊNCIA DE ÁREA: SANDRO FONTES
URVE DE REDE:	P:\André Arceji\003 - PREVENTIVA MECÂNICA TRACÇÃO SC (300 Horas ou 8 Semanas)\hono.xlsx\PRO_Página Corpo			

ANEXO C – NOVO PLANO DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA DE TRAÇÃO DO TRANSPORTADOR DE MINÉRIOS

VALE	GERÊNCIA GERAL DE FERTILIZANTES		GAFEW	
TÍTULO: PREVENTIVA MECANICA SC (300 Horas ou 8 Semanas)				
Referência: PTVLAVMSC0001				
PROCESSO: LAVRA	EQUIPAMENTO / CLASSE DE EQUIPAMENTO: SHUTTLE CAR / SC	TAG(S) ASSOCIADO(S): 14SC07 A 14SC18	Nº PRO-00011-GAFEW	PÁGINA 01 de 06
RESPONSÁVEL TÉCNICO: OLAVO PINTO (544189)	EXECUTANTE(S) DA ATIVIDADE (Quantidade e Especialidade): (02) MECÂNICO	PORTADOR / PONTO DE USO: MECÂNICOS	CODIGO TREINAMENTO	EMIÇÃO 10/02/2012
TEMPO-PADRÃO: 08:00	CONDIÇÃO DE EXECUÇÃO: PARADO E DESERNEGIZADO	NATUREZA: PREVENTIVA	CLASSIFICAÇÃO: ESPECÍFICO	
RECURSOS NECESSÁRIOS (Materiais, Ferramentas e Equipamentos):				
FERRAMENTAS: CABO "T" COM ENCAIXE 3/4" CHAVE SOQUETE 1 1/8", 1 1/4", 1 1/2", 1 3/4", 1 7/8", 2", 2 1/8", 2 1/4", 2 3/8", 2 1/2", 2 5/8", 3", 3 1/8", 3 1/4", 3 1/2", 3 3/4", 4", 4 1/4", 4 1/2", 4 3/4", 5", 5 1/4", 5 1/2", 5 3/4", 6", 6 1/4", 6 1/2", 6 3/4", 7", 7 1/4", 7 1/2", 7 3/4", 8", 8 1/4", 8 1/2", 8 3/4", 9", 9 1/4", 9 1/2", 9 3/4", 10", 10 1/4", 10 1/2", 10 3/4", 11", 11 1/4", 11 1/2", 11 3/4", 12", 12 1/4", 12 1/2", 12 3/4", 13", 13 1/4", 13 1/2", 13 3/4", 14", 14 1/4", 14 1/2", 14 3/4", 15", 15 1/4", 15 1/2", 15 3/4", 16", 16 1/4", 16 1/2", 16 3/4", 17", 17 1/4", 17 1/2", 17 3/4", 18", 18 1/4", 18 1/2", 18 3/4", 19", 19 1/4", 19 1/2", 19 3/4", 20", 20 1/4", 20 1/2", 20 3/4", 21", 21 1/4", 21 1/2", 21 3/4", 22", 22 1/4", 22 1/2", 22 3/4", 23", 23 1/4", 23 1/2", 23 3/4", 24", 24 1/4", 24 1/2", 24 3/4", 25", 25 1/4", 25 1/2", 25 3/4", 26", 26 1/4", 26 1/2", 26 3/4", 27", 27 1/4", 27 1/2", 27 3/4", 28", 28 1/4", 28 1/2", 28 3/4", 29", 29 1/4", 29 1/2", 29 3/4", 30", 30 1/4", 30 1/2", 30 3/4", 31", 31 1/4", 31 1/2", 31 3/4", 32", 32 1/4", 32 1/2", 32 3/4", 33", 33 1/4", 33 1/2", 33 3/4", 34", 34 1/4", 34 1/2", 34 3/4", 35", 35 1/4", 35 1/2", 35 3/4", 36", 36 1/4", 36 1/2", 36 3/4", 37", 37 1/4", 37 1/2", 37 3/4", 38", 38 1/4", 38 1/2", 38 3/4", 39", 39 1/4", 39 1/2", 39 3/4", 40", 40 1/4", 40 1/2", 40 3/4", 41", 41 1/4", 41 1/2", 41 3/4", 42", 42 1/4", 42 1/2", 42 3/4", 43", 43 1/4", 43 1/2", 43 3/4", 44", 44 1/4", 44 1/2", 44 3/4", 45", 45 1/4", 45 1/2", 45 3/4", 46", 46 1/4", 46 1/2", 46 3/4", 47", 47 1/4", 47 1/2", 47 3/4", 48", 48 1/4", 48 1/2", 48 3/4", 49", 49 1/4", 49 1/2", 49 3/4", 50", 50 1/4", 50 1/2", 50 3/4", 51", 51 1/4", 51 1/2", 51 3/4", 52", 52 1/4", 52 1/2", 52 3/4", 53", 53 1/4", 53 1/2", 53 3/4", 54", 54 1/4", 54 1/2", 54 3/4", 55", 55 1/4", 55 1/2", 55 3/4", 56", 56 1/4", 56 1/2", 56 3/4", 57", 57 1/4", 57 1/2", 57 3/4", 58", 58 1/4", 58 1/2", 58 3/4", 59", 59 1/4", 59 1/2", 59 3/4", 60", 60 1/4", 60 1/2", 60 3/4", 61", 61 1/4", 61 1/2", 61 3/4", 62", 62 1/4", 62 1/2", 62 3/4", 63", 63 1/4", 63 1/2", 63 3/4", 64", 64 1/4", 64 1/2", 64 3/4", 65", 65 1/4", 65 1/2", 65 3/4", 66", 66 1/4", 66 1/2", 66 3/4", 67", 67 1/4", 67 1/2", 67 3/4", 68", 68 1/4", 68 1/2", 68 3/4", 69", 69 1/4", 69 1/2", 69 3/4", 70", 70 1/4", 70 1/2", 70 3/4", 71", 71 1/4", 71 1/2", 71 3/4", 72", 72 1/4", 72 1/2", 72 3/4", 73", 73 1/4", 73 1/2", 73 3/4", 74", 74 1/4", 74 1/2", 74 3/4", 75", 75 1/4", 75 1/2", 75 3/4", 76", 76 1/4", 76 1/2", 76 3/4", 77", 77 1/4", 77 1/2", 77 3/4", 78", 78 1/4", 78 1/2", 78 3/4", 79", 79 1/4", 79 1/2", 79 3/4", 80", 80 1/4", 80 1/2", 80 3/4", 81", 81 1/4", 81 1/2", 81 3/4", 82", 82 1/4", 82 1/2", 82 3/4", 83", 83 1/4", 83 1/2", 83 3/4", 84", 84 1/4", 84 1/2", 84 3/4", 85", 85 1/4", 85 1/2", 85 3/4", 86", 86 1/4", 86 1/2", 86 3/4", 87", 87 1/4", 87 1/2", 87 3/4", 88", 88 1/4", 88 1/2", 88 3/4", 89", 89 1/4", 89 1/2", 89 3/4", 90", 90 1/4", 90 1/2", 90 3/4", 91", 91 1/4", 91 1/2", 91 3/4", 92", 92 1/4", 92 1/2", 92 3/4", 93", 93 1/4", 93 1/2", 93 3/4", 94", 94 1/4", 94 1/2", 94 3/4", 95", 95 1/4", 95 1/2", 95 3/4", 96", 96 1/4", 96 1/2", 96 3/4", 97", 97 1/4", 97 1/2", 97 3/4", 98", 98 1/4", 98 1/2", 98 3/4", 99", 99 1/4", 99 1/2", 99 3/4", 100", 100 1/4", 100 1/2", 100 3/4", 101", 101 1/4", 101 1/2", 101 3/4", 102", 102 1/4", 102 1/2", 102 3/4", 103", 103 1/4", 103 1/2", 103 3/4", 104", 104 1/4", 104 1/2", 104 3/4", 105", 105 1/4", 105 1/2", 105 3/4", 106", 106 1/4", 106 1/2", 106 3/4", 107", 107 1/4", 107 1/2", 107 3/4", 108", 108 1/4", 108 1/2", 108 3/4", 109", 109 1/4", 109 1/2", 109 3/4", 110", 110 1/4", 110 1/2", 110 3/4", 111", 111 1/4", 111 1/2", 111 3/4", 112", 112 1/4", 112 1/2", 112 3/4", 113", 113 1/4", 113 1/2", 113 3/4", 114", 114 1/4", 114 1/2", 114 3/4", 115", 115 1/4", 115 1/2", 115 3/4", 116", 116 1/4", 116 1/2", 116 3/4", 117", 117 1/4", 117 1/2", 117 3/4", 118", 118 1/4", 118 1/2", 118 3/4", 119", 119 1/4", 119 1/2", 119 3/4", 120", 120 1/4", 120 1/2", 120 3/4, 121", 121 1/4", 121 1/2", 121 3/4, 122", 122 1/4", 122 1/2", 122 3/4, 123", 123 1/4", 123 1/2", 123 3/4, 124", 124 1/4", 124 1/2", 124 3/4, 125", 125 1/4", 125 1/2", 125 3/4, 126", 126 1/4", 126 1/2", 126 3/4, 127", 127 1/4", 127 1/2", 127 3/4, 128", 128 1/4", 128 1/2", 128 3/4, 129", 129 1/4", 129 1/2", 129 3/4, 130", 130 1/4", 130 1/2", 130 3/4, 131", 131 1/4", 131 1/2", 131 3/4, 132", 132 1/4", 132 1/2", 132 3/4, 133", 133 1/4", 133 1/2", 133 3/4, 134", 134 1/4", 134 1/2", 134 3/4, 135", 135 1/4", 135 1/2", 135 3/4, 136", 136 1/4", 136 1/2", 136 3/4, 137", 137 1/4", 137 1/2", 137 3/4, 138", 138 1/4", 138 1/2", 138 3/4, 139", 139 1/4", 139 1/2", 139 3/4, 140", 140 1/4", 140 1/2", 140 3/4, 141", 141 1/4", 141 1/2", 141 3/4, 142", 142 1/4", 142 1/2", 142 3/4, 143", 143 1/4", 143 1/2", 143 3/4, 144", 144 1/4", 144 1/2", 144 3/4, 145", 145 1/4", 145 1/2", 145 3/4, 146", 146 1/4", 146 1/2", 146 3/4, 147", 147 1/4", 147 1/2", 147 3/4, 148", 148 1/4", 148 1/2", 148 3/4, 149", 149 1/4", 149 1/2", 149 3/4, 150", 150 1/4", 150 1/2", 150 3/4, 151", 151 1/4", 151 1/2", 151 3/4, 152", 152 1/4", 152 1/2", 152 3/4, 153", 153 1/4", 153 1/2", 153 3/4, 154", 154 1/4", 154 1/2", 154 3/4, 155", 155 1/4", 155 1/2", 155 3/4, 156", 156 1/4", 156 1/2", 156 3/4, 157", 157 1/4", 157 1/2", 157 3/4, 158", 158 1/4", 158 1/2", 158 3/4, 159", 159 1/4", 159 1/2", 159 3/4, 160", 160 1/4", 160 1/2", 160 3/4, 161", 161 1/4", 161 1/2", 161 3/4, 162", 162 1/4", 162 1/2", 162 3/4, 163", 163 1/4", 163 1/2", 163 3/4, 164", 164 1/4", 164 1/2", 164 3/4, 165", 165 1/4", 165 1/2", 165 3/4, 166", 166 1/4", 166 1/2", 166 3/4, 167", 167 1/4", 167 1/2", 167 3/4, 168", 168 1/4", 168 1/2", 168 3/4, 169", 169 1/4", 169 1/2", 169 3/4, 170", 170 1/4", 170 1/2", 170 3/4, 171", 171 1/4", 171 1/2", 171 3/4, 172", 172 1/4", 172 1/2", 172 3/4, 173", 173 1/4", 173 1/2", 173 3/4, 174", 174 1/4", 174 1/2", 174 3/4, 175", 175 1/4", 175 1/2", 175 3/4, 176", 176 1/4", 176 1/2", 176 3/4, 177", 177 1/4", 177 1/2", 177 3/4, 178", 178 1/4", 178 1/2", 178 3/4, 179", 179 1/4", 179 1/2", 179 3/4, 180", 180 1/4", 180 1/2", 180 3/4, 181", 181 1/4", 181 1/2", 181 3/4, 182", 182 1/4", 182 1/2", 182 3/4, 183", 183 1/4", 183 1/2", 183 3/4, 184", 184 1/4", 184 1/2", 184 3/4, 185", 185 1/4", 185 1/2", 185 3/4, 186", 186 1/4", 186 1/2", 186 3/4, 187", 187 1/4", 187 1/2", 187 3/4, 188", 188 1/4", 188 1/2", 188 3/4, 189", 189 1/4", 189 1/2", 189 3/4, 190", 190 1/4", 190 1/2", 190 3/4, 191", 191 1/4", 191 1/2", 191 3/4, 192", 192 1/4", 192 1/2", 192 3/4, 193", 193 1/4", 193 1/2", 193 3/4, 194", 194 1/4", 194 1/2", 194 3/4, 195", 195 1/4", 195 1/2", 195 3/4, 196", 196 1/4", 196 1/2", 196 3/4, 197", 197 1/4", 197 1/2", 197 3/4, 198", 198 1/4", 198 1/2", 198 3/4, 199", 199 1/4", 199 1/2", 199 3/4, 200", 200 1/4", 200 1/2", 200 3/4, 201", 201 1/4", 201 1/2", 201 3/4, 202", 202 1/4", 202 1/2", 202 3/4, 203", 203 1/4", 203 1/2", 203 3/4, 204", 204 1/4", 204 1/2", 204 3/4, 205", 205 1/4", 205 1/2", 205 3/4, 206", 206 1/4", 206 1/2", 206 3/4, 207", 207 1/4", 207 1/2", 207 3/4, 208", 208 1/4", 208 1/2", 208 3/4, 209", 209 1/4", 209 1/2", 209 3/4, 210", 210 1/4", 210 1/2", 210 3/4, 211", 211 1/4", 211 1/2", 211 3/4, 212", 212 1/4", 212 1/2", 212 3/4, 213", 213 1/4", 213 1/2", 213 3/4, 214", 214 1/4", 214 1/2", 214 3/4, 215", 215 1/4", 215 1/2", 215 3/4, 216", 216 1/4", 216 1/2", 216 3/4, 217", 217 1/4", 217 1/2", 217 3/4, 218", 218 1/4", 218 1/2", 218 3/4, 219", 219 1/4", 219 1/2", 219 3/4, 220", 220 1/4", 220 1/2", 220 3/4, 221", 221 1/4", 221 1/2", 221 3/4, 222", 222 1/4", 222 1/2", 222 3/4, 223", 223 1/4", 223 1/2", 223 3/4, 224", 224 1/4", 224 1/2", 224 3/4, 225", 225 1/4", 225 1/2", 225 3/4, 226", 226 1/4", 226 1/2", 226 3/4, 227", 227 1/4", 227 1/2", 227 3/4, 228", 228 1/4", 228 1/2", 228 3/4, 229", 229 1/4", 229 1/2", 229 3/4, 230", 230 1/4", 230 1/2", 230 3/4, 231", 231 1/4", 231 1/2", 231 3/4, 232", 232 1/4", 232 1/2", 232 3/4, 233", 233 1/4", 233 1/2", 233 3/4, 234", 234 1/4", 234 1/2", 234 3/4, 235", 235 1/4", 235 1/2", 235 3/4, 236", 236 1/4", 236 1/2", 236 3/4, 237", 237 1/4", 237 1/2", 237 3/4, 238", 238 1/4", 238 1/2", 238 3/4, 239", 239 1/4", 239 1/2", 239 3/4, 240", 240 1/4", 240 1/2", 240 3/4, 241", 241 1/4", 241 1/2", 241 3/4, 242", 242 1/4", 242 1/2", 242 3/4, 243", 243 1/4", 243 1/2", 243 3/4, 244", 244 1/4", 244 1/2", 244 3/4, 245", 245 1/4", 245 1/2", 245 3/4, 246", 246 1/4", 246 1/2", 246 3/4, 247", 247 1/4", 247 1/2", 247 3/4, 248", 248 1/4", 248 1/2", 248 3/4, 249", 249 1/4", 249 1/2", 249 3/4, 250", 250 1/4", 250 1/2", 250 3/4, 251", 251 1/4", 251 1/2", 251 3/4, 252", 252 1/4", 252 1/2", 252 3/4, 253", 253 1/4", 253 1/2", 253 3/4, 254", 254 1/4", 254 1/2", 254 3/4, 255", 255 1/4", 255 1/2", 255 3/4, 256", 256 1/4", 256 1/2", 256 3/4, 257", 257 1/4", 257 1/2", 257 3/4, 258", 258 1/4", 258 1/2", 258 3/4, 259", 259 1/4", 259 1/2", 259 3/4, 260", 260 1/4", 260 1/2", 260 3/4, 261", 261 1/4", 261 1/2", 261 3/4, 262", 262 1/4", 262 1/2", 262 3/4, 263", 263 1/4", 263 1/2", 263 3/4, 264", 264 1/4", 264 1/2", 264 3/4, 265", 265 1/4", 265 1/2", 265 3/4, 266", 266 1/4", 266 1/2", 266 3/4, 267", 267 1/4", 267 1/2", 267 3/4, 268", 268 1/4", 268 1/2", 268 3/4, 269", 269 1/4", 269 1/2", 269 3/4, 270", 270 1/4", 270 1/2", 270 3/4, 271", 271 1/4", 271 1/2", 271 3/4, 272", 272 1/4", 272 1/2", 272 3/4, 273", 273 1/4", 273 1/2", 273 3/4, 274", 274 1/4", 274 1/2", 274 3/4, 275", 275 1/4", 275 1/2", 275 3/4, 276", 276 1/4", 276 1/2", 276 3/4, 277", 277 1/4", 277 1/2", 277 3/4, 278", 278 1/4", 278 1/2", 278 3/4, 279", 279 1/4", 279 1/2", 279 3/4, 280", 280 1/4", 280 1/2", 280 3/4, 281", 281 1/4", 281 1/2", 281 3/4, 282", 282 1/4", 282 1/2", 282 3/4, 283", 283 1/4", 283 1/2", 283 3/4, 284", 284 1/4", 284 1/2", 284 3/4, 285", 285 1/4", 285 1/2", 285 3/4, 286", 286 1/4", 286 1/2", 286 3/4, 287", 287 1/4", 287 1/2", 287 3/4, 288", 288 1/4", 288 1/2", 288 3/4, 289", 289 1/4", 289 1/2", 289 3/4, 290", 290 1/4", 290 1/2", 290 3/4, 291", 291 1/4", 291 1/2", 291 3/4, 292", 292 1/4", 292 1/2", 292 3/4, 293", 293 1/4", 293 1/2", 293 3/4, 294", 294 1/4", 294 1/2", 294 3/4, 295", 295 1/4", 295 1/2", 295 3/4, 296", 296 1/4", 296 1/2", 296 3/4, 297", 297 1/4", 297 1/2", 297 3/4, 298", 298 1/4", 298 1/2", 298 3/4, 299", 299 1/4", 299 1/2", 299 3/4, 300", 300 1/4", 300 1/2", 300 3/4, 301", 301 1/4", 301 1/2", 301 3/4, 302", 302 1/4", 302 1/2", 302 3/4, 303", 303 1/4", 303 1/2", 303 3/4, 304", 304 1/4", 304 1/2", 304 3/4, 305", 305 1/4", 305 1/2", 305 3/4, 306", 306 1/4", 306 1/2", 306 3/4, 307", 307 1/4", 307 1/2", 307 3/4, 308", 308 1/4", 308 1/2", 308 3/4, 309", 309 1/4", 309 1/2", 309 3/4, 310", 310 1/4", 310 1/2", 310 3/4, 311", 311 1/4", 311 1/2", 311 3/4, 312", 312 1/4", 312 1/2", 312 3/4, 313", 313 1/4", 313 1/2", 313 3/4, 314", 314 1/4", 314 1/2", 314 3/4, 315", 315 1/4", 315 1/2", 315 3/4, 316", 316 1/4", 316 1/2", 316 3/4, 317", 317 1/4", 317 1/2", 317 3/4, 318", 318 1/4", 318 1/2", 318 3/4, 319", 319 1/4", 319 1/2", 319 3/4, 320", 320 1/4", 320 1/2", 320 3/4, 321", 321 1/4", 321 1/2", 321 3/4, 322", 322 1/4", 322 1/2", 322 3/4, 323", 323 1/4", 323 1/2", 323 3/4, 324", 324 1/4", 324 1/2", 324 3/4, 325", 325 1/4", 325 1/2", 325 3/4, 326", 326 1/4", 326 1/2", 326 3/4, 327", 327 1/4", 327 1/2", 327 3/4, 328", 328 1/4", 328 1/2", 328 3/4, 329", 329 1/4", 329 1/2", 329 3/4, 330", 330 1/4", 330 1/2", 330 3/4, 331", 331 1/4", 331 1/2", 331 3/4, 332", 332 1/4", 332 1/2", 332 3/4, 333", 333 1/4", 333 1/2", 333 3/4, 334", 334 1/4", 334 1/2", 334 3/4, 335", 335 1/4", 335 1/2", 335 3/4, 336", 336 1/4", 336 1/2", 336 3/4, 337", 337 1/4", 337 1/2", 337 3/4, 338", 338 1/4", 338 1/2", 338 3/4, 339", 339 1/4", 339 1/2", 339 3/4, 340", 340 1/4", 340 1/2", 340 3/4, 341", 341 1/4", 341 1/2", 341 3/4, 342", 342 1/4", 342 1/2", 342 3/4, 343", 343 1/4", 343 1/2", 343 3/4, 344", 344 1/4", 344 1/2", 344 3/4, 345", 345 1/4", 345 1/2", 345 3/4, 346", 346 1/4", 346 1/2", 346 3/4, 347", 347 1/4", 347 1/2", 347 3/4, 348", 348 1/4", 348 1/2", 348 3/4, 349", 349 1/4", 349 1/2", 349 3/4, 350", 350 1/4", 350 1/2", 350 3/4, 351", 351 1/4", 351 1/2", 351 3/4, 352", 352 1/4", 352 1/2", 352 3/4, 353", 353 1/4", 353 1/2", 353 3/4, 354", 354 1/4", 354 1/2", 354 3/4, 355", 355 1/4", 355 1/2", 355 3/4, 356", 356 1/4", 356 1/2", 356 3/4, 357", 357 1/4", 357 1/2", 357 3/4, 358", 358 1/4", 358 1/2", 358 3/4, 359", 359 1/4", 359 1/2", 359 3/4, 360", 360 1/4", 360 1/2", 360 3/4, 361", 361 1/4", 361 1/2", 361 3/4, 362", 362 1/4", 362 1/2", 362 3/4, 363", 363 1/4", 363 1/2", 363 3/4, 364", 364 1/4", 364 1/2", 364 3/4, 365", 365 1/4", 365 1/2", 365 3/4, 366", 366 1/4", 366 1/2", 366 3/4, 367", 367 1/4", 367 1/2", 367 3/4, 368", 368 1/4", 368 1/2", 368 3/4, 369", 369 1/4", 369 1/2", 369 3/4, 370", 370 1/4", 370 1/2", 370 3/4, 371", 371 1/4", 371 1/2", 371 3/4, 372", 3				

		GERÊNCIA GERAL DE FERTILIZANTES		GAFEW			
TÍTULO: PREVENTIVA MECANICA SC (300 Horas ou 8 Semanas) Referência: PTVLAVMSC0001				Nº PRO-00011-GAFEW		PAGINA 03 de 06	
				CODIGO TREINAMENTO		EMISSÃO 10/02/2012	
PASSO	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (SEMPRE QUE POSSIVEL FAÇA CROQUI)	DESVIOS	AÇÕES NECESSARIAS				
SISTEMA DE TRACÇÃO:							
22	Retirar pneu						
23	Fazer limpeza nos parafusos de fixação do cubo de roda (Torque de 400 Nm)	Parafuso quebrado e/ou folgados	Sacar e/ou substituir parafuso				
24	Torquesar parafusos fixação do redutor do cubo de roda na estrutura (Torque de 670 Nm)	Parafuso quebrado e/ou folgados	Sacar e/ou substituir parafuso				
25	Coletar 200 ml de óleo para análise						
26	Retirar tampa do cubo de roda						
CARDANS E CRUZETAS:							
27	Verificar visualmente desgaste do cardan (trincas, folgas e gazetas)	Se houver desgaste	Sacar e/ou substituir				
28	Verificar excesso de folgas nas cruzetas	Se houver folga	Sacar e/ou substituir				
29	Verificar aperto dos parafusos de fixação das cruzetas e cardans	Parafuso quebrado e/ou folgados	Apertar e/ou Substituir				
PINHÃO, PLANETÁRIAS E JUNTA MOCINÉTICA:							
30	Retirar pinhão						
31	Inspeccionar pinhão quanto ao desgaste e/ou quebra dos dentes	Desgaste e/ou dentes quebrado	Sacar e substituir				
32	Inspeccionar engrenagens planetárias quanto a desgaste e/ou quebra de dentes	Desgaste e/ou dentes quebrado	Sacar e substituir				
33	Inspeccionar junta mocinéticas quanto a trincas e/ou dentes quebrado	Desgaste e/ou dentes quebrado	Sacar e substituir				
34	Inspeccionar o-ring quanto a rasgos, achatamentos e ressecados	Rasgo, achatamento e ressecados	Sacar e substituir				
35	Recolocar pinhão						
36	Recolocar tampa						
37	Recolocar óleo (17 litros - Tarefa executada, junto a lubrificação)						
38	Fazer limpeza nas articulações do cubo de roda						
39	Verificar folga da articulação do cubo de roda	Articulação folgada e/ou danificada	Trocar				
40	Verificar pressão do sistema de direção = 1400 psi	Se o cubo de roda ficar pesado	Trocar cabo de direção				
41	Retirar proteções e verificar olhais dos cilindros de direção	Se danificado olhais	Trocar cilindro				
42	Verificar movimento da direção se está livre e leve	Se permanecer pesada	Trocar cabo de direção				
43	Verificar as ponteiros do cubo de roda	Vedação danificada	Trocar				
44	Verificar folga no alojamento das ponteiros braço de direção inferior LD	Folgado	Trocar ponteira				



GERÊNCIA GERAL DE FERTILIZANTES

GAFEW



TÍTULO:

PREVENTIVA MECANICA SC (300 Horas ou 8 Semanas)

Referência:

PTVLAVMSC0001

PÁGINA

04 de 06

EMISSÃO

10/02/2012

PASSO	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (SEMPRE QUE POSSÍVEL FAÇA CROQUI)	DESVIOS	AÇÕES NECESSÁRIAS
46	Verificar folga no braço de direção e ponteiros superior LD	Empeno	Troca braço de direção
47	Verificar folga no braço de direção e ponteiros superior LE	Empeno	Troca braço de direção
48	Verificar torque de aperto dos parafusos de fixação dos braços de direção (1.247 a 1.383 Nm)	Falta da arruela de pressão, parafusos com sextavado interno danificado	Colocar arruelas de pressão (arruela de 1"), substituir parafusos (parafusos de 1" x 3" 1/2)
49	Verificar fixação do triângulo de direção	Folga no extrado ou no pino do cilindro de direção	Trocar
50	Verificar fixação do anel elástico das tampas dos pinos de articulação	Anel elástico fora da fixação	Reparar anel elástico no lugar, soldar chapa travando as tampas e pinos
51	Regular câlice do cubo de roda	Folgado	Ajustar com duas voltas apertando a rosca do câlice
52	Retirar trava		
53	Apertar câlice até sanar vazamento	Se continuar vazando	Trocar a gaxeta (silicone)
54	Recobocar trava		
55	Verificar folga nos gartos e eliminar se necessário	Se folgado	Apertar
56	Retirar carban		
57	Torquear parafusos de fixação do redutores da tração LD/LE (pacote de redutor + pacote de freio)		
58	Verificar excesso de folga nos extrados ou porca de fixação folgada	Porca folgada for Radial; Se a folga for Axial	Apertar e/ou trocar; Trocar
59	Verificar estado dos pneus (Bandagem)	Bandagem aberta	Trocar pneu
60	Recobocar pneu		
	SISTEMA TRANSPORTE DE CORRENTE:		
61	Verificar estado físico e fixação do redutor	Falta parafuso e/ou folgado	Apertar parafusos de fixação do redutor do transportador da corrente (segundo estanques)
62	Verificar funcionamento do redutor	Ruído anormal	Trocar redutor
63	Verificar vazamentos eixo saída do redutor (retentor)	Vazamento	Trocar redutor
64	Verificar estado físico eixo de acionamento da transportadora	Empenos ou trincas	Trocar eixo
65	Verificar estado físico dos mancais apoio eixo de acionamento	Vazamento	Trocar mancais
66	Verificar estado físico dos mancais e eixo de retorno	Vazamento e/ou empeno	Trocar
67	Verificar estado físico da corrente	Falta e/ou danificados	Trocar
68	Verificar quebra ou empeno das barras da corrente de arraste	Falta e/ou danificados	Trocar
69	Verificar tensão da corrente		
70	Verificar estado físico dos tensionadores da corrente de arraste	Ver danos na rosca e/ou empenos	Corrigir ou trocar

FICHA CATALOGRÁFICA

Barbosa, André Luiz Arcieri

Otimização do plano de manutenção do sistema de tração do transportador de minérios através de FMEA: estudo de caso em uma mineradora/ André Luiz Arcieri Barbosa– Aracaju, 2012.

78f.: il.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2012.

Orientação: André Maciel P. Gabillau

1. Manutenção 2. FMEA 3. Transportador I. Título

CDU 658.58(813.7)