



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

JEFFTER CLEBER RIOS FERREIRA

**IMPLEMENTAÇÃO DE ROTAS DE INSPEÇÃO SENSITIVA
MECÂNICA: estudo de caso em uma usina de
beneficiamento de potássio.**

JEFFTER CLEBER RIOS FERREIRA

**IMPLEMENTAÇÃO DE ROTAS DE INSPEÇÃO SENSITIVA
MECÂNICA: estudo de caso em uma usina de
beneficiamento de potássio.**

**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 2013.1**

Orientador: Andrés Manuel Villafuerte Oyola

**Coordenador: Prof. Msc. Alcides Anastácio
de Araujo Filho**

**Aracaju –SE
2013.1**

FERREIRA, Jeffter Cleber Rios

Implementação de rotas de inspeção sensível mecânica: estudo de caso em uma usina de beneficiamento de potássio / Jeffter Cleber Rios Ferreira. Aracaju, 2013. 77 f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe/ Departamento de Engenharia de Produção, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Andrés Manuel Villafuerte Oyola

1. Manutenção 2. Inspeção 3. Disponibilidade I. TÍTULO.

CDU 658.5; 658.711: 658.588.2(713.7)

JEFFTER CLEBER RIOS FERREIRA

**IMPLEMENTAÇÃO DE ROTAS DE INSPEÇÃO SENSITIVA
MECÂNICA: estudo de caso em uma usina de
beneficiamento de potássio.**

Monografia apresentada à banca examinadora do Curso de Engenharia de Produção 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 2013.1

**Prof. DSc. Andrés Manuel Villafuerte Oyola
1º Examinador (Orientador)**

**Prof. DSc. Maria Andréa da Silva
2º Examinador**

**Prof. DSc. Marcelo Boer Grings
2º Examinador**

Aprovado com média: 9,0 (nove)

Aracaju (SE), 25 de Junho de 2013

**A minha família e todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram
para o meu sucesso.**

AGRADECIMENTOS

A meus pais por estarem sempre presente dando forças e apoiando nas decisões ao longo da minha jornada.

A minha noiva Alecia pelo apoio, incentivo e força durante a elaboração deste trabalho.

Aos profissionais das empresas NASSAU e VALE por contribuírem com experiência e paciência, enriquecendo de forma pratica a minha formação.

Aos professores da FANESE, alicerces da minha formação acadêmica.

Aos colegas de curso da FANESE pelo auxilio e a formação do nosso “grupo forte”.

Aos amigos pelo companheirismo, compreensão, força, encorajamento e ajuda a todo o momento.

À DEUS criador, cedente do dom da vida.

"Dê liberdade a sua mente, pensamentos limitantes servem apenas para impedir seu crescimento."

Autor Desconhecido

RESUMO

Equipamentos indisponíveis em momentos de produção programada, ou com baixa produção, decorrentes de manutenção inadequada ou a falta da manutenção, significam perdas operacionais. O presente trabalho objetiva a demonstração e a avaliação dos impactos positivos gerados a partir da implementação de rotas de inspeção sistemáticas nos equipamentos da planta industrial. Com a demanda e o consumo gerado pelos clientes é cada vez mais exigida nas plantas industriais à disponibilidade física dos equipamentos para que eles operem quando solicitados, com confiabilidade e desempenho pleno. A manutenção é uma área que em muito contribui para o sucesso da produtividade das organizações. Por ser fator determinante no custo e no ciclo de vida dos equipamentos, tem um impacto profundo em todas as ações produtivas. Usando metodologias bibliográficas, descritivas e quantitativas o trabalho busca mostrar que os ganhos obtidos são significativos e de expressão no cenário industrial. Com a evolução do cenário industrial nas últimas décadas a manutenção deixou de ser vista apenas como mais um setor dentro das organizações e passou a também protagonizar papel de sucesso organizacional assumido um destaque estratégico nas empresas. Os equipamentos quando em funcionamento demonstram sinais que se interpretados com técnicas corretas e assertivas levam a detecção de possíveis anomalias que, através de inspeções é possível se obterem a antecipação de uma falha e/ou possível falha. As inspeções sensíveis são de grande importância no cenário industrial, pois, elas vêm de forma objetiva garantir a disponibilidade dos equipamentos, acompanhando a sua operacionalidade, gerando demandas de manutenção e garantido a sua integridade. A antecipação de sinistros gerados a partir das inspeções é essencial para a atuação programada e planejada de manutenção preventiva ou corretiva, embasando a atuação do planejamento e controle da manutenção, para que a indústria como um todo alcance a plenitude operacional com qualidade e confiabilidade.

Palavras chave: Manutenção. Inspeção. Disponibilidade

LISTA DE ABREVIATÖES

HP	<i>Horse Power (Cavalo-Vapor)</i>
MCC	<i>Manutenção Centrada na Confiabilidade</i>
MPT	<i>Manutenção Produtiva Total</i>
OS	<i>Ordem(s) de Serviço</i>
PCM	<i>Planejamento e Controle da Manutenção</i>
PCP	<i>Planejamento e Controle da Produção</i>
TMEF	<i>Tempo Médio entre Falhas</i>
TMER	<i>Tempo Médio entre Reparos</i>
TPM	<i>Manutenção Produtiva Total</i>

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 01 – Diagrama de ISHIKAWA	36
Diagrama 02 – Diagrama de PARETO (exemplo)	37
Diagrama 03 – Quantificação de equipamentos	44
Diagrama 04 – Análise de falha em Bomba de Polpa	50
Diagrama 05 – Equipamentos críticos	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Evolução da manutenção	21
Figura 02 – Princípio do ultrassom	28
Figura 03 – Espectro e forma de onda vibracional (falha)	28
Figura 04 – Gradiente infravermelho	29
Figura 05 – Comparação da manutenção tradicional com a MCC	30
Figura 06 – Matriz GUT	34
Figura 07 – Estrutura VPS VALE	38
Figura 08 – Evolução para o VPS manutenção	39
Figura 09 – Triângulo da manutenção	40
Figura 10 – Macrofluxo da manutenção	42
Figura 11 – Fluxo de informação	45
Figura 12 – Representação esquemática da estratégia da manutenção	46
Figura 13 – Fluxo da inspeção	47
Figura 14 – Montagem típica de bomba de polpa	48
Figura 15 – Bomba de Polpa	51
Figura 16 – Bomba Centrífuga	52
Figura 17 – Moinho de Barras	53
Figura 18 – Banco de Flotação	54
Figura 19 – Centrifuga	55
Figura 20 – Filtro de Vácuo	56
Figura 21 – Distribuidor de Polpa	57
Figura 22 – Decantador	58
Figura 24 – Bomba de polpa, vista explodida	67
Figura 25 – Custo de manutenção CORRETIVA 1	68
Figura 26 – Custo de manutenção CORRETIVA 2	68
Figura 27 – Custo de manutenção PREVENTIVA 1	69
Figura 28 – Custo de manutenção PREVENTIVA 2	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Disponibilidade física da área 2012	62
Gráfico 02 – Projeção da disponibilidade física da área 2013	63
Gráfico 03 – Utilização da usina, ano 2012	64
Gráfico 04 – Utilização da usina, projeção ano 2013	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Disponibilidade física da área 2012	62
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Comparação da manutenção tradicional com a MCC	59
Tabela 02 – Matriz GUT final	59

SUMÁRIO

RESUMO	VII
LISTA DE ABREVIACÕES	VIII
LISTA DE DIAGRAMAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE GRÁFICOS	XI
LISTA DE QUADROS	XI
LISTA DE TABELAS	XII
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Situação do Caso	16
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 Justificativa	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Evolução histórica da manutenção	20
2.1.2 Manutenção	22
2.2 Tipos de manutenção	23
2.2.1 Manutenção Corretiva	23
2.2.2 Manutenção Preventiva	25
2.2.3 Manutenção Preditiva	26
2.2.4 Manutenção centrada na confiabilidade	30
2.3 Custo das manutenções	31
2.4 Disponibilidade física	32
2.5 Ferramentas da qualidade	33
2.5.1 Matriz GUT	34
2.5.2 Diagrama de ISHIKAWA	35
2.5.3 Diagrama de PARETO	36
2.6 VPS – Vale Production System	37
2.6.1 VPS Manutenção	39
3 METODOLOGIA	43
3.1 Método	43
3.2 Universo da amostra	43
3.3 Coleta e tratamento de dados	44
3.4 Análise de dados	45
3.5 A importância da inspeção na planta industrial	46
3.6 Descrição do funcionamento de bombas de polpa	48
3.7 Implementação de planos e rotas de inspeção sensível mecânica	49
3.7.1 Avaliação e classificação da criticidade	59
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	61
4.1 Disponibilidade física da área	62
4.2 Taxa de utilização	64
4.3 Redução dos custos em manutenções	66
5 CONCLUSÃO	71

REFERÊNCIAS	72
-------------------	----

1 INTRODUÇÃO

A manutenção já está inserida desde os primórdios da humanidade. Técnicas de manutenção corretiva estão presentes em reparos e consertos das ferramentas, edificações, equipamentos rudimentares utilizados para a caça, pesca e guerra.

O cenário da manutenção vem evoluindo com a humanidade, antes da Segunda Guerra Mundial num tempo que a indústria era na sua grande parte artesanal e pouco mecanizada, os poucos equipamentos que havia na sua maioria eram de simples construção e superdimensionados para os seus fins.

A revolução industrial trouxe uma nova realidade para o meio, a crescente demanda por equipamentos, e conseqüentemente a engenharia que projetara as máquinas também se preocupava com a sua manutenção, reparos, consertos e aumento de vida útil. Com a forte mecanização, aumento e complexidade de instalações, cada vez mais eram exigidos a disponibilidade e confiabilidade operacional das máquinas e equipamentos, surge a manutenção preventiva e com ela as empresas foram forçadas a melhorar suas programações, surgindo então os sistemas de planejamento e controle da manutenção (PCM).

O planejamento e controle da manutenção visam manter os equipamentos sempre com disponibilidade operacional e evitar possíveis danos e dentro desta visão é essencial a importância das inspeções periódicas e sistemáticas.

Nos últimos anos, o mercado industrial mundial atingiu alto grau de competitividade e sofisticação. No Brasil as empresas estão cada vez demandando mais investimentos para novas soluções e o oferecimento de aplicações diferenciadas de alta qualidade técnica e profissional.

A estabilidade operacional é fundamental para o processo produtivo industrial. Dependendo exclusivamente da capacidade dos equipamentos operarem sem paradas não planejadas, ou seja, sem quebras. A cada falha que ocorre em uma planta industrial, uma restrição pode ser gerada no processo, desestabilizando a linha de produção.

Todas as organizações existem em função do lucro, para tal a utilização dos equipamentos e mão de obra para a transformação de matérias primas, materiais brutos e afins em produtos acabados com valor agregado. A manutenção está

intimamente ligada à rentabilidade, na medida em que ela influencia na capacidade produtiva e no custo operacional dos equipamentos.

É importante salientar que neste contexto a manutenção será eficiente quando suas técnicas e aplicações estão ligadas a uma gestão que propicie a melhoria contínua e incremental no seu dia a dia. Desta forma para alcançar a eficácia é de suma importância a qualificação de seus recursos humanos, de ferramentas, materiais, sistemas especialistas e etc., todos estes fatores conjuntos levarão sem sombra de dúvida ao sucesso e alcance de todos os objetivos almejados.

1.1 Situação do caso

A avaliação e aplicação de técnicas de manutenção são norteadoras para o alcance do bom desenvolvimento na área. Todavia a análise dos métodos utilizados no cenário industrial atual revelou a oportunidade de implementação de requintes e melhorias.

A empresa estudada adota rotinas de inspeção preditiva e sensível elétrica e sensível mecânica sistemática, como forma de antecipação de sinistros que, todavia podem assolar os equipamentos. Analisando todo o contexto, foi verificada que, apesar de existir uma sistemática de inspeções não havia o foco na inspeção sensível mecânica na área de concentração do minério. Uma clara definição dos itens a serem inspecionados para cada tipo de equipamento, agrupamento de equipamentos de acordo com a sua criticidade, visando à garantia operacional e a disponibilidade física dos equipamentos.

Importante também destacar que o tempo que os equipamentos ficam indisponíveis representa uma queda nos indicadores e na qualidade da manutenção, reduz o tempo de atuação de manutenções preventivas e eleva drasticamente as corretivas comprometendo a atividade fim da usina que é o beneficiamento do potássio e sua preparação para destino ao consumidor.

No estudo, a análise destes e demais fatores mostraram a oportunidade da implementação de rotas de inspeção sensível focada em mecânica. Com o detalhamento das atividades e periodicidade de acordo com a classe crítica de grupos de equipamentos que irão elevar a qualidade da manutenção com a antecipação de sinistros, a programação de correções, elevação da confiabilidade

operacional, diminuição de corretivas, diminuição de consumo de sobressalentes e consequentemente a diminuição nos custos gerados nas manutenções.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Implementar rotinas de inspeção sensível mecânica, gerando maior confiabilidade e obtendo ganhos em disponibilidade, utilização e redução de custos com a manutenção na empresa em estudo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a criticidade dos equipamentos definindo os planos e rotas de inspeção sensível mecânica;
- Avaliar os impactos das inspeções implementadas na disponibilidade física na área de concentração;
- Avaliar a taxa de utilização dos equipamentos da usina de beneficiamento;
- Mensurar de forma amostral a redução de custos e sobressalentes em grupo de equipamentos.

1.3 Justificativa

A globalização e a busca contínua de melhorias nos processos produtivos levaram as empresas a deslocar o foco para maximização da disponibilidade dos ativos que levarão ao alcance das metas estabelecidas.

A manutenção deve estar voltada para os resultados objetivados pela organização, notadamente o atendimento do programa de produção, o custo planejado e a qualidade requerida.

Visto os fatos citados anteriormente, as inspeções são ponderações importantes para a garantia operacional dos equipamentos e auxiliam no planejamento e programação das manutenções sistemáticas pelo planejamento e controle da manutenção, norteiam decisões gerenciais quanto a paradas de área, investimentos em equipamentos e etc. É de forma imperativa indicador para a eficiência operacional dos equipamentos.

A justificativa para a realização deste trabalho nasce da necessidade de garantia da confiabilidade, antecipação de falhas e sinistros que possam assolar os equipamentos da área da concentração. Visa diminuir os índices de corretivas, auxiliar a empresa e os profissionais envolvidos na tomada de decisão, correção de desvios, melhorando desta forma os processos produtivos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Embora a manutenção e seus termos sejam de fácil interpretação e o conhecimento da área no meio industrial não seja novidade, nas últimas décadas a evolução da manutenção teve grande impacto revelando seu potencial junto a questões financeiras empresariais. Em função deste novo ponto de vista observa-se na manutenção um meio de continuidade de produção e melhoria continua na fabricação de produtos e prestação de serviços de qualidade.

A relevância acerca de seus conceitos e explicações tornam seus assuntos cada vez mais relevantes. Desta forma para a melhor compreensão deste estudo este capítulo é voltado para o esclarecimento e informação dos termos, aspectos e conceitos que são relacionados à manutenção e suas aplicações.

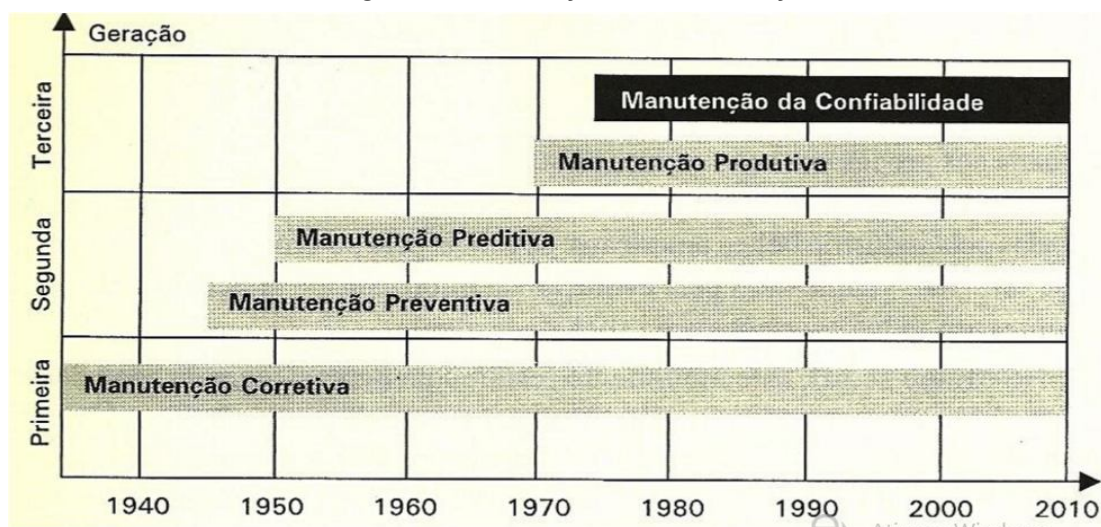
2.1 Evolução histórica da manutenção

A manutenção, embora inconsciente, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser esboçada como o nome de “manutenção”, por volta do século XVII na Europa Central, junto com o advento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência (MOTTER, 1992, p. 29).

Historicamente a manutenção pode ser dividida em três gerações, a primeira geração é a da mecanização, a segunda a da industrialização e a terceira a da automação. Segundo Siqueira (2005, p.4) cada geração é caracterizada por um estágio diferente de evolução tecnológica dos meios de produção e pela inserção de novas concepções e paradigmas relacionados com as atividades da manutenção.

Cronologicamente as três gerações podem ser divididas com facilidade como mostrado na Figura 01. A primeira geração data da década de 40, relacionada com o fim da Segunda Guerra Mundial, na época eram utilizados equipamentos simples e sobredimensionados, não havia dependência do desempenho e a exigência era de serem restaurados quando apresentassem defeito, não existia o planejamento da manutenção, a manutenção limitava-se a limpeza, lubrificação e tarefas corretivas. (SIQUEIRA, 2005, p.05)

Figura 01 – Evolução da manutenção



Fonte: Siqueira (2005)

A segunda geração é compreendida a partir da década de 50. O período pós-guerra elevou a demanda de todos os tipos de produtos e é observada a lacuna contingencial de mão de obra industrial fazendo com que nesta época elevasse a mecanização e complexidade industrial. A dependência do bom funcionamento evidenciava a necessidade de maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e as suas manutenções eram feitas em intervalos fixos. Os investimentos na modernização das indústrias eram elevadíssimos e levavam à necessidade de aumento da vida útil dos equipamentos e seus componentes. (PINTO, 2001, p.4)

A avaliação dos equipamentos objetivava o incremento na disponibilidade e vida útil, motivando pesquisas e desenvolvimento de técnicas de manutenção preventivas que atuavam minimizando os impactos de falhas na cadeia produtiva, destes esforços surgiu a manutenção preditiva na indústria aeronáutica e a disseminação de revisões periódicas nos equipamentos. As novas técnicas complementavam a lubrificação e limpeza dos equipamentos, bem como as atividades corretivas herdadas da primeira geração. Estas técnicas foram integradas e organizadas pela Manutenção Produtiva Total (TPM) e os esforços desenvolvimentistas japoneses originaram a terceira geração na linha da qualidade total. (SIQUEIRA, 2005, p.05)

A terceira geração inicia-se a partir da década de 70 e acelerou o processo de mudanças nas indústrias. O crescimento da automação e da mecanização passou a

indicar que confiabilidade e disponibilidade tornaram-se pontos chaves em setores tão distintos quanto saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações. Cada vez mais, as falhas provocam sérias consequências na segurança e no meio ambiente, em um momento em que os padrões de exigências nessas áreas aumentaram rapidamente podendo até gerar o impedimento de funcionamento das empresas (PINTO, 2001, p.05).

A concorrência em escala mundial conduziu o dimensionamento dos equipamentos estreitando as faixas operacionais destacando a importância da manutenção. A adoção do “*Just-in-time*” reduziu os produtos inacabados no estoque e as pequenas interrupções no processo produtivo geravam impactos cada vez mais severos podendo até levar a interrupção no final da linha de produção. Na terceira geração reforçou-se o conceito de manutenção preditiva e inspeções (SIQUEIRA, 2005, p.06).

2.1.2 Manutenção

A NBR 5462-1994 define a manutenção como “*a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar a função requerida*”.

O dicionário Aurélio define a manutenção como “*Medidas necessárias para a conservação ou permanência de alguma coisa ou de uma situação, cuidados e técnicas indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas*”.

Nascif (2009, p.31) define a missão da manutenção como “*garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos de modo a atender um programa de produção ou prestação de serviços com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados*”.

A manutenção deve estar voltada para os resultados objetivados pela organização, notadamente o atendimento do programa de produção, o custo planejado e a qualidade requerida, de acordo com Kardec (2002, p. 11) “ a manutenção para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados da organização”.

Cabe à manutenção buscar maior eficácia na aplicação dos recursos e uma relação de custos e vida útil que represente o menor custo do ciclo de vida dos equipamentos. A seleção de novos equipamentos, componentes, sistemas e técnicas devem levar em conta, necessariamente, a confiabilidade, a manutenibilidade e os custos operacionais futuros (TAVARES, 2005, P.19).

2.2 Tipos de manutenção

Nos itens abaixo serão apresentados conceitos que se relacionam com a manutenção e desta forma darão auxílio na compreensão dos temas e os objetivos propostos no presente trabalho.

2.2.1 Manutenção corretiva

De acordo com a ABNT na NBR 5462-94, a manutenção corretiva é a *“manutenção efetuada após uma pane, destinada a colocar em condições de executar uma função requerida”*.

A manutenção corretiva sempre é executada depois da ocorrência de uma falha e visa a sua correção. Toda a atuação feita em equipamentos que apresente defeito ou desempenho fora do esperado caracteriza este tipo de manutenção podendo ser dividida em duas classes: a manutenção corretiva não planejada, que é a correção da falha de maneira aleatória que demanda altos custos; e a manutenção corretiva planejada é feita por decisão gerencial pelo acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até quebrar. (PINTO, 2001, p.38). Uma definição objetiva e simples da manutenção corretiva é:

A dita manutenção corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente; Se configura em uma intervenção aleatória, sem definições anteriores, sendo mais conhecida nas fábricas como “apagar incêndios”. (VIANA, 2002, p.10)

No cenário atual da manutenção o uso demasiado da manutenção corretiva leva a contínua e lenta degradação dos equipamentos gerando riscos operacionais dos mais diversos, como, perda de produção, risco a integridade dos equipamentos, instalações e pessoas. O uso exagerado da corretiva é uma grave consequência das melhores técnicas e métodos de gerenciamento da manutenção elevando os custos e diminuindo a disponibilidade e confiabilidade do equipamento e processo (FILHO, 2008, p.7).

Quanto a estratégias adotadas pelas empresas em relação à manutenção corretiva Xenos (2004, p.24) destaca o questionamento “*é mais barato consertar uma falha do que tomar ações preventivas?*”, se a resposta da pergunta for positiva o uso da corretiva será uma boa opção, mas, isso quando não levado em conta a perda de produção gerada a partir da tal.

Em alguns casos a tomada de decisão para atuação imediata de uma falha ou possível falha que leva a corretiva pode ser vista como estratégia, visando manter a integridade do equipamento que hoje em dia estão cada vez mais complexos e modernos, neste caso a atuação imediata tem o intuito de evitar graves consequências no conjunto do equipamento (instrumentos, peças vitais, rolamentos e etc.) é também pensado na segurança dos trabalhadores e do meio ambiente (VIANA, 2002, p.10).

De modo geral a manutenção corretiva pode ser dividida em duas: não planejada e planejada. A primeira situação remete a atuação imediata, sem preparação e antecipação, de forma emergencial. (SOUZA, 2009, p. 141)

A manutenção corretiva planejada é claramente definida como:

Manutenção corretiva planejada é a correção do desempenho menor do que o esperado, por falha ou por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra. (PINTO, 2001, p. 38)

A corretiva planejada possibilita o preparo de material necessário para a intervenção, um “kit” de reparo rápido e etc., quanto mais forem às implicações do ponto de vista de segurança operacional e pessoal, nos custos e na produção a adoção da corretiva planejada é de maior condicionante. (PINTO, 2001, p.39)

2.2.2 Manutenção preventiva

A NBR 5462-94 define a manutenção preventiva como “*manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item*”.

Viana (2002, p.10) classifica a manutenção preventiva como “*todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito*”.

A manutenção preventiva é feita de forma periódica e deve ser o “carro chefe” da manutenção nas empresas. Envolve tarefas sistemáticas, como a inspeção de componentes internos, reformas, troca de peças e etc., e uma vez estabelecida à preventiva de um equipamento a mesma deverá ser obrigatória. Do ponto de vista financeiro o custo da manutenção preventiva é mais dispendioso do que a corretiva, pois, há uma maior troca de peças e os componentes devem ser reformados antes de atingirem seu limite de vida (XENOS, 2004, p.24).

O tempo também é fator ponderante relacionado com a manutenção preventiva, Pinto (2001, p. 39) refere a tal importância na classificação da manutenção preventiva como [...] “*é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em INTERVALOS definidos DE TEMPO*”.

O plano de manutenção preventivo bem elaborado oferece uma série de vantagens em relação à corretiva, no caso de sobressalentes gera um almoxarifado mais enxuto, eficiente e melhor, pois, nele serão elencados materiais (peças) para manter os equipamentos em perfeito estado, para o PCP a preventiva é uma ferramenta poderosa nas suas variáveis visando à programação de calendário de paradas (VIANA, 2002, p.11).

A manutenção preventiva é aceitável onde se deseja manter a situação operacional satisfatória, atendendo as técnicas de MCC e MPT. A sistematização da preventiva leva-se em consideração as orientações dos fabricantes das máquinas/equipamentos, as características do local de instalação, melhores técnicas para o aumento da vida útil, disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos buscando sempre a minimização dos gastos e assim assegurando a produtividade com maior segurança (FILHO, 2008, p.8).

A pane/falha do equipamento de forma inesperada no cotidiano da produção gera perda e elevação nos custos da manutenção. A manutenção preventiva visa à diminuição desse tipo de custeio global pela prevenção, e como consequência da aplicação geram incrementos consideráveis na disponibilidade dos equipamentos diminuindo estas interrupções inesperadas da produção (XENOS, 2004, p. 24).

Conforme Pinto (2001, p.41) para a adoção da estratégia de manutenção preventiva devem ser levados em consideração alguns fatores como aspectos relacionados à segurança pessoal ou da instalação, riscos de agressão ao meio ambiente, a criticidade de equipamentos de difícil liberação para paradas. A manutenção preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for à simplicidade da reposição; quanto mais altos forem os custos das falhas; quanto mais prejudiciais forem as falhas à operação e etc. Importante também frisar que na manutenção preventiva deverá ser levado em consideração como ponto negativo à introdução de defeitos não existentes no equipamento devido a:

- Falha humana;
- Falha de sobressalentes;
- Contaminações introduzidas nos lubrificantes;
- Danos durante partidas e paradas;
- Falhas de procedimentos de manutenção

2.2.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é um técnica conhecida também como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento e é definida por Pinto (2001, p.41) como *“Manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de CONDIÇÃO ou DESEMPENHO, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática”*.

A norma NBR 5462-94 define a manutenção preditiva como:

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. (ANBT, NBR 5462, 1994)

Para Xenos (2004, p.25) as técnicas de manutenção preditiva têm sido cada vez mais divulgadas como algo bastante avançado, mesmo para “especialistas” em manutenção, o uso de tecnologia avançada da à manutenção preditiva um tratamento diferenciado dentro das empresas é vista como uma ciência avançada para ficar nas mãos de qualquer pessoa.

O manual de manutenção (VALE, 2002, p.44) atrela a manutenção preditiva como subsidio da manutenção preventiva por meios de técnicas de inspeção de equipamentos que possibilitam a identificação de sintomas de defeitos, determinando a condição para a execução da manutenção preventiva.

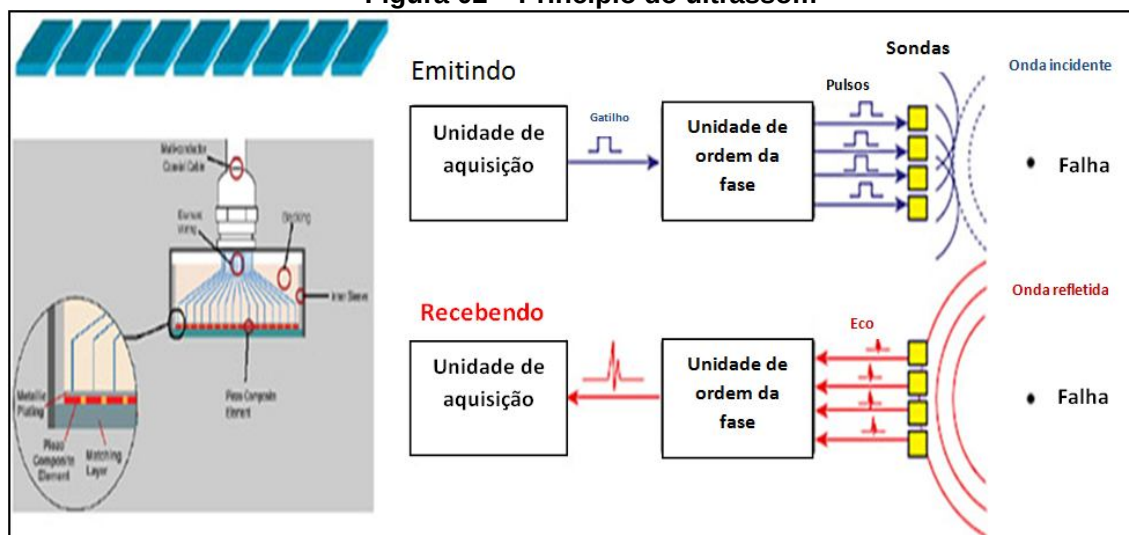
Como consequência da manutenção preditiva, a gestão da manutenção define estratégias subsidiadas e ações, conforme Filho (2008, p.10) são as de “não fazer nada, pois a máquina está em bom estado, à adoção de manutenção preventiva antes da falha ou ainda a manutenção corretiva, caso a máquina seja diagnosticada em estado de pane”.

A atualização de técnicas e o avanço da tecnologia fizeram com que a manutenção preditiva fosse a primeira grande quebra de paradigma na manutenção. Como o termo “preditiva” nos remete a “predizer”, manutenção preditiva privilegia a disponibilidade, visto que a adoção desta técnica de manutenção não promove a parada do equipamento ou sistemas envolvidos, as condições dos equipamentos são verificadas com eles em plena operação. Destacam-se as condições básicas para a implantação da manutenção preditiva que o equipamento permita algum tipo de monitoramento/medição; o equipamento deve merecer este tipo de ação em função dos custos envolvidos; as falhas possam ser monitoradas e sua progressão acompanhada; seja estabelecido um acompanhamento sistematizado com análise critica e diagnósticos (PINTO, 2001, p.42).

Dentro da manutenção preditiva podem se destacar vários métodos, porém, os mais conhecidos e usuais no cenário industrial são: ensaio por ultrassom, análise de vibração, análise de óleos e lubrificantes e termografia (VIANA, 2002, p.12).

A técnica de ensaio por ultrassom (Figura 02) foi desenvolvida em 1929 pelo cientista Sokolov que fazia aplicações da energia sônica para atravessar materiais metálicos, hoje em dia a técnica é utilizada para monitorar a espessura e geometria de juntas e soldas (VIANA, 2002, p.15).

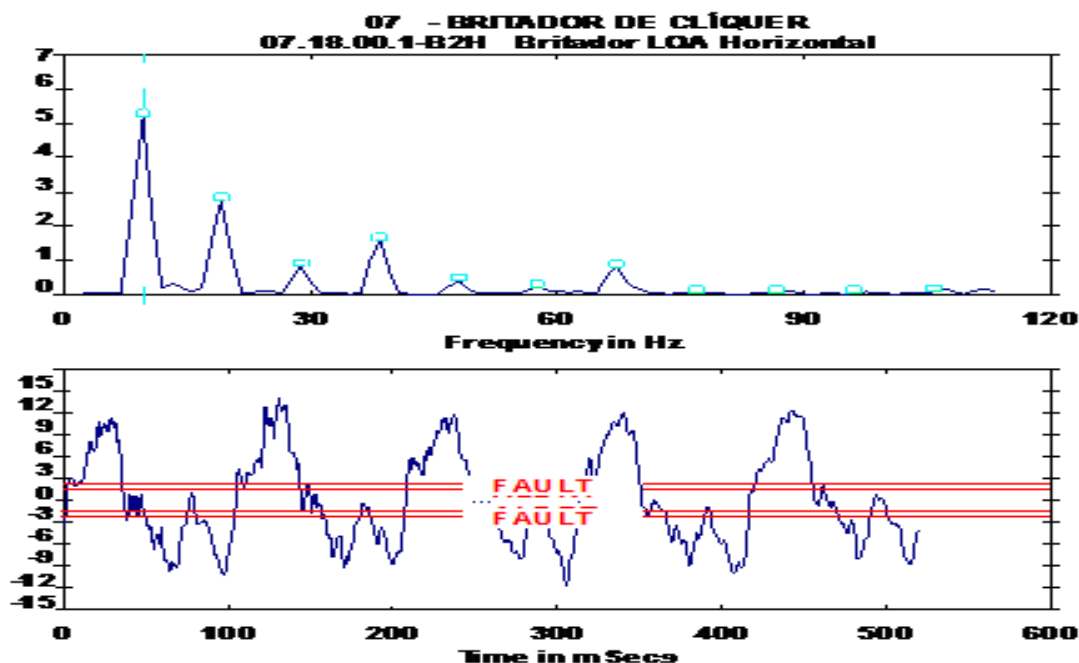
Figura 02 – Princípio do ultrassom



Fonte: Adaptado PASA (2013)

A vibração mecânica é a oscilação em torno de uma posição de referência. É um processo destrutivo e causa falhas nos elementos das máquinas por fadiga e desgaste. É uma técnica que leva ao fácil diagnóstico de desalinhamentos, desbalanceamento, folgas mecânicas (Figura 03) e defeitos em rolamentos (VIANA, 2002, p.15).

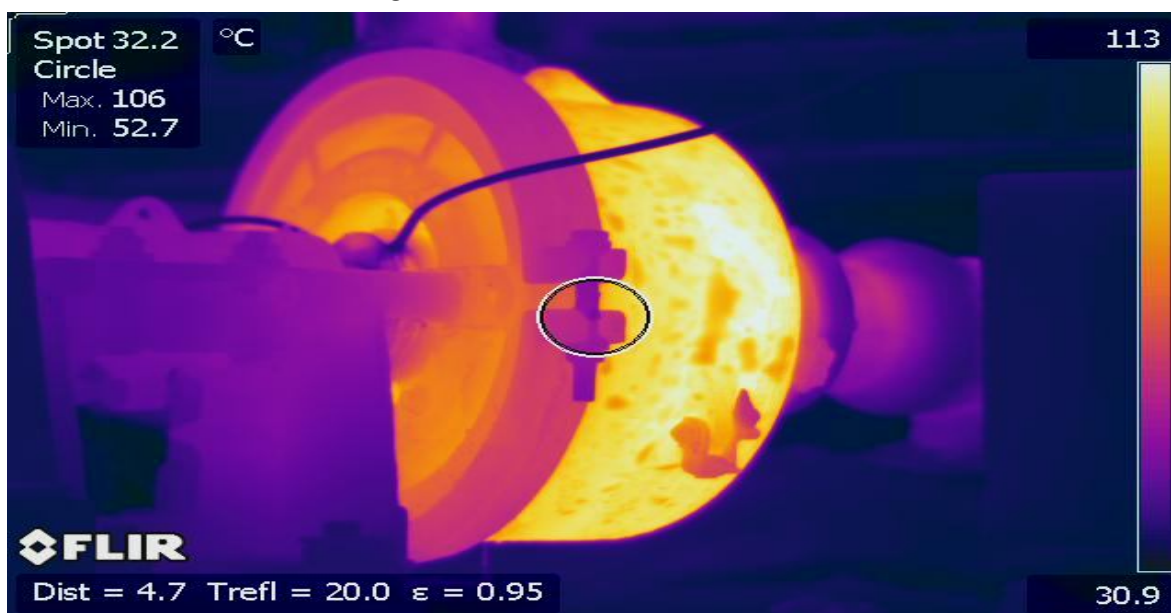
Figura 03 – Espectro e forma de onda vibracional (falha)



Fonte: FUPAI (2013)

A análise de óleo e lubrificantes tem dois elementos principais: determinar com exatidão a troca do lubrificante e identificar sintomas de desgaste de componentes. A termografia é uma técnica não destrutiva de sensoriamento de pontos por radiação infravermelha (Figura 04), é uma técnica preditiva de grande utilização, pois permite a medição sem contato físico e aplicado largamente em instalações elétricas (VIANA, 2002, p.15).

Figura 04 – Gradiente infravermelho



Fonte: FLIR (2013)

Siqueira (2005, p. 134) destaca também os sentidos humanos utilizados no monitoramento, que são:

Tato – Mudança na frequência de vibração, umidade, temperatura e etc.; Olfato – cheiro de combustível, fumaça, queima de isolamento, etc.; Gustação – variação na qualidade do produto alimentício pelo paladar; Audição – Mudanças de ruídos, chiados, roncos, batidas, silvos, etc.; Visão – variação de cor, limpeza, distorção, tamanho, posição, etc. (SIQUEIRA, 2005, p. 134)

2.2.4 Manutenção centrada na confiabilidade

A manutenção centrada na confiabilidade (MCC) se diferencia da manutenção tradicional (Tabela 01) e de acordo com Lafraia (2001, p.257) é enfatizada como [...] “preservar as funções do sistema, enquanto na manutenção tradicional o objetivo é preservar o equipamento”.

Tabela 01 – Comparação da manutenção tradicional com a MCC

Característica	Manutenção Tradicional	MCC
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Atividades	O que pode ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Deterioração do equipamento	Conseqüências das falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por função

Fonte: Siqueira (2005)

Quanto à aplicabilidade, técnicas e conceitos relacionados à da MCC, Siqueira (2005, p.9) diz que [...] “são aplicáveis, atualmente, a qualquer sistema, independente da tecnologia, onde seja necessário manter a funcionalidade processos ou ativos físicos”.

De modo básico a MCC consiste em entender as fontes de falhas para a obtenção da antecipação na eminência da sua ocorrência. A falha é entendida como a incapacidade do desenvolvimento normal das atividades de um determinado equipamento, ou seja, o não cumprimento das atividades para qual ele fora projetado, esse modelo de falha é entendido também como falha funcional, tendo sua severidade variável que vai desde o comprometimento do desempenho do equipamento até a sua incapacidade operacional (SIQUEIRA, 2005, p.18).

Juntamente com os efeitos da falha, os dados gerados por ela devem ser ponderados de modo a oferecer para a gestão da manutenção base para a gestão

eficiente onde, objetivamente, deve ser estabelecida qual a confiabilidade, a probabilidade da máquina ou um dos seus itens funcionarem corretamente em condições esperadas durante um período de tempo determinado, ou de que ainda esteja com suas funções após um determinado período de funcionamento. Deve-se ainda estabelecer a probabilidade de um item que sofreu uma avaria possa ser colocado novamente em seu estado operacional num período de tempo predefinido. (PALEROSI, 2006, p. 38)

2.3 Custos das manutenções

Tradicionalmente os custos com mão de obra sempre foram de maior relevância, mas, na visão estratégica da atualidade do cenário industrial, os custos das manutenções são diretamente ligados com os resultados da empresa gerando dados para investimentos, aquisições, renovação de ferramental, instrumentos e equipamentos e etc. (TAVARES, 2005, p.42)

Em 1998 na conferência nacional de manutenção nos Estados Unidos foram levantados dados relativos aos custos para os tipos mais usuais de manutenção: corretiva não planejada, preventiva, e preditiva/corretiva planejada. Os referidos gastos são em US\$ (dólar) em relação a HP instalado, para a corretiva não planejada é gasto de US\$ 17 a 19, para a preventiva US\$ 11 a 13 e para a preditiva/corretiva planejada US\$ 7 a 9. (NASCIF, 2009, p. 153)

Observando os dados acima vemos que o custo da corretiva não planejada é no mínimo o dobro da preditiva/corretiva planejada, Nascif (2009, p.154) frisa que “a alternativa de reduzir custos deve ser entendida como uma oportunidade e não como um risco para a própria empresa”, assim o presente trabalho mostra que a aplicação de técnicas de manutenção preditiva, no caso a inspeção sensível, visa a redução dos custos relativos a manutenção, em especial o custo com corretivas não planejadas que como já ponderado acima gera maior custo.

Para elucidar a relação estratégica da manutenção com a redução de custos e a forma da obtenção de tais objetivos a próxima citação deixa de forma clara, objetiva e simples de como se deve atuar.

A redução de custos pode ser obtida através de: Fazer o básico bem feito, seja na operação, na manutenção, em suprimentos, na administração etc. Trabalhar segundo as melhores práticas em todos os segmentos, no caso da manutenção, cuja missão é oferecer DISPONIBILIDADE e CONFIABILIDADE dos ativos, a redução nos custos da manutenção está diretamente ligada a sua forma de atuar. (NASCIF, 2009, p.154)

Se analisarmos a manutenção e suas práticas podemos ter que:

ESTABILIZAÇÃO DA ROTINA = PREVISIBILIDADE

IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS = COMPETITIVIDADE

PRODUTIVIDADE = (PREVISIBILIDADE,COMPETITIVIDADE)

Com base nesta ótica Nascif (2009, p.155) diz que “tanto mais produtiva será a empresa quanto menores forem os seus custos para um mesmo faturamento”, contextualizando com os objetivos do presente trabalho a implementação das rotas de inspeção resguarda a confiabilidade, disponibilidade e utilização dos equipamentos levando assim a redução dos custos com a manutenção elevando a produtividade.

2.4 Disponibilidade física

A disponibilidade é o resultado, e o seu conceito de acordo com Nascif (2009, p.32) “é o tempo em que o equipamento, sistema, instalação está disponível para operar (ou ser utilizado), em condições de produzir ou permitir a prestação de um serviço”.

Uma conceituação mais completa é definida como:

“Capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos existentes requeridos estejam assegurados” (FILHO, 2000, p.41).

Para a mensuração podemos observar que, com o conceito da disponibilidade relacionado aos equipamentos em operação a sua razão pode ser calculada com o tempo médio entre falhas (TMEF) e a sua soma com o tempo médio entre reparo (TMER), como mostrado na Equação 01

$$Disponibilidade = \frac{TMEF}{TMEF+TMER} \quad (01)$$

Tavares (2005, p.25) diz que o TMEF e o TMER podem ser obtidos pela análise das ações que condicionem os equipamentos e sistemas a continuarem com sua operação sem uma intervenção. Importante salientar que, a maximização da disponibilidade pode ser alcançada com mudanças estratégicas feitas nas máquinas ou nos métodos de manutenção utilizados nas mesmas.

2.5 Ferramentas da qualidade

A qualidade tem sofrido grandes e importantes mudanças conceituais ao longo dos anos, mas, o seu conceito mais adequado e referido por Campos (2004, p.02) é [...] “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente”.

Do ponto de vista do controle, Paladini (1997, p. 66) define as ferramentas da qualidade como: “dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação da qualidade total”.

O conceito e os tipos das ferramentas da qualidade são citados de forma objetiva como:

“São instrumentos que permitem a aplicação de conceitos da Qualidade de modo simples e prático. Como exemplo de ferramentas, podem-se citar o ciclo PDCA, o 5W e 2H, Diagrama de Causa e Efeito, *Brainstorming*, entre outros [...]” (MOURA, 2003, p.27).

A inspeção está intimamente ligada à qualidade, ela também evoluiu historicamente e teve a sua associação ao controle da qualidade em 1992 com a publicação de *The control of quality in manufacturing* por Radford e deu a inspeção *status* e responsabilidade gerencial. A obra associava as atividades da inspeção com a qualidade elevando a qualidade de produção, a elevação da produção e a diminuição de custos. (MARSHALL, 2010, p.23)

No presente trabalho serão utilizadas as ferramentas Matriz GUT, Diagrama de Causa e Efeito e o Diagrama de Pareto.

2.5.1 Matriz GUT

Uma ótima e clara definição da classificação da matriz GUT é citada por Marshall (2010, p.113) como: “Matriz GUT é a representação de problemas, ou riscos potenciais, através das quantificações que buscam estabelecer prioridades para abordá-los, visando minimizar impactos”, conforme visualizado no Quadro 01.

Quadro 01 – Matriz GUT

Problemas	G	U	T	$G \times U \times T$
1. Concepção do imóvel em não conformidade com as expectativas do mercado.	5	4	1	20
2. Demora na formação do grupo de investidores.	5	5	4	100
3. Retração dos investidores por tendências macroeconômicas.	4	3	3	36
4. Desistência de 25% dos investidores durante a execução da obra.	5	5	2	50
5. Esfriamento do mercado imobiliário.	4	3	3	36
6. Mão de obra adequada não disponível no momento requisitado.	5	5	3	75
7. Planejamento de custos inconsistente, com incorrência em gastos não orçados.	4	3	3	36
8. Planejamento de compras inconsistente.	5	3	2	30
9. Aumento do preço de insumos básicos e de acabamento.	5	5	4	100
10. Longos períodos de chuvas.	4	3	2	24

Fonte: Marshall (2010)

Quanto à utilização e análise de problemas através da matriz GUT a citação abaixo elucida de forma clara e objetiva.

“A matriz GUT em geral é utilizada na priorização de problemas e na análise de riscos. Os problemas são arrolados, [...] e analisados os aspectos da gravidade (G), urgência (U) e tendência (T). Usualmente, atribui-se um número inteiro entre 1 e 5 a cada uma das dimensões (G, U e T), correspondendo o 5 à maior intensidade e o 1 à menor, e multiplicam-se os valores obtidos para G, U e T a fim de se obter um valor para cada problema ou fator de risco analisado. Os problemas ou fatores de risco que obtiverem a maior pontuação serão tratados prioritariamente” (MARSHALL, 2010, p.114).

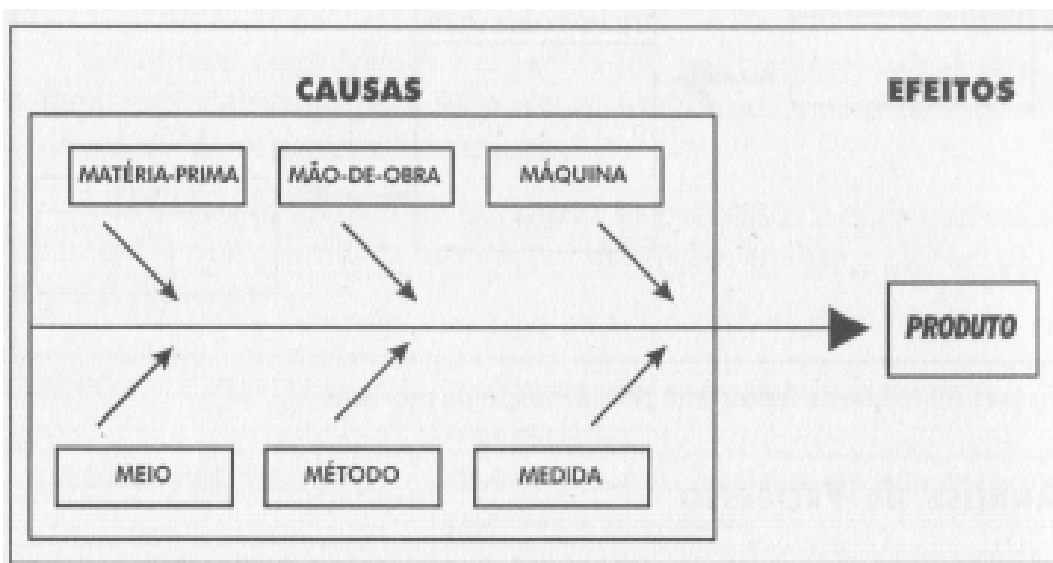
2.5.2 Diagrama de ISHIKAWA

O diagrama de Ishikawa é largamente utilizado na obtenção das causas relacionadas a um ou mais efeitos. Moura (2003, p. 80) define como “uma ferramenta bastante útil para a análise dos processos, que permite identificar quais recursos são necessários aplicar para obter os resultados esperados nos processos”.

O controle dos processos é a base gerencial de todos os níveis, sempre que um resultado ocorre (fim, efeito), antes dele existiram e/ou existem um conjunto de causas que o influenciaram. Normalmente nos confundimos no dia a dia as causas e os efeitos, para tal Ishikawa criou o diagrama de causa e efeito, também conhecido como “diagrama espinha de peixe” ou “diagrama de Ishikawa” em homenagem ao seu criador, o seu intuito é para que todas as pessoas possam exercitar essa separação, a dos fins dos seus meios. (CAMPOS, 2004, p.19)

O referido diagrama é representado no diagrama 01 abaixo.

Diagrama 01 – Diagrama de ISHIKAWA



Fonte: Moura (2003)

Esta ferramenta também pode ser utilizada não só para um resultado indesejado, mas também para auxiliar na busca do resultado desejado nos processos. É baseada em seis conjuntos de fatores: Matéria prima; Meio ambiente; Mão de obra; Método; Máquina e Medida. (MOURA, 2003, p.92)

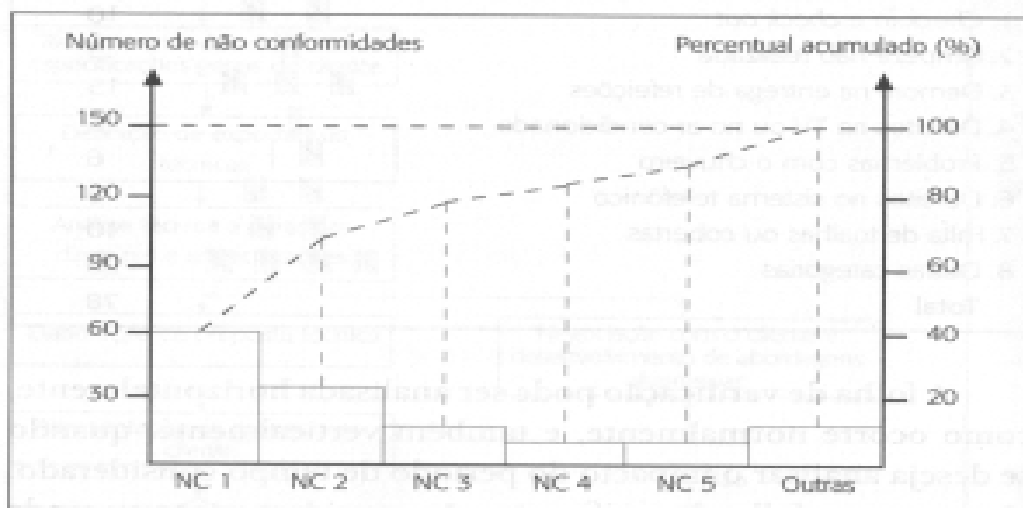
2.5.3 Diagrama de PARETO

O diagrama de Pareto é chamado pelo nome de seu criador, o economista italiano Vilfredo Pareto, que o desenvolveu a partir de um estudo sobre a desigualdade na distribuição das riquezas do país. No seu estudo ele concluiu que 20% da população tinha 80% da riqueza e o restante da população detinha os 20% restante, esta relação também é conhecida como a regra dos 80/20 (MARSHALL, 2010, p.112).

A sua definição mais objetiva e clara é citada por Marshall (2010, p.111) como sendo: “É um gráfico de barras, contraído a partir de um processo de coleta de dados [...], e pode ser utilizado quando se deseja priorizar problemas ou causas relativas a um determinado assunto”.

O referido diagrama como exemplificado no Diagrama 02, é também conhecido como curva ABC, ele destaca os elementos pela sua significância (importância) no contexto em qual está inserido, selecionando os itens mais importantes de uma série de dados dividindo seu conjunto em partes. É usualmente utilizado quando há a necessidade de ressaltar a importância relativa dos vários elementos de uma lista ou de um universo amostral (MEIRELES, 2001, p. 43).

Diagrama 02 – Diagrama de PARETO (exemplo)



Fonte: Marshall (2010)

2.6 VPS – Vale Production System

Toda empresa busca a melhoria continua, a excelência operacional para maximizar performance, executar tarefas com disciplina de acordo com regras e padrões estabelecidos. Ser excelente é trabalhar com o objetivo de alcançar resultados esperados buscando oportunidade de melhoria, desta forma é possível fazer a coisa certa, no tempo certo da maneira mais eficiente.

A excelência operacional permite com que as empresas organizem e estruturem processos, pessoas e tecnologia para melhor gerar valor e alcançar redução de custos, ganhos de tempo e aumento da produtividade.

Para o alcance da excelência a VALE usa um sistema integrado de produção chamado de VPS (*VALE PRODUCTION SYSTEM*). De acordo com o manual VPS (VALE, 2012), o VPS “define e organiza os recursos industriais e

humanos para executar sua missão e alcançar sua visão de excelência”, com isso o VPS garante que a atuação da VALE tenha um padrão.

O padrão instituído pelo VPS cria semelhanças na forma de trabalhar, produzir e manter em todas as localidades da Vale pelo mundo, ele integra as principais dimensões do negócio e tem como foco melhorar os resultados operacionais a partir da evolução da maturidade das dimensões nos requisitos complementares, sendo eles: Pessoas; Operação; Manutenção; Gestão; Sustentabilidade; Saúde e segurança.

O modelo de referência do VPS está estruturado conforme a Figura 06.

Figura 06 – Estrutura VPS VALE



Fonte: VALE (2012)

A base que representa a dimensão PESSOAS é o alicerce para a evolução das demais dimensões e para a produção com excelência. Os pilares são as dimensões OPERAÇÃO e MANUTENÇÃO sendo as funções que sustentam o negócio da Vale. A dimensão GESTÃO promove a coordenação eficaz e disciplinada dos recursos por meios de métodos e práticas gerenciais, tendo como resultados a melhor utilização dos ativos, redução de custos de forma sustentável e funcionamento harmônico das demais dimensões da cobertura (VALE, 2012).

A interação das dimensões pode ser usada pela gestão da manutenção como facilitadoras nas melhorias, com visão holística para alcance dos objetivos.

2.6.1 VPS Manutenção

A importância dos ativos para a Vale faz com que a manutenção seja uma atividade estratégica e imprescindível para a empresa, por se tratar de uma empresa multinacional global as boas práticas adotadas no VPS manutenção agrega todo um *knowhall* indiscutível relacionado à gestão da manutenção.

O modelo de gestão da Vale é baseado em processos, a gestão por processos visa integrar funcionalmente toda a organização, com o objetivo de deixar claros os produtos, as formas de monitoramento e controle, as responsabilidades e as sequências das atividades.

De acordo com o manual VPS (VALE, 2012) o objetivo do VPS manutenção é “definir os principais processos e as atividades que são fundamentais para garantir o resultado sustentável da manutenção”. O VPS manutenção é uma evolução dos sistemas de gestão da manutenção adotados pela Vale e evoluiu conforme a Figura 07.

Figura 07 – Evolução para o VPS manutenção



Fonte: VALE (2012)

Para o melhor desdobramento das boas práticas relacionadas ao gerenciamento da manutenção o VPS criou o triângulo da manutenção, que é um modelo conceitual composto de quatro estágios. Cada estágio é composto por processos e estes processos, por sua vez, são compostos por sub processos que

requerem práticas específicas que devem ser implementadas (VALE, 2012). O detalhamento do triângulo da manutenção é mostrado na figura 09.

Figura 09 – Triângulo da manutenção

Fonte: VALE (2012)

Correlacionando com o contexto do presente trabalho, a implantação das rotas de inspeção, atua diretamente em conformidade com os estágios 1, 2, 3 e 4 com relação direta de alguns de seus itens, que são:

Estágio 1 – Planejamento; Rotina de manutenção; Monitoramento e controle; Gestão de recursos e tratamento de perdas. O planejamento define a estratégia da manutenção para garantir a integridade e desempenho dos ativos, a rotina de manutenção verifica a condição dos ativos para identificar as demandas da manutenção, o monitoramento e controle é o controle da rotina propriamente dito, a gestão de recursos vem garantir a disponibilidade de materiais e dar suporte às atividades da manutenção e o tratamento de perdas visa tratar as perdas da manutenção para garantir a integridade e desempenho do ativo.

Estágio 2 – Gestão de riscos operacionais; Melhoria nos processos e prevenção de falhas; A gestão de riscos operacionais visa o mapeamento para a

prevenção e mitigação dos riscos operacionais relacionados a manutenção, a melhoria nos processos define, acompanha e controla os projetos de melhoria contínua nos processos de manutenção e por fim a prevenção de falhas visa a prevenção de falhas potenciais para garantir a integridade e desempenho dos ativos.

Estágio 3 – Controle inicial; Acordo de níveis de serviços e tratamentos de gargalos. O controle inicial estabelece premissas fundamentais para minimizar os impactos causados, o acordo dos níveis de serviço sistematiza a relação entre a manutenção e suas áreas de interface na gestão de seus processos, minimizando perdas com atuação conjunta e o tratamento de gargalos trata os impactos dos mesmos na cadeia otimizando, com isso, o processo produtivo.

Estágio 4 - Engenharia de confiabilidade; A engenharia de confiabilidade realiza estudos estatísticos, quantitativos e qualitativos para aumentar a confiabilidade dos ativos e sistemas.

O estágio 1 tem como objetivo garantir e atender a produção, cumprindo os requisitos mínimos para a manutenção dos ativos por meio do planejamento e controle, o objetivo do estágio 2 é melhorar os processos por meio de manutenção proativa e de atividades de desenvolvimento e melhoria, o objetivo do estágio 3 é de trabalhar com as áreas de clientes e fornecedores internos, garantindo a maximização do desempenho do ativo na cadeia, e por fim o objetivo do estágio 4 é realizar a gestão integrada dos ativos sob ótica financeira e de risco, utilizando de ferramentas e técnicas avançadas de confiabilidade (VALE, 2012)

As inter-relações dos estágios atendem objetivamente o macrofluxo da manutenção mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Macrofluxo da manutenção



Fonte: VALE (2012)

Importante salientar que o VPS manutenção não é dependente da estrutura organizacional geral, o que define nela é um conjunto de responsabilidades que podem ser compartilhadas ou unificadas de acordo com a estrutura organizacional do departamento.

3 METODOLOGIA

3.1 Método

O método ou a forma da caracterização de uma pesquisa pode ser classificada com relação aos seus meios, objetivos e abordagem da mesma. Podendo ser dividida em fases/etapas, na primeira pode ser bibliográfica, documental, de campo ou de estudo de caso. Na segunda pode ser classificada como descritivo, explicativo e de caráter exploratório. Na terceira pode ser de cunho qualitativo e quantitativo. (BATISTA, 2011, p.10)

O presente trabalho, no que tange os seus meios, é de caráter bibliográfico, visto que a sua fundamentação estão baseadas em diversas e consagradas publicações no que se refere à manutenção e seu universo; documental, pois, o levantamento de dados foi feito com base em documentos internos da empresa em estudo; de campo, pois, a no que se refere a termos e etapas da sua descrição ser frutos da observação direta de ativos e sistemas de produção; e, estudo de caso, pois, procura explicar fatores e fenômenos específicos ligados à manutenção e sua gestão estratégica, que são a implantação das rotas de inspeção sensível mecânica e seus impactos benéficos no sistema produtivo.

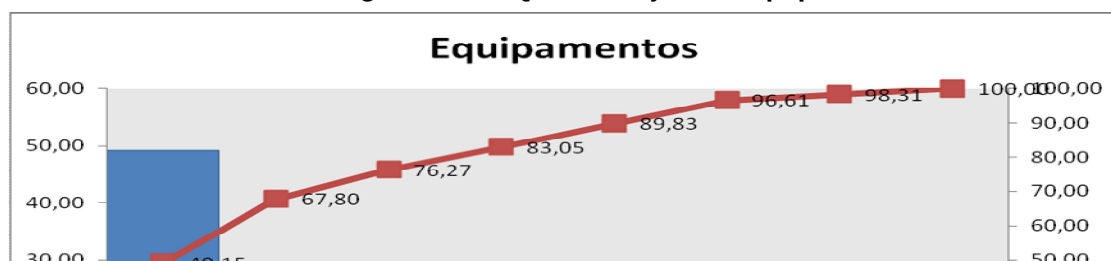
No que se refere aos objetivos da pesquisa, a mesma é descritiva, pois, delinea as etapas percorridas para a implementação citada. É explicativa, devido aos esclarecimentos relacionados aos objetivos da mesma.

A abordagem desta pesquisa pode ser classificada como quantitativa, pois, a partir de dados estatísticos obtidos no sistema de gerenciamento da manutenção foi possível analisar, mensurar, e identificar pontos que basearam a pesquisa, servindo também como base para o alcance dos objetivos.

3.2 Universo da amostra

O universo do trabalho são os equipamentos operantes na usina de beneficiamento de potássio na área de concentração, tendo um total de 59 equipamentos e a amostra os equipamentos críticos da área com foco em bombas de polpa que são a maioria dos equipamentos com 49,15% do total conforme o Diagrama 03.

Diagrama 03 – Quantificação de equipamentos



Fonte: Autor do trabalho (2013)

3.3 Coleta e tratamento de dados

A coleta dos dados relacionados à quantificação de Ordens de Serviço (OS) foi realizada através do sistema *online* de gerenciamento de manutenção, o MAXIMO, sendo que estes dados estão disponíveis para consulta a qualquer momento em terminais que tenham acesso, bastando apenas o usuário realizar filtros na pesquisa.

Na primeira etapa com relação à observação do fluxo de informações, funcionamento dos processos relacionados à manutenção, dados relativos aos setores e métodos aplicados foram devidamente anotados e transformados em relatos descritivos.

Na segunda etapa foi quantificado o número de ocorrências CORRETIVAS do ano de 2012 e início de 2013, relacionando às mesmas com os respectivos tempos de parada, mão de obra utilizada, sobressalentes e etc.

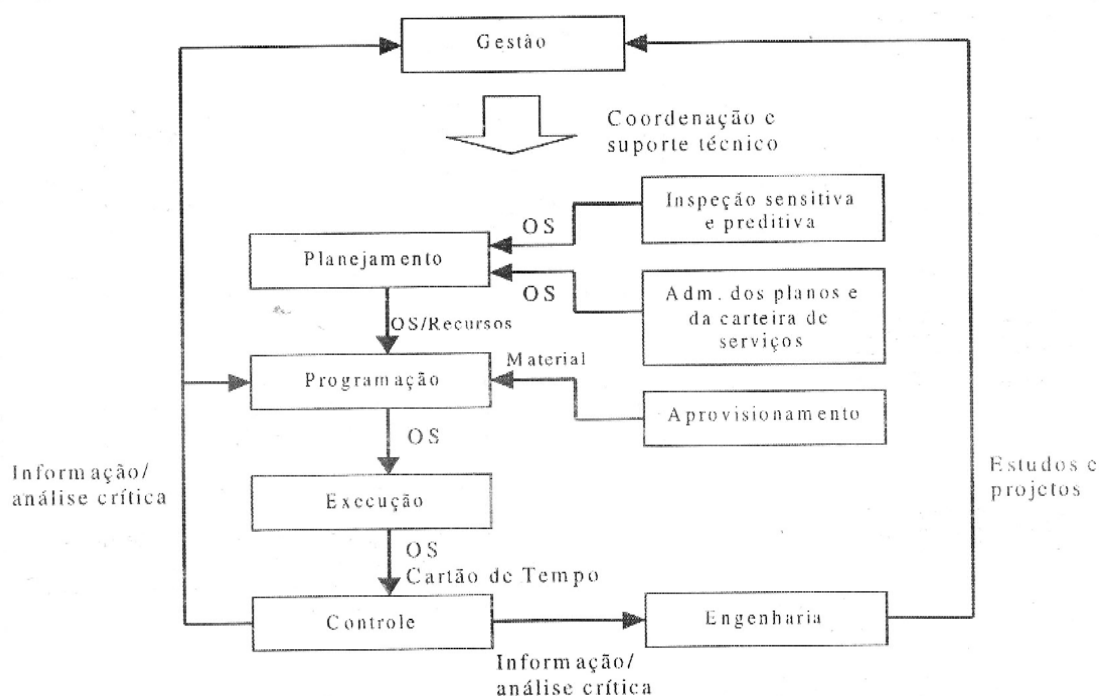
A terceira etapa foi à execução das inspeções sensitivas em campo, e com o término de cada rota os dados e informações geradas eram retroalimentadas no sistema para ajustes e melhorias incrementais. Com a execução das rotas de inspeção também foram geradas diversas ordens de serviço relevantes a diagnósticos realizados, evitando sinistros operacionais aos equipamentos.

Na quarta etapa foi solicitado junto ao PCP a planilha de controle de disponibilidade física e a taxa de utilização da área, atualizados e já consolidados, para a avaliação e interpolação com o reflexo da implantação e início sistemático das rotas, sendo que são diretamente relacionados.

3.4 Análise de dados

Os dados coletados na primeira etapa foram aproveitados e inseridos como caminhos mais rápidos nas solicitações, direcionando as ordens de serviços geradas através das inspeções para as equipes de corretiva e preventiva, sendo as preventivas programadas pelo PCM nas paradas planejadas das áreas e equipamentos, de acordo com o fluxograma da informação mostrado na figura 11.

Figura 11 – Fluxo de informação



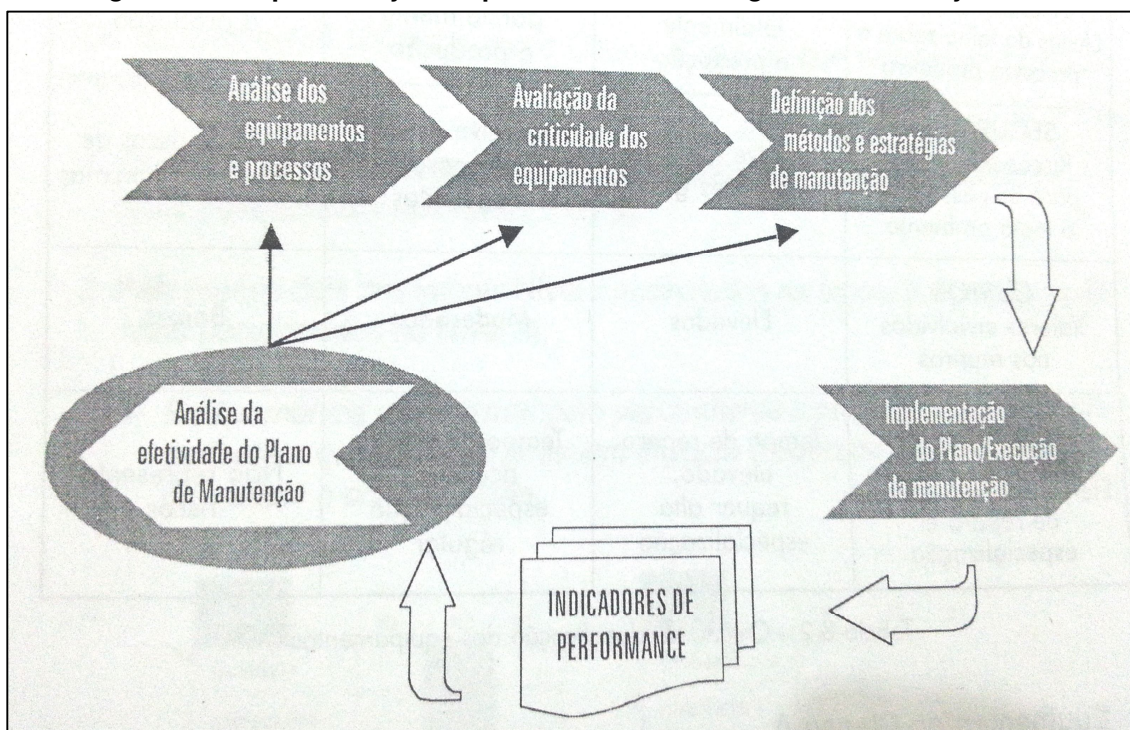
Fonte: VALE (2002)

A quantificação numérica das ordens de serviço corretivas foi usada em comparativo antes e depois da implantação e início sistemático das rotas de inspeção.

As ordens de serviço, solicitações de intervenções e etc., geradas a partir das inspeções citadas na quarta etapa, foram destinadas diretamente ao PCM e equipes de execução mecânica e também foram usadas pelo PCP na mensuração

da disponibilidade física da área de acordo com o fluxo da estratégia de manutenção como mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Representação esquemática da estratégia da manutenção



Fonte: VALE (2002)

3.5 A importância da inspeção na planta industrial

Para manter os equipamentos sempre em disponibilidade operacional e evitar possíveis danos é de essencial importância às inspeções periódicas e sistemáticas. A estabilidade operacional é essencial e fundamental para o processo produtivo industrial, dependendo exclusivamente da capacidade dos equipamentos operarem

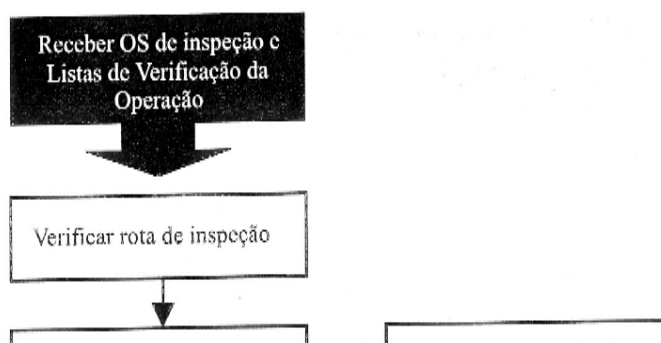
sem paradas não planejadas, ou seja, sem quebras e falhas. A cada falha que ocorre em uma planta industrial uma restrição é gerada no processo, desestabilizando a linha de produção.

As estratégias da manutenção conferem previsibilidade das atividades, sem ela tende-se a improvisação e arranjos. No novo cenário das organizações, que insere a manutenção como função estratégica, não há espaço para fatos repentinos e inapropriados.

A previsibilidade assertiva das falhas é essencial para o processo de planejamento da manutenção. O risco da quebra, quando mensurado, auxilia na determinação das intervenções nos equipamentos, sendo possível adequar a programação de produção a este cenário. A aplicação de técnicas de inspeção corretas e focadas de acordo com a necessidade inerente de cada equipamento é a base para identificação das falhas e a quantificação do risco operacional com os retornos obtidos das aplicações também é possível.

Todos os fatores citados acima vêm em encontro às boas práticas da manutenção e ao atendimento do fluxo requerido da inspeção dentro dos sistemas e gerenciamento global e o VPS manutenção como visualizado na Figura 13.

Figura 13 – Fluxo da inspeção



Fonte: VALE (2002)

3.6 Descrição do funcionamento de bombas de polpa

Para a elucidação e contextualização do desdobramento do presente trabalho esta seção descreve o funcionamento de bomba de polpa.

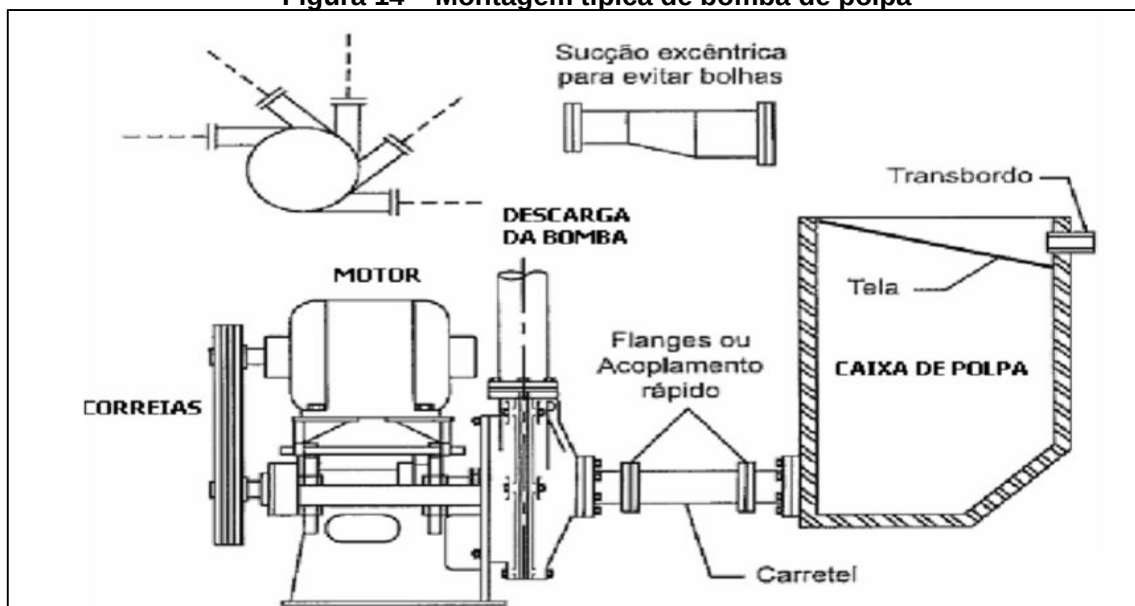
Uma bomba de polpa nada mais é do que uma bomba centrífuga com aplicação de transporte da polpa do minério, neste caso potássio. De forma geral na

indústria mineral as bombas centrífugas são utilizadas amplamente devido a sua facilidade de transporte de diversos materiais por meios de dutos (tubulação) de curta e longa distância. Dependendo do processo produtivo o transporte da polpa de minério não pode ser feita por gravidade e então o uso das bombas de polpa torna-se vital e estrategicamente importante para o transporte da polpa de minério dando continuidade aos processos produtivos.

A bomba centrífuga, do ponto de vista da mecânica dos fluidos, funciona transformando a energia centrífuga devido à aceleração do rotor por meio de um motor que pode ser acoplado diretamente ou transmitido por correias, em energia potencial (pressão) que faz o transporte do material direcionado aos processos subsequentes.

A Figura 14 mostra a forma mais usual de configuração e instalação de bomba no meio industrial.

Figura 14 – Montagem típica de bomba de polpa



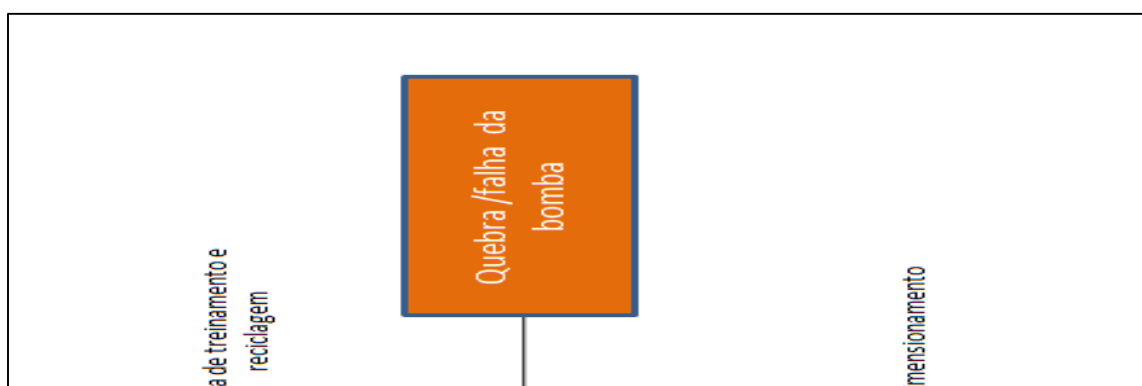
Fonte: VALE (2002)

3.7 Implementação de planos e rotas de inspeção sensível mecânica

Para a implementação dos planos de inspeção e o levantamento dos itens a serem incluídos na rotina de cada equipamento que compõe uma rota, foram levados em consideração fatores levantados com as análises de falhas. Como

exemplo mostrado no Diagrama 04, manuais técnicos dos fabricantes, através de informações levantadas junto à oficina de manutenção, mecânicos e inspetores. Tudo para a consolidação de uma forma efetiva, eficiente e eficaz de realizar a inspeção sensitiva com instrumentos e técnicas de análise.

Diagrama 04 – Análise de falha em Bomba de Polpa



Fonte: Autor do Trabalho (2013)

Os itens que foram destacados como mais relevantes e que causariam mais impactos nos equipamentos e a importância para o acompanhamento ou pedido de intervenção no equipamento fizeram parte do plano que compõe a rota como discriminados abaixo.

ROTA: INSPEÇÃO SENSITIVA MECÂNICA BOMBAS DE POLPA (Figura 15)

- Deslocar-se até o equipamento;
- Verificar condições de limpeza da área;
- Verificar parafusos e porcas de fixação (folgados ou danificados);
- Verificar presença de ruídos anormais.
- Verificar vazamentos na bomba ou tubulações (sucção, recalque e Sistema de Selagem).
- Verificar Proteção do Acionamento (Correia ou Acoplamento)
- Verificar Temperatura dos Mancais (Max 80°)
- Verificar Estado das correias de Acionamento
- Emitir Ordem de Serviço quando detectada anomalia;
- Acompanhar correção de anomalias solicitadas;
- Encerrar ordem de serviço de Inspeção e registrar histórico de inspeção.

Figura 15 – Bomba de Polpa



Fonte: WEIR minerals (2013)

ROTA: INSPEÇÃO SENSITIVA MECÂNICA BOMBAS CENTRIFUGAS (Figura 16)

- Deslocar-se até o equipamento;
- Verificar condições de limpeza da área;
- Verificar parafusos e porcas de fixação (folgados ou danificados);
- Verificar presença de ruídos anormais.

Verificar vazamentos na bomba ou tubulações (sucção, recalque e Sistema de Selagem).
Verificar Proteção do Acionamento (Correia ou Acoplamento)
Verificar Temperatura dos Mancais (Max 80°)
Emitir Ordem de Serviço quando detectada anomalia;
Acompanhar correção de anomalias solicitadas;
Encerrar ordem de serviço de Inspeção e registrar histórico de inspeção.

Figura 16 – Bomba Centrífuga



Fonte: Bombas KSB (2013)

ROTA: INSPEÇÃO SENSITIVA MECÂNICA MOINHOS (Figura 17)
Deslocar-se até o equipamento;
Verificar condições de limpeza da área;
Verificar Presença de Ruídos Anormais
Verificar Temperatura dos Mancais do Pinhão (Máximo 80°)

Verificar Vazamento no Corpo (parafusos e tampa)
Verificar Vazamento nos Espelhos (LA e LOA)
Verificar as condições do anel do espalhador de polpa do moinho
Verificar Spray de Graxa da Coroa do Moinho (fluxo e distribuição)
Verificar Bombas de Lubrificação (vazamento, conexões, mangueiras e etc.)
Verificar Estado do Óleo Lubrificante dos Munhões
Verificar Proteções (engrenamento, guarda corpo, mancais)
Verificar Nível de Óleo do Redutor
Emitir Ordem de Serviço quando detectada anomalia
Acompanhar correção de anomalias solicitadas
Encerrar ordem de serviço de Inspeção e registrar histórico de inspeção

Figura 17 – Moinho de Barras



Fonte: FMS machinery (2013)

ROTA: INSPEÇÃO SENSITIVA MECÂNICA BANCOS DE FLOTAÇÃO (Figura 18)
Deslocar-se até o equipamento;
Verificar condições de limpeza da área;
Verificar presença de ruídos anormais
Verificar fixação dos Motores (folgas e danos)

Verificar proteções das polias e correias (danificados)
Verificar correias de acionamento (folgadas ou danificadas)
Verificar Existência de turbulências
Verificar Temperatura dos torpedos (Max 80°)
Verificar acionamento das Espumadeiras (motor, redutor e acoplamento)
Verificar espumadeiras (palhetas e eixo)
Verificar vazamentos no corpo, calhas e tubulações (alimentação e descarga)
Verificar Válvulas de Alimentação e Descarga (Vazamentos, corrosão etc)
Emitir Ordem de Serviço quando detectada anomalia
Acompanhar correção de anomalias solicitadas
Encerrar ordem de serviço e registrar histórico de inspeção

Figura 18 – Banco de Flotação



Fonte: RFEquipamentos (2013)

ROTA: INSPEÇÃO SENSITIVA MECÂNICA CENTRIFUGAS (Figura 19)
Deslocar-se até o equipamento;
Verificar condições de limpeza da área;
Verificar presença de ruídos anormais
Verificar Existência de vazamentos no corpo, tubulações e bacia

Verificar vazamentos de lubrificantes (bomba, mangueiras, conexões e etc.)
Verificar proteções das polias/correias
Verificar correias de acionamento e polias
Verificar Fixação das bases, molas e Suporte pino fusível
Verificar Temperatura dos mancais e redutor
Verificar Trocadores de calor (vazamento e temperatura)
Verificar Nível de Óleo do Reservatório Redutor e Mancais
Emitir Ordem de Serviço quando detectada anomalia
Acompanhar correção de anomalias solicitadas
Encerrar ordem de serviço e registrar histórico de inspeção

Figura 19 – Centrifuga



Fonte: Autor do Trabalho (2013)

ROTA: INSPEÇÃO SENSITIVA MECÂNICA FILTRO DE VÁCUO (Figura 20)
Deslocar-se até o equipamento;
Verificar condições de limpeza da área;
Verificar Presença de Ruídos Anormais
Verificar Estado do Tecido (dobras, rasgos, contaminação, desalinhamento e etc.)

Verificar Estado da Esteira (Emenda, Curb, fissuras e etc.)
 Verificar Temperatura dos Mancais (Máximo 80°)
 Verificar Estado dos Roletes de Retorno do Tecido
 Verificar Estado dos Roletes de Retorno da Esteira
 Verificar Rolo de Acionamento e Retorno da Esteira
 Verificar Correias de Selagem (desgaste, folga)
 Verificar Estado das Correias de Acionamento
 Verificar Nível de Óleo do Redutor
 Verificar Sistema de Spray de Lavagem do Tecido (Entupimento, Vazão)
 Verificar Estado Calha de Alimentação e Descarga
 Verificar Roletes Verticais Guias da Esteira
 Verificar Sensores de Alinhamento da Esteira e Tecido
 Verificar Estado dos Mangotes da Caixa de Vácuo
 Verificar Estado dos Roletes/Buchas Guias da Correia de Selagem
 Emitir Ordem de Serviço quando detectada anomalia
 Acompanhar correção de anomalias solicitadas
 Encerrar ordem de serviço de Inspeção e registrar histórico de inspeção

Figura 20 – Filtro de Vácuo



Fonte: Autor do Trabalho (2013)

ROTA: INSPEÇÃO SENSITIVA DISTRIBUIDORES DE POLPA (Figura 21)

Deslocar-se até o equipamento;
 Verificar condições de limpeza da área;
 Verificar vazamentos no corpo e tubulações (alimentação e descarga)

Verificar estado dos Ciclones (vazamentos, obstruções e etc.)
Verificar estados das Válvulas Mangote
Emitir Ordem de Serviço quando detectada anomalia
Acompanhar correção de anomalias solicitadas
Encerrar ordem de serviço e registrar histórico de inspeção

Figura 21 – Distribuidor de Polpa



Fonte: Autor do Trabalho (2013)

ROTA: INSPEÇÃO SENSITIVA MECÂNICA HIDROESPESSADORES E
DECANTADORES (Figura 22)
Deslocar-se até o equipamento;
Verificar Condições de Limpeza da Área;
Verificar Presença de Ruídos Anormais;

Verificar Estado de conservação das Estruturas;
Verificar Acionamento de Elevação do RACK (correias, proteção, fixação);
Verificar Acionamento de Giro do RACK (proteção, corrente, fixação, acoplamento e etc.);
Verificar Mancal de Apoio/Guia do Eixo do RACK;
Verificar Nível de Óleo do Redutor de Giro do RACK;
Verificar Lubrificação da Coroa de Giro do RACK;
Verificar Válvula de Dreno;
Verificar Cone da Parte Inferior;
Verificar Tubulações/Calhas Alimentação e Descarga;
Verificar Galeria Do Poço (bomba, iluminação e etc.) [apenas p/ 23DC01]
Emitir Ordem de Serviço quando detectada anomalia;
Acompanhar correção de anomalias solicitadas;
Encerrar ordem de serviço de Inspeção e registrar histórico de inspeção.

Figura 22 – Decantador



Fonte: Autor do Trabalho (2013)

3.7.1 Avaliação e classificação da criticidade

Para a avaliação e classificação da criticidade dos equipamentos e com isso a definição da periodicidade das rotas relacionadas a grupos de equipamentos, foi

utilizada a ferramenta da qualidade matriz GUT. A matriz GUT é importante para a solução e gestão de problemas, e usada para analisar as prioridades das atividades que dever ser realizadas ou desenvolvidas. É uma ferramenta que se mostra bastante eficaz apesar de ser simples no seu desenvolvimento e manutenção, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 01 – Matriz GUT final

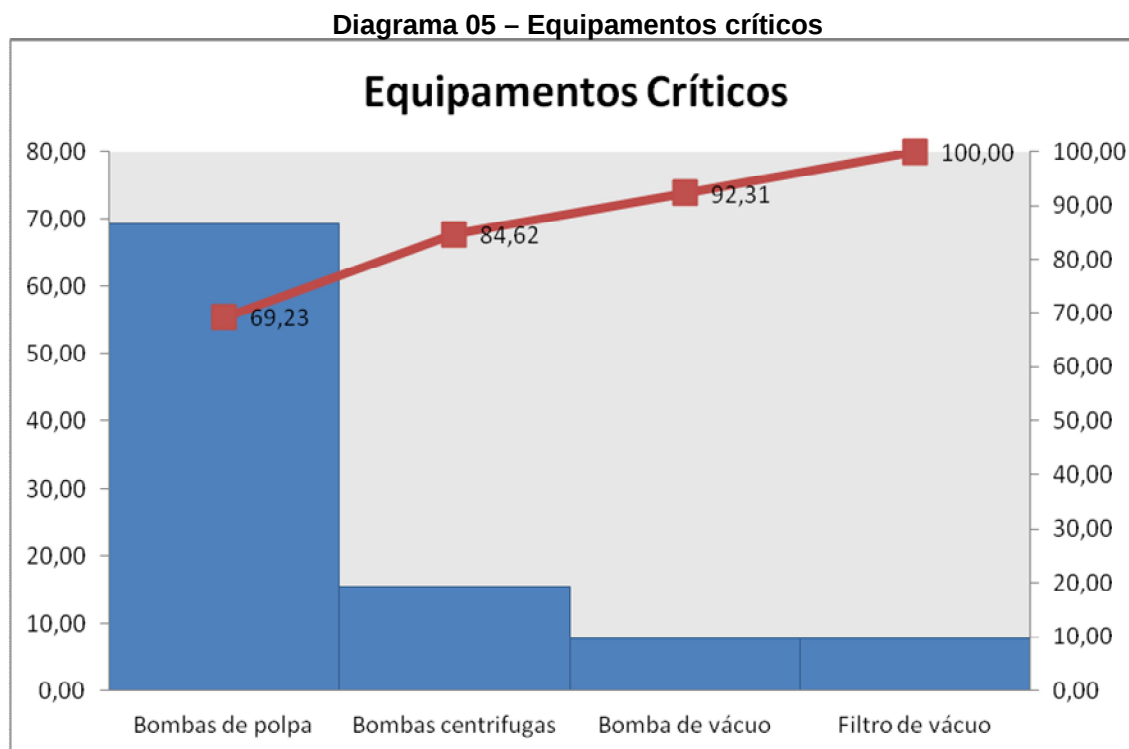
PROBLEMA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	GRAU CRÍTICO (GxUxT)	SEQUÊNCIA
Equipamentos que param o processo produtivo	5	5	5	125	1º
Equipamentos que param uma linha de produção	4	3	4	48	2º
Equipamentos que podem ser desviado o fluxo de material ou existe redundante (reserva operacional)	3	2	3	18	3º
Equipamentos que funcionam eventualmente	2	1	2	4	4º
Equipamentos que não afetam o processo diretamente	1	1	2	2	5º

Fonte: Autor do trabalho (2013)

Para os equipamentos que param o processo (ver Diagrama 05) como algumas bombas de polpa, bomba de vácuo, filtro de vácuo e equipamentos que param uma linha de produção como algumas bombas (polpa e centrifugas), moinhos de barra, foi dada a periodicidade da inspeção como SEMANAL. Para os equipamentos que podem ser desviado o fluxo de material ou existe redundante (reserva operacional) como algumas bombas, distribuidores de polpa e etc., foi dada a periodicidade como QUINZENAL e para equipamentos que funcionam eventualmente e equipamentos que não afetam o processo produtivo diretamente

como bombas de limpeza, lavagem e drenagem de pisos, foi dada a periodicidade MENSAL.

O Diagrama 05 destaca as bombas de polpa entre os equipamentos críticos, reforçando a sua criticidade operacional, levando assim a sua falha a ter um peso considerável no desempenho da produção e produtividade.



Fonte: Autor do trabalho (2013)

Seguindo a hierarquia da empresa o levantamento de criticidades, os planos e rotas de inspeção foram passados para a supervisão imediata para revisão e aprovação, que por sua vez aprovou a decisão e a maneira de abordagem enfatizada, autorizando e efetivando todo o escopo e aplicações, passando o mesmo para a aprovação da gerencia geral de manutenção, pois se fazia necessário à liberação da chave de acesso *Premium* do sistema MAXIMO para a inserção objetivada das rotas e o *startup* sistemático das mesmas para a execução do inspetor.

Após todos os passos de aprovações concluídos, foram revisados com a equipe de inspeção todos os itens gerados do escopo geral por equipamentos e

inseridos no sistema MAXIMO os passos das rotas a serem cumpridos e verificados nas inspeções sensitivas mecânicas.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram verificados nos históricos da manutenção os números das manutenções corretivas a fim de se tomar uma linha de raciocínio voltada para a quantificação e ajuda no diagnóstico de minimização e/ou eliminação da condição de falha.

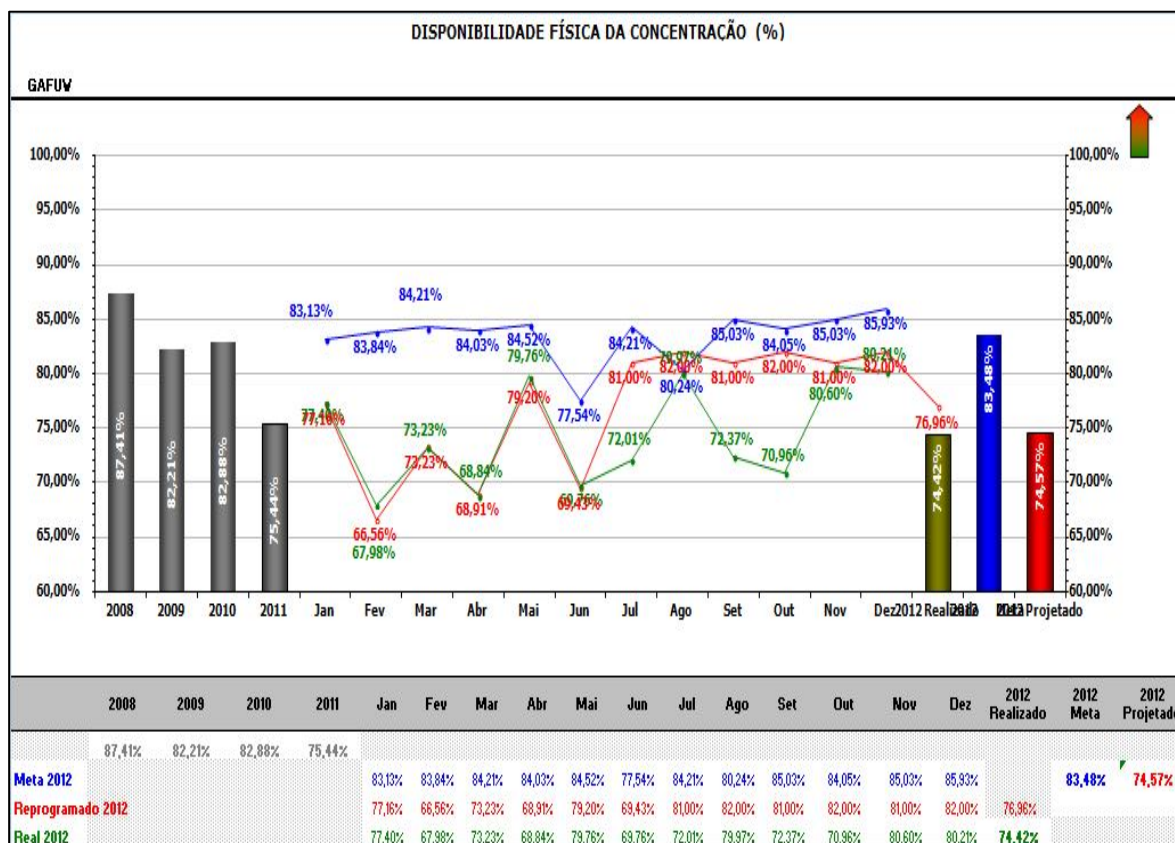
Entre o segundo semestre de 2011 e o primeiro de 2012, de acordo com o sistema de gerenciamento da manutenção MAXIMO, foram geradas 58 ordens de serviço corretivas sendo que 39 eram relacionadas com as bombas de polpa e destas, 13 que representa 22,03% das ordens emitidas para bombas, eram de equipamentos críticos que resultaram na parada de toda a área de concentração. Diante deste cenário, com o estudo feito na empresa e a implementação dos planos e rotas de inspeção fizeram com que estes números caíssem para 27 ordens de serviço corretivas, sendo 9 apenas relacionados a equipamento críticos mostrado na Figura 23, no período do segundo semestre de 2012 ao primeiro trimestre de 2013, uma redução de 37,93% de ordens de serviço corretivas emitidas que deram a área a elevação de desempenho operacional, confiabilidade e disponibilidade.

4.1 Disponibilidade física da área

Os gerenciamentos dos dados relacionados à disponibilidade física das áreas da empresa são feitos pela equipe de PCP que usa estes dados de forma estratégica atrelando a produtividade real com a planejada interpolada junto a disponibilidade física real e planejada.

A disponibilidade física da área tem impacto direto no planejamento das estratégias voltadas a projeção da produção da usina, quando a disponibilidade está abaixo do planejado ações devem e são tomadas, pois, estes baixos índices afetam diretamente a produtividade real, mudam a perspectiva de produção e poderá comprometer o cumprimento da meta anual estabelecida pela diretoria.

Gráfico 01 – Disponibilidade física da área 2012



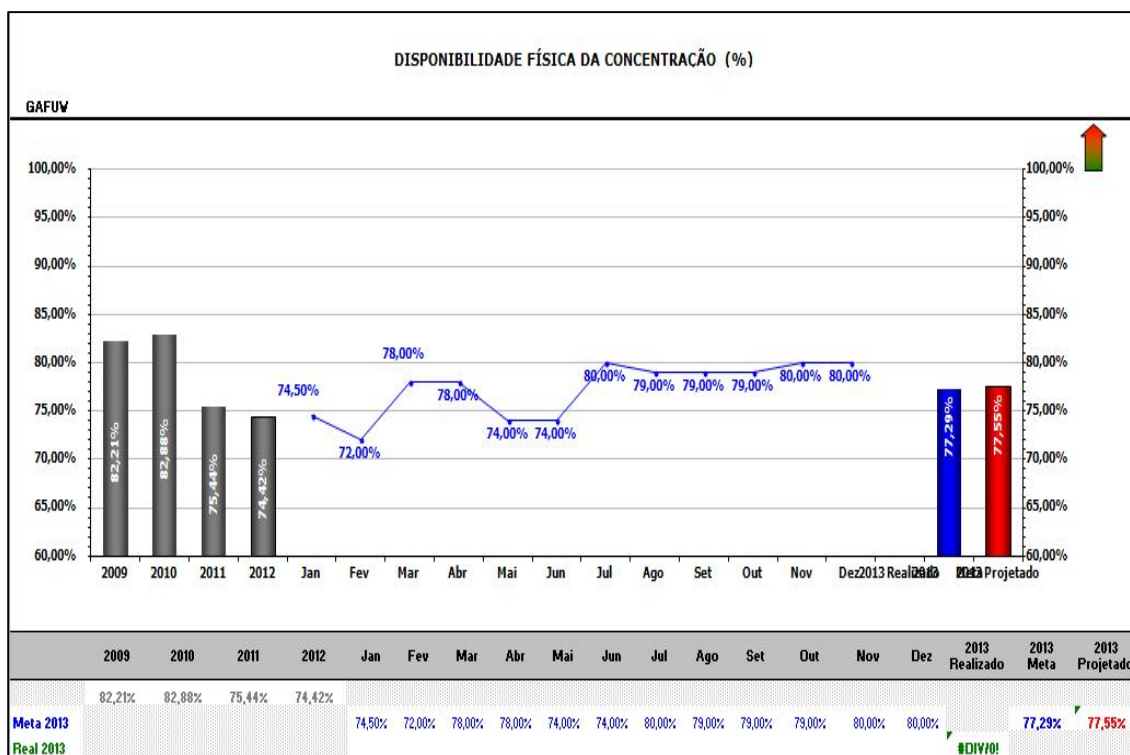
Fonte: Empresa em estudo (2013)

O gráfico 01 mostra o comportamento no ano de 2012, antes das inspeções serem inseridas no contexto industrial, a disponibilidade física da concentração

estava com muita oscilação devido às falhas citadas anteriormente, ficando abaixo do planejado, forçando a reformulação constante das metas a serem alcançadas pela área, e deixando a projeção futura sem margem sólida para o planejamento. Importante salientar que as inspeções iniciaram seu ciclo em plenitude a partir do mês de novembro onde nota-se o incremento na disponibilidade que passa a operar acima dos 80%.

O sucesso da melhoria que fora implementada na empresa é evidenciada através do incremento da disponibilidade física da área, os dados são extremamente relevantes mostrando os ganhos obtidos após a mesma. Com o ganho na confiabilidade o PCP pode fazer uma nova projeção com metas mais próximas da realidade da área e com margens menos extrapoladas, como mostrado no Gráfico 02.

Gráfico 02 – Projeção da disponibilidade física da área 2013



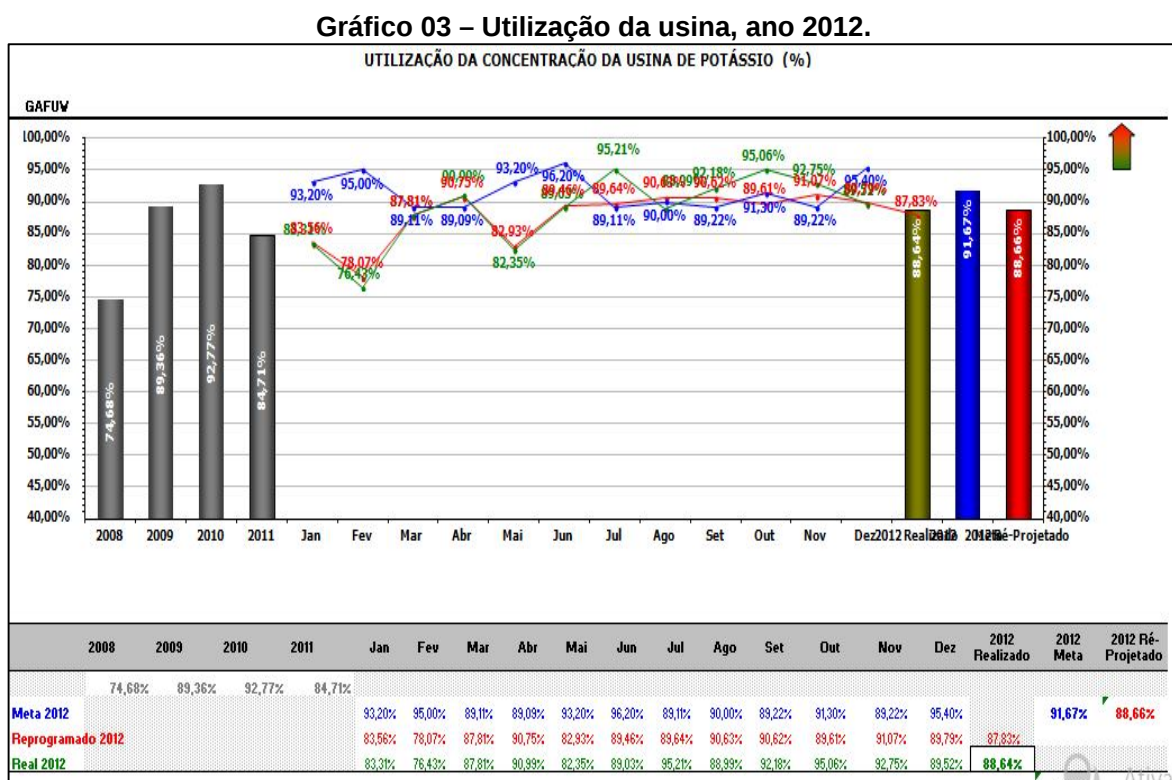
Fonte: Empresa em estudo (2013)

4.2 Taxa de utilização

A taxa de utilização mede o desempenho relacionado ao objetivo principal da área de concentração da usina, que é o beneficiamento do minério Silvinita que chega da mina com cerca de 23 – 28% de potássio em sua composição, em potássio puro numa concentração de 95% , que é o especificado no mercado, e todo o processo de concentração é feito por via úmida.

Como é feito com os dados de disponibilidade, a utilização também é gerenciado pelo PCP e avaliam diretamente o desempenho industrial real, também baseada em metas. Os números reais da utilização estão intimamente ligados ao funcionamento dos equipamentos da área.

O gráfico 03 abaixo mostra os dados reais do ano de 2012.



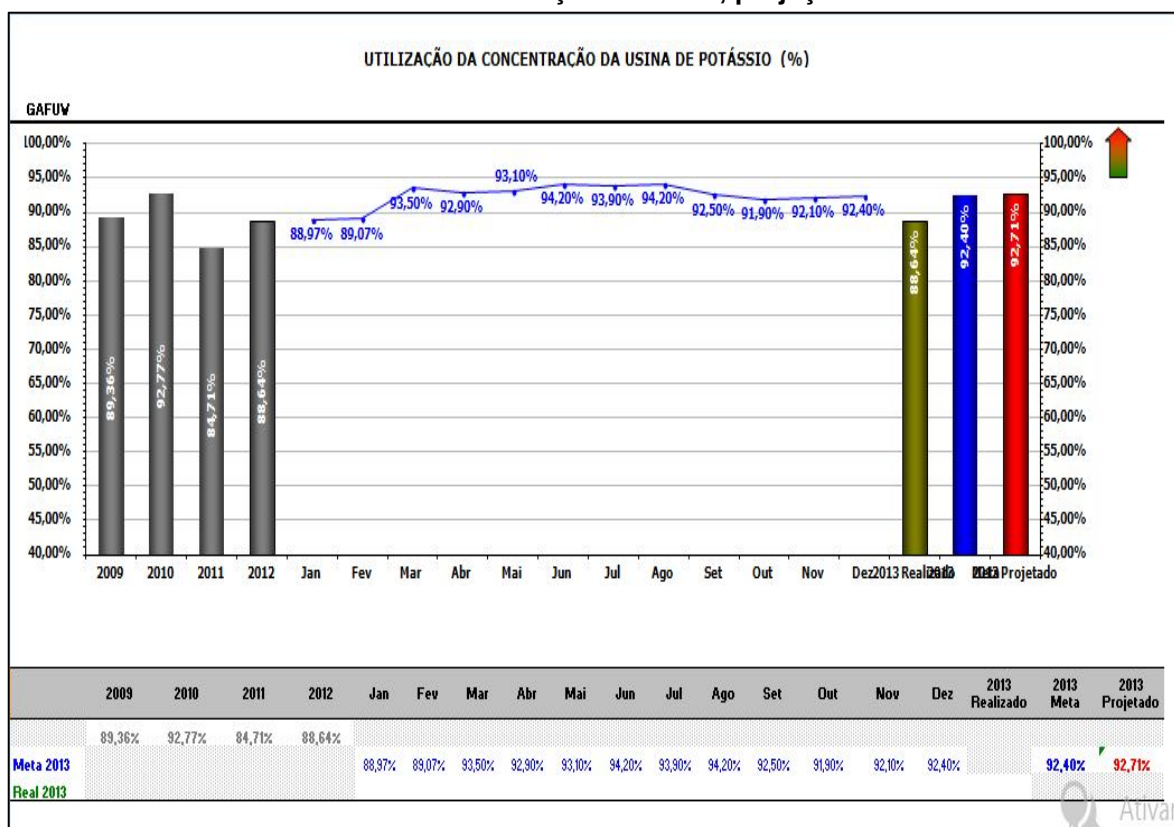
Fonte: Empresa em estudo (2013)

A meta para o ano de 2012 era de 91,67% e foi obtida a taxa de 88,64%, conforme mostra o Gráfico 03. Sabendo que a disponibilidade afeta diretamente os números reais a perspectiva para o ano de 2013, com dados mais sólidos e confiáveis foram projetados dentro de uma meta mais ponderada, dando também

base de raciocínio para todo o planejamento estratégico anual da usina de beneficiamento.

Os dados projetados para 2013 são mais fundados e estáveis.

Gráfico 04 – Utilização da usina, projeção ano 2013



Fonte: Empresa em estudo (2013)

Como observado o gráfico 04 mostra a projeção com incremento na utilização da usina, levada pela confiabilidade da área ser uma base mais sólida para a tomada de decisão, mostra também que a oscilação dos dados projetados é menor gerando foco no cumprimento das metas.

4.3 Redução de custos em manutenções

Com a implementação das rotas de manutenção sensível mecânica foi possível, como já abordado anteriormente e enfatizado mais uma vez, a diminuição de ocorrências com sinistros corretivos. Visto que antes da implementação das rotas não havia a periodicidade e também o mensuramento da importância operacional dos equipamentos. Com isso as falhas/quebras dos equipamentos quando aconteciam sem o devido acompanhamento acarretavam uma demanda maior de mão de obra, sobressalentes, indisponibilidade de reserva do equipamento e etc., acarretando a severidade da falha operacional do ativo.

Destaca-se também que todo equipamento emite sinais de sua falha e/ou possível falha, que, quando tratado com técnicas corretas à antecipação é diferencial na abordagem estratégica da manutenção e tomada de decisão.

Alguns equipamentos devido a sua importância operacional quando apresenta uma falha a mesma pode ser acompanhada pela sua evolução e a sua correção e mitigação pode ser postergada dentro de uma faixa de segurança. Também as decisões gerenciais podem ser tomadas de modo que a relação custo/benefício operacional leva a opção de manter o mesmo em operação acarretando uma manutenção reativa, ou seja, a substituição do equipamento após a sua falha.

Visto que a parada do mesmo poderá acarretar uma perda considerável de produção, neste caso, a postergação da mitigação ou substituição do equipamento, a partir da decisão gerencial tomada em conjunto com o inspetor dentro das margens aceitáveis de segurança e risco operacional, poderá ser feita em conjunto com a programação de uma parada de área ou linha, abrangendo uma gama maior de manutenções em paralelo.

Os custos relacionados a manutenções dos equipamentos abordados neste tópico são de duas naturezas e especificamente relacionados a bombas de polpa, um tipo de equipamentos crítico na área como já destacado no diagrama 05.

No ano de 2012 com a redução do número de ordens de serviço CORRETIVAS em equipamentos críticos que levaram os índices da área a patamares mais estáveis e concisos como abordado anteriormente, também fizeram com que os custos de manutenções diminuíssem, pois, os sinistros eram antecipados e programado as intervenções necessárias, em sua maioria, antes da falha/quebra do equipamento. Em se tratando de bombas de polpa, que são

equipamentos de maioria na área de concentração e vitais ao processo por o mesmo ser de via úmida, a abordagem relacionada a custos será enfatizada em bombas de polpa modelo 8/6 AHU de fabricação WIER como mostrado em vista explodida da Figura 24.

Figura 24 – Bomba de polpa, vista explodida.



Fonte: WIER minerals (2013)

A Figura 24 leva a percepção da interação das peças que compõe a bomba e que a falha severa de uma de suas peças irá levar aos desgaste/quebra de outra, levando à elevação do custo da manutenção do equipamento, no caso a manutenção corretiva, a antecipação leva o equipamento a sofrer uma manutenção preventiva com diminuição de sobressalentes (peças), tempo, mão de obra e etc., diminuindo o custo da manutenção.

O gasto com manutenções corretivas informadas pela oficina central, que faz as manutenções dos equipamentos, foi entre R\$ 25.000,00 a R\$ 30.000,00 e o de manutenções preventivas entre R\$ 3.000,00 a R\$ 4.500,00, uma diminuição significativa se interpolado e quantificado com a redução nos números de corretivas relacionadas aos equipamentos. As Figuras 25 e 26 mostram o espelho dos custos

relacionados às manutenções corretivas de bombas de polpa, em destaque o custo com materiais (peças).

Figura 25 – Custo de manutenção CORRETIVA 1

Ordem de Serviço																							
Planos		Registros Relacionados		Utilizados		Plano de Segurança		Registro		Relatório de Falha													
Ordem de Serviço	2012-28287759	COD. 00143546 BOM				Área	PTV																
OS Mãe						Classe	OS																
Posição	PTTV-BSI-FIL-BOMBE	Bombeamento de Sa				Tipo de Serviço	RR																
Ativo	61BP032	BOMBA CENTRIFUGA				Seg. Conta Contábil	186-1KG-3999																
Ativo Pai	23BP33	Bomba de Polpa Hor				Coletor																	
Registro de Origem						Status	ENCERR																
Visualizar Custos																							
e Registro de Origem																							
Grupo de Processo																							
a Ordem de Serviço																							
Modalidad																							
Cond																							
o Trabalho																							
ano de Trabalho																							
MP																							
A primeira tabela exibe Informações de Mão-de-obra e Custo para a Ordem de Serviço atual e todas as suas tarefas. A segunda tabela exibe Informações de Mão-de-obra e Custo de toda a hierarquia das Ordens de Serviço, começando pela Ordem de Serviço atual.																							
Totais das Ordens de Serviço						Total Geral da Hierarquia																	
Custos das OS												Custos da Hierarquia											
Recurso												Recurso											
Estimativa Atual												Estimativa ao Aprovar											
Efetivo												Efetivo											
Horas de Trabalho												Horas de Trabalho											
Custo de Mão-de-obra												Custos de Mão-de-obra											
Custo de Material												Custos de Material											
Custo de Ferramenta												Custos de Ferramenta											
Custo de Serviço												Custos de Serviço											
Custo Total												Custos Totais											

Fonte: empresa em estudo (2013)

Figura 26 – Custo de manutenção CORRETIVA 2

Ordem de Serviço											
Planos		Registros Relacionados		Utilizados		Plano de Segurança		Registro		Relatório de Falha	
Ordem de Serviço	2012-4597435	COD. 00143546 BOM				Área	PTV				
OS Mãe						Classe	OS				
Posição	PTTV-BSI-FIL-BOMBE	Bombeamento de Sa				Tipo de Serviço	RR				
Ativo	61BP032	BOMBA CENTRIFUGA				Seg. Conta Contábil	186-1KG-3999				
Ativo Pai	23BP32	Bomba de Polpa Hor				Coletor					
Registro de Origem						Status	ENCERR				
Visualizar Custos											
e Registro de Origem											
Grupo de Processo											
A primeira tabela exibe Informações de Mão-de-obra e Custo para a Ordem de Serviço atual e todas as suas tarefas. A segunda tabela exibe Informações de Mão-de-obra e Custo de toda a hierarquia das Ordens de Serviço, começando pela Ordem de Serviço atual.											
Totais das Ordens de Serviço											
Total Geral da Hierarquia											
Custos das OS											
Custos da Hierarquia											
Recurso	Estimativa Atual	Estimativa ao Aprovar	Efetivo	Recurso	Estimativa Atual	Estimativa ao Aprovar					
Horas de Trabalho	0,0000	0,0000	0,0000	Horas de Trabalho	8,0000	8,0000					
Custo de Mão-de-obra	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Mão-de-obra	196,3500	196,3500					
Custo de Material	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Material	27.593,1268	27.593,1268					
Custo de Ferramenta	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Ferramenta	0,0000	0,0000					
Custo de Serviço	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Serviço	0,0000	0,0000					
Custo Total	0,0000	0,0000	0,0000	Custos Totais	27.789,4768	27.789,4768					

Fonte: empresa em estudo (2013)

As Figuras 27 e 28 mostram os espelhos dos custos relacionados às manutenções PREVENTIVAS, onde é quantificável a relevância e importância no cenário industrial da antecipação e programação de manutenção de equipamentos, neste caso a inspeção sensível, na redução de custos relacionados a materiais (peças) como em destaque.

Figura 27 – Custo de manutenção PREVENTIVA 1.

Ordem de Serviço	Planos	Registros Relacionados	Utilizados	Plano de Segurança	Registro	Relatório de Falha
Ordem de Serviço	2012-10645579	COD. 00143546 BOM			Área PTV	
OS Mãe					Classe OS	
Posição	PTTV-LES-MVC-REO	Recebimento Oficina			Tipo de Serviço RR	
Ativo	61BP020	BOMBA CENTRIFUGA			Seg. Conta Contábil 186-IKG-3999	
Ativo Pai					Coletor	
Registro de Origem	Visualizar Custos					
Registro de Origem						
Grupo de Processo						
Ordem de Serviço	A primeira tabela exibe Informações de Mão-de-obra e Custo para a Ordem de Serviço atual e todas as suas tarefas. A segunda tabela exibe Informações de Mão-de-obra e Custo de toda a hierarquia das Ordens de Serviço, começando pela Ordem de Serviço atual.					
Modalidade						
Código						
Plano de Trabalho						
MP						

Totais das Ordens de Serviço				Total Geral da Hierarquia		
Custos das OS	Estimativa Atual	Estimativa ao Aprovar	Efetivo	Custos da Hierarquia	Estimativa Atual	Estimativa ao Aprovar
Recurso				Recurso		
Horas de Trabalho	8,0000	8,0000	0,0000	Horas de Trabalho	32,0000	32,0000
Custo de Mão-de-obra	104,9600	104,9600	0,0000	Custos de Mão-de-obra	104,9600	104,9600
Custo de Material	4,000,0000	4,000,0000	0,0000	Custos de Material	4,000,0000	4,000,0000
Custo de Ferramenta	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Ferramenta	0,0000	0,0000
Custo de Serviço	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Serviço	0,0000	0,0000
Custo Total	4,104,9600	4,104,9600	0,0000	Custos Totais	4,104,9600	4,104,9600

Fonte: empresa em estudo (2013)

Figura 28 – Custo de manutenção PREVENTIVA 2.

Ordem de Serviço	Planos	Registros Relacionados	Utilizados	Plano de Segurança	Registro	Relatório de Falha
Ordem de Serviço	2012-25462591	COD. 00143546 BOM			Área PTV	
OS Mãe					Classe OS	
Posição	PTTV-BSI-FIL-BOMBE	Bombeamento de Sa			Tipo de Serviço RR	
Ativo	61BP026	BOMBA CENTRIFUGA			Seg. Conta Contábil 186-IKG-3999	
Ativo Pai	23BP31	Bomba Radial Centrif			Coletor	
Registro de Origem	Visualizar Custos					
Registro de Origem						
Grupo de Processo						
Ordem de Serviço	A primeira tabela exibe Informações de Mão-de-obra e Custo para a Ordem de Serviço atual e todas as suas tarefas. A segunda tabela exibe Informações de Mão-de-obra e Custo de toda a hierarquia das Ordens de Serviço, começando pela Ordem de Serviço atual.					
Modalidade						
Código						
Plano de Trabalho						
MP						

Totais das Ordens de Serviço				Total Geral da Hierarquia		
Custos das OS	Estimativa Atual	Estimativa ao Aprovar	Efetivo	Custos da Hierarquia	Estimativa Atual	Estimativa ao Aprovar
Recurso				Recurso		
Horas de Trabalho	0,0000	0,0000	0,0000	Horas de Trabalho	22,5000	22,5000
Custo de Mão-de-obra	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Mão-de-obra	303,5300	303,5300
Custo de Material	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Material	1,556,3943	1,556,3943
Custo de Ferramenta	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Ferramenta	0,0000	0,0000
Custo de Serviço	0,0000	0,0000	0,0000	Custos de Serviço	0,0000	0,0000
Custo Total	0,0000	0,0000	0,0000	Custos Totais	1,859,9243	1,859,9243

Fonte: empresa em estudo (2013)

Como os números precisos referentes aos custos de manutenções fecham no final do ano, a comparação referente à redução dos custos foi feita tomando como base a diminuição do número de OS corretivas citado no capítulo. Para tal comparação foi utilizando o custo médio da manutenção corretiva, logo:

$$(25000+30000) \div 2 = \underline{\text{R\$ 27.500,00}}$$

Chamaremos de CUSTO A os custos relacionados as OS corretivas referentes ao período anterior à implementação das rotas de inspeção e CUSTO B referente as OS corretivas no período posterior a implementação das rotas de inspeção.

$$\text{CUSTO A (R\$)} = 13 \times 27.500 = \text{R\$ 357.500,00}$$

$$\text{CUSTO B (R\$)} = 9 \times 27.500 = \text{R\$ 247.500,00}$$

A redução do CUSTO B em relação ao CUSTO A foi de R\$ 110.000,00 que corresponde a uma diminuição de 30,77% do valor gasto, que é extremamente significativa para a empresa que pode utilizar esta redução em investimento na compra ou modernização de equipamentos, incentivos aos funcionários e diversas outras formas.

5 CONCLUSÃO

A mudança do cenário da manutenção mundial torna a mesma uma peça fundamental e estratégica nas empresas, a sua gestão cada vez mais torna papel importante no contexto geral de produtividade e garantia operacional. Quando surgem anomalias as mesmas devem ser tratadas de forma a minimizar o tempo de parada, com o menor custo de mão de obra e materiais.

A criação e implementação das rotinas de inspeção vem fomentar a necessidade do planejamento assertivo das manutenções com a avaliação e classificação da classe crítica dos equipamentos, focadas nas necessidades inerentes a cada equipamento por antecipação e direcionamento de esforços para a garantia operacional.

Como demonstrado no desenrolar do presente trabalho foi evidenciado que as rotas de manutenção sensíveis vêm também a elevar os índices de disponibilidade e utilização dos ativos industriais, gerando mais confiabilidade no processo produtivo, dando base sólida para tomada de decisões desde o nível operacional ao nível estratégico. Com a elevação da disponibilidade dos ativos em efeito cascata vem a redução dos custos relacionados à manutenção, principalmente falando em manutenção corretiva que gera maior impacto nos números da produção e financeira relativa à manutenção.

Com as ponderações citadas foram alcançados os objetivos, resguardando a integridade dos equipamentos, gerando a antecipação de falhas, avaliando criticidades, planejando as inspeções e manutenções de acordo com a necessidade inerente de cada equipamento, garantido os seus desempenhos plenos que vem de encontro com os princípios industriais, que são a garantia da produção e o consequente retorno financeiro sobre os investimentos.

A visão técnica inerente ao engenheiro vem suprir as necessidades da área na qual ele está inserido, neste caso voltado para o gerenciamento da manutenção, visa suprir as deficiências, permitindo um melhor conhecimento e utilização dos equipamentos e processos envolvendo seu monitoramento constante e base sólida para tomada de decisões gerenciais.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 5462-94 Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BATISTA, E. U. R. **Guia de orientação para trabalhos de conclusão de curso: relatórios, artigos e monografias**. Aracaju: FANESE, 2011.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.

EMPRESA EM ESTUDO. **Espelho do sistema MAXIMO**. Sergipe: Empresa em estudo, 2013.

EMPRESA EM ESTUDO. **Planejamento e Controle da Produção**. Sergipe: Empresa em estudo, 2013.

FILHO, Gil Branco. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA, 2008.

FILHO, Gil Branco. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2000.

FLIR. **Guia de termografia para acompanhamento preditivo**. São Paulo, 2013.

FUPAI, fundação de pesquisa e assessoramento à indústria, disponível em:
<http://www.fupai.com.br>. Acessado em 10/07/2013 às 23:49.

FMS machinery, disponível em: <http://www.fmsmachinery.com/service.htm> Acessado em 27/04/2013 às 23:20.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. **Gestão estratégica e técnicas preventivas**. Rio de Janeiro: Qualityprint, 2002.

KSB Brasil, disponível em: <http://www.ksb.com.br/frame.htm>. Acessado em 27/04/2013 às 23:15.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MARSHAL JUNIOR ET AL, Isnard. **Gestão da qualidade**. 10ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.

MEIRELES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: Organizações com foco no cliente.** São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

MOTTER, Osir. **Manutenção industrial: O poder oculto nas empresas.** São Paulo: Hemus editora limitada, 1992.

MOURA, Luciano Raizer. **Qualidade simplesmente total: uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

NASCIF, Júlio; DORIGO, Luiz Carlos. **Manutenção orientada para resultados.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total.** 2º edição. São Paulo: Editora Atlas, 1997.

PALEROSI, A. Carlos. **Coleção confiabilidade: A quarta dimensão da qualidade.** São Paulo: ReliaSoft, 2006.

PASA, physical acoustics south America, disponível em: http://www.pasa.com.br/ndtdobrasil/phased_array.asp. Acessado em 27/04/2013 às 23:25.

PINTO, Alan Kardec. **Manutenção função estratégica.** Alan Kardec e Júlio Aquino Nascif Xavier. – Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

RFEquipamentos, disponível em:

http://www.rfequipamentos.com.br/quem_somos.php. Acessado em 27/04/2013 às 23:30.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SOUZA, Valdir Cardoso. **Organização e gerencia da manutenção: planejamento programação e controle da manutenção.** São Paulo: All Print Editora, 2009.

TAVARES, Lourival. **Manutenção centrada no negócio.** Rio de Janeiro: Novo polo publicações e acessória LTDA, 2005.

VALE S/A. **Manual da manutenção industrial em complexos mineradores.** 1ª edição. Minas Gerais, 2002.

VALE S/A. **VPS – VALE PRODUCTION SYSTEM.** VALE, 2012.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WIER minerals, disponível em: <http://pt.weirminerals.com/default.aspx>. Acessado em 27/04/2013 às 23:10.

XENOS, harilus Georgius d'Philippus. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.