



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

CÍCERO SANDRO DE SOUZA

**IMPACTO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO NA
PERFORMANCE DE EQUIPAMENTO: Estudo de Caso na
Mina da Unidade Operacional Taquari Vassoura**

Aracaju - Sergipe

2011.1

CÍCERO SANDRO DE SOUZA

**IMPACTO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO NA
PERFORMANCE DE EQUIPAMENTO: Estudo de Caso na
Mina da Unidade Operacional Taquari Vassoura**

**Monografia apresentada à banca
examinadora da Faculdade de
Administração e Negócios de Sergipe -
FANESE, como requisito parcial e
elemento obrigatório para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia
Produção no período de 2011.1.**

**Orientador: Prof. Esp. José Ricardo
Menezes Oliveira**

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

Aracaju - Sergipe

2011.1

CÍCERO SANDRO DE SOUZA

**IMPACTO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO NA
PERFORMANCE DE EQUIPAMENTO: Estudo de Caso na
Mina da Unidade Operacional Taquari Vassoura**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção no período de 2011.1

**Prof. Esp. José Ricardo Menezes Oliveira - FANESE
1º Examinador (Orientador)**

**Prof. Esp. Kleber Andrade Souza - FANESE
2º Examinador**

**Prof. Msc. Helenice Leite Garcia - FANESE
3º Examinador**

Aprovada com média:_____

Aracaju (SE), _____ de _____ de 2011.

FICHA CATALOGRÁFICA

Souza, Sandro Cícero.

Impacto da estratégia de manutenção na performance de equipamento: estudo de caso na unidade operacional Taquari Vassoura/Cícero Sandro de Souza – 2011.

66f.: il.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2011.

Orientação: Prof. Esp. José Ricardo Meneses de Oliveira

1. Performance 2. Estratégia 3. Manutenção I. Título

CDU 658.581(813.7)

Dedico este trabalho a minha família, amigos, e a empresa VALE, que proporcionaram meios e estímulos para jamais desistir dos meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao nosso bom Deus e também ao apoio de pessoas importantes que fazem parte da minha vida e que neste momento tenho a oportunidade de agradecer:

Aos meus pais, irmãos, esposa e filho que sempre estão presentes em todos os momentos da minha vida.

Ao meu amigo Eduardo Amaral que de forma prestativa sempre estava disponível para dar suporte na retirada de dúvidas geradas no presente trabalho. Aos meus amigos de infância e da Faculdade que de forma direta ou indiretamente sempre me motivaram e incentivaram na conclusão deste desafio.

Aos meus orientadores Prof. Esp. José Ricardo Menezes Oliveira, Prof. Msc. Gilberto Moura – FANESE, aos examinadores Prof. Msc. Helenice Garcia, Prof. Esp. Kleber Andrade - FANESE, que de forma paciente sempre estiveram dispostos a orientar-me.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuiu para a conclusão deste trabalho.

**“As qualidades de um homem
simples podem ser as mesmas de
um herói.”**

Odir Cunha.

RESUMO

Este estudo de caso tem como objetivo avaliar o impacto da implantação da estratégia de manutenção na performance de uma pá carregadeira na mina subterrânea da Unidade Operacional Taquari Vassouras da empresa Vale S.A. A estratégia de manutenção foi elaborada e implantada no período de estágio que transcorreu de 09.08.2010 a 18.11.2010. Tomando-se como referência que desempenho e performance são sinônimos no contexto da manutenção, a avaliação do desempenho da pá carregadeira será mensurado através do índice de disponibilidade física do equipamento para o processo de apoio à produção. O estudo propõe comparar as horas em manutenção corretiva antes e após a implantação da estratégia de manutenção, mensurar as variáveis que influenciam na performance do equipamento, analisar o custo direto incorrido antes e após a implantação da estratégia de manutenção e identificar a influência da aplicação dos planos de manutenção no desempenho do equipamento. A metodologia de pesquisa utilizada neste estudo de caso foi, quanto aos fins, descritiva e aplicada, e quanto aos meios, bibliográfica e documental. Os dados para o estudo foram coletados na base histórica do sistema informatizado de manutenção MAXIMO, ERP-Oracle, e do sistema de gerenciamento de frota denominado Performance, todos considerados fontes primárias. Os dados extraídos para a análise comparativa abrangem o período de Janeiro a Abril de 2010 e de Janeiro a Abril de 2011, considerando-se as mesmas condições operacionais. No processo de análise verificou-se redução nas horas totais de manutenção corretiva não programada, evolução no comportamento do MTBF (Mean Time Between Failure), redução do MTTR (Mean Time To repair), e em custo direto, sendo estes otimizados através dos planos de manutenção. Através das variações detectadas no processo de análise observou-se um acréscimo na disponibilidade física, após a implantação da estratégia de manutenção.

Palavras-chave: Performance. Estratégia. Manutenção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da manutenção	21
Figura 2 - Interação entre as fases de um ativo.....	21
Figura 3 - Ciclo de vida de um projeto	23
Figura 4 - Representação esquemática da estratégia de manutenção.....	29
Figura 5 - Plano de manutenção	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo de manutenção em relação ao faturamento bruto.....	37
--	-----------

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Abordagem para definição da estratégia de manutenção	26
Quadro 2 - Indicadores operacionais do ativo.....	40
Quadro 3 - Variáveis operacionais do ativo	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Resultados em função dos métodos de manutenção	27
Gráfico 2 - DF mensal da pá carregadeira.....	46
Gráfico 3 - DF mensal da pá carregadeira ano 2010	47
Gráfico 4 - Comparativo das horas em manutenção corretiva	48
Gráfico 5 - Comparativo do MTBF da pá carregadeira.....	49
Gráfico 6 - Comparativo do MTTR da pá carregadeira.....	50
Gráfico 7 - Custo incorrido com peças na pá carregadeira.....	51
Gráfico 8 - Controle de gastos com peças da pá carregadeira.....	52

SUMÁRIO

RESUMO.....	xiii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE GRÁFICOS	xii
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo geral.....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
1.2 Justificativa.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Histórico da Manutenção	20
2.2 Controle Inicial.....	22
2.2.1 Etapas do projeto	22
2.3 Método de Manutenção e Criticidade de Equipamentos.....	23
2.4 Engenharia de Manutenção	26
2.5 Estratégia de Manutenção	28
2.6 Análise de Performance.....	31
2.6.1 Disponibilidade.....	32
2.6.1.1 Confiabilidade.....	33
2.6.1.2 Manutenibilidade	34
2.6.2 Qualidade de serviço.....	35
2.6.3 Custo de manutenção	36
2.6.4 Fator humano.....	37
2.7 Indicadores de Desempenho.....	38
3 METODOLOGIA	42
3.1 Quanto aos Fins	42
3.2 Quanto aos Meios.....	42
3.3 Métodos de Pesquisa.....	43
3.4 Universo e Amostra.....	43
3.5 Definições de Variáveis e Indicadores.....	44
3.6 Instrumentos de Coleta e Análise de Dados	44
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.1 Análise de Desempenho	45
4.1.1 Comparação da disponibilidade física	46
4.1.2 Comparação das horas em manutenção corretiva.....	48
4.1.3 Comparação do MTBF.....	49
4.1.4 Comparação do MTTR.....	50
4.1.5 Análise do custo de manutenção.....	50
5 CONCLUSÃO	53

REFERÊNCIAS	55
ANEXOS	57
ANEXO A - Carregadeira TORO 007	58
ANEXO B – Processo de Definição do Empreendimento	59
ANEXO C – Processo de Implantação do Projeto	60
ANEXO D – Processo de <i>Start up</i> e Operação	61
ANEXO E – Análise de Desempenho de Empreendimento.....	62
APÊNDICES	63
APÊNDICE A – Apresentação da Estratégia de Manutenção	64
APÊNDICE B – Folha de Rosto Plano de Manutenção de 125 h.....	65
APÊNDICE C – Plano de Manutenção de 125 h	66

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização capitalista, as empresas buscam uma posição de destaque no mercado de forma sustentável. Para tanto, exige-se maior precisão em suas decisões a fim de que haja êxito em seus negócios. Rentabilidade e lucratividade são exigências imprescindíveis para a sobrevivência da organização. Situações de erros e deficiências devem ser contingenciadas e suportadas por estratégias que reduzam ou eliminem esses desvios, agregando valor ao negócio.

Segundo Rebouças (1985 p.174), “a estratégia está relacionada à arte de utilizar adequadamente os recursos físicos, financeiros e humanos, tendo em vista a minimização dos problemas e a maximização das oportunidades”. Desta forma, a manutenção desponta como uma grande área de negócios dentro de uma organização, pois a complexidade de suas atividades envolve: altos custos operacionais, dependência constante da produção, necessidade de modernas ferramentas de gestão, mão de obra qualificada e auxílio tecnológico.

Todo este enredamento exige raciocínio estratégico para garantir a eficiência e eficácia do processo produtivo, contribuindo, de forma efetiva, para que a empresa alcance a Excelência em seu desempenho operacional. Nesta perspectiva, Kardec e Nascif (2001, p.11) afirmam que a manutenção, para ser considerada estratégica necessita estar voltada para os resultados da organização de forma eficiente e eficaz. Não basta reparar o equipamento ou instalações tão rápido quanto possível, mas principalmente, manter a função do equipamento disponível para operação reduzindo a probabilidade de uma parada de produção indesejada.

Diante deste cenário, a elaboração de uma estratégia de manutenção que garanta a boa performance do equipamento, no sentido empregado por Piazza (2000), possui elevado grau de importância, pois permite que a manutenção trabalhe de forma planejada e proativa para os resultados da organização. Neste trabalho, o termo performance possui o mesmo sentido de desempenho considerando sua aplicação no contexto de manutenção em equipamentos.

A performance é considerada como o comportamento que se espera do equipamento em sua aplicação no processo produtivo. É a forma de interpretar, em termos quantitativos, se o equipamento está atendendo ou não ao desempenho desejado para o processo no momento de sua aplicação, e sempre é acompanhada e monitorada por indicadores que demonstram essa realidade. Conforme Piazza (2000 p.15), "o conceito performance é adequado para parâmetros de sistemas que deterioram vagarosamente com o tempo". Esse conceito alinha-se ao tipo de equipamento em estudo e seu ambiente de operação.

Para a garantia de uma boa performance em um equipamento se faz necessária a determinação da sua confiabilidade, ou seja, a probabilidade de que, quando em operação e em condições ambientais conhecidas, o equipamento apresente a Performance desejada, sem falhas, para um determinado intervalo de tempo. De forma mais simples, a confiabilidade é a chance de que um produto funcione durante um determinado período, e pode ser usada como medida do sucesso de um sistema (PIAZZA, 2000, p. 14).

Partindo deste pressuposto a interação entre estratégia de manutenção e a confiabilidade do equipamento são fatores determinantes para estabelecer um bom índice de desempenho. Neste contexto, busca-se elucidar o impacto da aplicação de uma estratégia de manutenção na performance do equipamento utilizado como objeto de estudo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a performance do equipamento pá carregadeira rebaixada, utilizada na mina subterrânea da Unidade Operacional Taquari Vassoura (UOTV), após a aplicação de uma estratégia de manutenção.

1.1.2 Objetivos específicos

- Comparar as horas em manutenção corretiva não programada antes e após a implantação da estratégia de manutenção;
- Mensurar as variáveis que influenciam na performance do equipamento antes e após a implantação da estratégia de manutenção;
- Analisar o custo direto incorrido antes e após a implantação da estratégia de manutenção;
- Identificar a influência da aplicação dos Planos de Manutenção no desempenho do equipamento após a implantação da estratégia de manutenção.

1.2 Justificativa

A boa performance dos ativos no processo produtivo possui papel importante para a confiabilidade no cumprimento da produção, porém a sua efetividade apenas se torna possível através de um modelo de estratégia de manutenção capaz de suportar seus objetivos e metas.

Em face do baixo desempenho da função produção no processo de extração de KCl na mina da UOTV, foram realizados estudos através de consultorias externas durante o ano de 2010 objetivando identificar as principais causas da baixa produtividade, porém os estudos estavam restritos aos equipamentos relacionados diretamente à produção, não contemplando a pá carregadeira em estudo. Considerado equipamento de apoio para o processo produtivo, a pá carregadeira encontrava-se com sua disponibilidade física em 53% referente ao período de Janeiro a Julho de 2010, abaixo da meta de 76%.

A meta estabelecida não era alcançada devido ao elevado número de manutenções corretivas não programadas e à falta de um modelo de gestão, ocasionando impacto negativo no processo produtivo. Através desta oportunidade de melhoria, realizou-se um diagnóstico no período de estágio 2010.2, em que detectou-se que a falta da aplicação de uma estratégia de manutenção para a pá carregadeira era o principal causador da baixa performance. Neste mesmo período de estágio elaborou-se e implantou-se a estratégia de manutenção para a pá carregadeira.

Através da busca pela melhoria contínua, as organizações analisam seus processos para verificação do alcance dos resultados. A avaliação da performance da pá carregadeira após a aplicação da estratégia de manutenção não é apenas a continuidade de um trabalho realizado no período de estágio, mas também um estudo que fornecerá subsídio para identificar se o índice de disponibilidade física da pá carregadeira e as variáveis de MTBF e MTTR demonstraram melhorias, assim como, as horas em manutenção corretiva não programada e o custo direto. O estudo permitirá também demonstrar como os planos de manutenção influenciaram no desempenho do equipamento após a implantação da estratégia de manutenção.

A avaliação comparativa permitirá o direcionamento das ações no que se refere ao processo de revisão (melhoria) da própria estratégia de manutenção ou da meta de desempenho do equipamento.

1.3 Caracterização da empresa

A mina subterrânea de potássio Taquari-Vassoura situada na região do município de Rosário do Catete, Sergipe com extensão aproximada de 185 km é a única produtora de cloreto de potássio da América Latina. O projeto potássio foi implantado em 1979 pela PETROMISA, subsidiária da PETROBRAS na área de mineração e beneficiamento. Em 1990, a PETROMISA foi extinta e em janeiro de 1992, por meio de contrato de arrendamento assinado com a PETROBRAS, a VALE assumiu suas operações.

Desde então sua missão é contribuir efetivamente para a estratégia de crescimento e busca de oportunidades de criação de valor para a empresa VALE; explorando, beneficiando e comercializando o cloreto de potássio de forma transparente, satisfazendo seus *stakeholders*. A empresa possui em seu quadro 630 funcionários diretos e 300 indiretos. Sua capacidade de produção de KCl é de 760 mil toneladas ano.

O cloreto de potássio (KCl) é largamente empregado na agricultura como fertilizante. É um elemento essencial no desenvolvimento de plantas, dando-lhes resistência contra pragas, estiagens prolongadas e geadas, proporcionando inclusive, crescimento normal e sadio.

O processo de extração da matéria prima ocorre na mina subterrânea, através do uso de equipamentos móveis elétricos específicos para o tipo de rocha e geologia da mina. Todo o processo de transporte da matéria prima é realizado através de caminhões elétricos, correias transportadoras e de um elevador que transporta o minério do subsolo a uma profundidade de 680 metros, à superfície onde encontra-se a usina de beneficiamento. A execução da produção apenas torna-se possível com os serviços de apoio que abrange a limpeza das frentes de produção e transporte de peças para manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos de lavra, sendo estas tarefas realizadas pela frota de pá carregadeira.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fase tem como objetivo dar suporte teórico ao estudo, apresentando para o leitor os termos técnicos e os referenciais teóricos empregados no desenvolvimento do trabalho, facilitando a sua compreensão.

Todo referencial teórico utilizado busca elucidar sobre o impacto da estratégia de manutenção na performance de equipamento através da evolução da manutenção e dos seus processos internos e das etapas de avaliação da Disponibilidade Física do equipamento, considerado produto da manutenção.

2.1 Histórico da Manutenção

A manutenção desde 1940 vem passando por modificações que são percebidas através do tempo. Para Siqueira (2005, p.04), a evolução histórica da manutenção pode ser dividida em 03 (três) gerações distintas. Para cada geração existe um estágio diferente de evolução tecnológica nos meios de produção e de novos conceitos nas atividades de manutenção. A Primeira Geração é caracterizada pelo fim da Segunda Guerra Mundial, pela mecanização da indústria e pelas manutenções realizadas na ocasião de defeitos (manutenção corretiva). A Segunda Geração caracteriza-se pela industrialização pós guerra e disseminação das linhas de produção contínua que tinha como objetivo básico uma maior vida útil e uma maior disponibilidade dos ativos a um baixo custo. A Terceira Geração é caracterizada pela necessidade de acelerar os processos de mudanças nas indústrias através da automatização.

A Figura 1 mostra a evolução da manutenção conforme mostra Siqueira (2005).

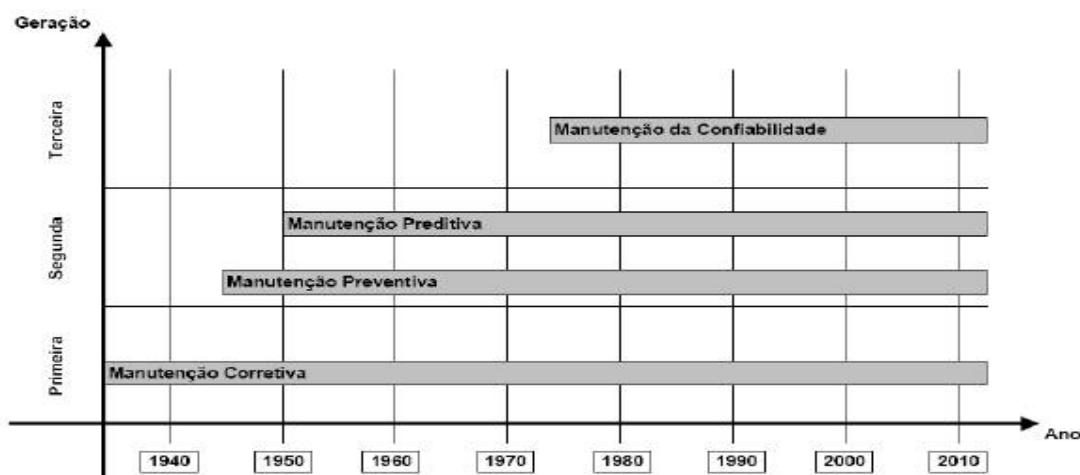


Figura 1 - Evolução da manutenção

Fonte: Siqueira (2005)

Para Kardec e Nascif (2001, p.05), com o crescimento da automação e da mecanização, a confiabilidade e a disponibilidade tornaram-se pontos-chave em setores como a saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações.

Ainda de acordo Kardec e Nascif (2001), a disponibilidade e a confiabilidade de um sistema dependem exclusivamente da realização das fases de projeto, fabricação, instalação, manutenção e operação deste sistema. Sem estas fases constata-se que a manutenção encontrará dificuldades em sua performance, mesmo que sejam aplicadas as mais modernas técnicas. A Figura 2 demonstra a interação entre essas fases.



Figura 2 - Interação entre as fases de um ativo

Fonte: Kardec e Nascif (2001)

Para o presente trabalho serão estudados apenas os fatores relacionados à manutenção do equipamento citado, por entender que este item está relacionado diretamente ao objeto de estudo.

2.2 Controle Inicial

Conforme Drummond (2004), o processo de controle inicial está voltado para gerenciar as variáveis de confiabilidade e manutenibilidade nas etapas da engenharia de implantação, e também o que diz respeito a conceituação, projeto, fabricação, montagem e comissionamento de equipamentos e instalações, considerando alguns elementos fundamentais: avaliação da relação custo e risco associada às falhas com o objetivo de otimizar a frequência de intervenções; estabelecimento de medidas preventivas para garantir a operação apropriada durante a vida útil do ativo; programação de treinamentos operacionais que realcem as causas e efeitos das falhas e estabelecimento de programa de manutenção preventiva. Todos estes elementos associados permitem uma maior confiabilidade para o equipamento.

O comparativo de desempenho entre um empreendimento com controle inicial e outro sem controle inicial é ilustrado no Anexo E.

2.2.1 Etapas do Projeto

Conforme Dalmoro (2005), pode-se caracterizar os novos projetos em dois tipos distintos:

- *Brown field*: ampliações de plantas existentes, geralmente objetivando aumento de produção, melhoria na qualidade do produto ou atendimento a requisitos de segurança e meio ambiente;
- *Green field*: novas plantas ou instalações, a partir de um conceito estabelecido.

Independente do tipo do projeto (*Brown field* ou *Green field*), o controle inicial estabelece que em cada fase do projeto, uma série de etapas deve ser cumprida e uma série de documentos deve ser gerado pela Manutenção e pela Engenharia de Implantação, de forma a minimizar as falhas iniciais (DALMORO 2005). A Figura 3 demonstra cada fase do projeto.



Figura 3 - Ciclo de vida de um projeto

Fonte: Dalmoro (2005)

Para Drummond (2004), em todas as fases do projeto existe a necessidade da participação efetiva da equipe de manutenção para minimizar os possíveis erros incorridos neste processo. O sucesso do empreendimento está diretamente associado ao nível de envolvimento de todos os *stakeholders* do projeto. Entretanto, a atribuição de cada um deve estar clara, de forma que todas as ações sejam tomadas no devido momento, em cada uma das etapas do empreendimento. O detalhamento de cada etapa do projeto é descrito nos Anexos B, C e D.

2.3 Método de Manutenção e Criticidade de Equipamentos

A maneira pela qual são realizadas as intervenções nos equipamentos, sistemas ou instalações caracteriza os métodos de manutenção existentes. Para a definição correta do método de manutenção, a caracterização deverá ser objetiva.

Os métodos de manutenção podem ser considerados como políticas de manutenção, desde que a sua aplicação seja resultado de uma definição gerencial ou política global da instalação, baseada em dados técnico-econômicos (KARDEC e NASCIF, 2001, p. 36).

Para Xenos (2004, p. 23), os métodos de manutenção classificam-se de acordo com o tipo de manutenção e objetivam manter e melhorar as características e capacidades dos equipamentos ao longo do tempo.

Os métodos de manutenção são classificados em:

- **Manutenção Corretiva** – é a ação para correção da falha ou da performance menor que o esperado, sendo dividida em planejada e não

planejada. A manutenção corretiva não planejada é caracterizada pela atuação da manutenção de forma aleatória em um fato já ocorrido, sem existência de preparação para o serviço e a manutenção corretiva planejada caracteriza-se pela correção do baixo desempenho de forma planejada ou por decisão gerencial suportadas pelo acompanhamento preditivo (KARDEC E NASCIF, 2001, p. 37-39);

- Manutenção Preventiva – é a ação realizada em máquinas que não estejam em falhas, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito. (VIANA, 2002, p.10);
- Manutenção preditiva – é a ação realizada baseada na otimização da troca de peças ou reforma dos componentes permitindo prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida (XENOS, 2004, p.25);
- Manutenção detectiva – é a ação realizada em sistemas de proteção buscando identificar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (KARDEC E NASCIF, 2001, p.44);
- Manutenção de Melhoria – é a ação relacionada a melhoria de natureza gradativa e contínua que deve ser aplicada aos equipamentos, para prolongamento de sua vida em serviço e redução do tempo de manutenção (XENOS, 2004, p. 25);
- Manutenção Autônoma – é a ação que envolve o pessoal da operação em atividades de inspeção, check-list e execução de tarefas simples de manutenção objetivando identificar falhas no equipamento (MONTENEGRO E LELLIS, 2002, p. 183);
- Manutenção Produtiva – é a combinação de todos os métodos de manutenção, objetivando uma melhor utilização e uma maior produtividade do equipamento (SIQUEIRA, 2005, p. 13);
- Manutenção Proativa – a experiência é utilizada para otimizar o processo e o projeto de novos equipamentos, em uma atitude proativa para o alcance da melhoria contínua (SIQUEIRA, 2005, p. 13).

Para Drummond (2004, p.46), a adoção de um método de manutenção deve ser fundamentado na classificação de criticidade do equipamento. Esta

característica determina o nível de importância do equipamento para o processo produtivo e, em última análise, a estratégia para a qual a manutenção deve estar orientada. Para uma avaliação objetiva e correta os fatores de avaliação para a classificação da criticidade de um equipamento são:

- Qualidade: efeitos da falha sobre a qualidade dos produtos;
- Atendimento: efeitos da falha sobre o processo produtivo;
- Segurança: riscos potenciais para as pessoas, ao meio ambiente e ao patrimônio;
- Custos: valores envolvidos nos reparos;
- Complexidade Tecnológica: efeitos sobre o tempo de reparo e especialização necessária.

A combinação destes fatores de avaliação permite à organização estabelecer três tipos de classificação de equipamentos, conforme a sua criticidade: equipamentos classe A, equipamentos classe B, e equipamentos classe C (DRUMMOND 2004).

Os equipamentos classificados como classe A interrompem o processo produtivo, e com isto ocorrem perdas de produção, podendo também levar a perdas de faturamento se houver encomendas não atendidas devido a esta parada. Por isto estes devem ter o seu programa de manutenção preventivo rigorosamente cumprido. O equipamento classe B participa do processo produtivo, porém a parada destes equipamentos interrompe parcialmente a produção, e por isto devem possuir um programa de manutenção preventiva, que deve ser executado dentro de uma faixa determinada de tempo. O equipamento criticidade C não participa do processo produtivo, logo a manutenção preventiva pode deixar de ser executada (BRANCO FILHO, 2001, p. 83).

Este processo de classificação de importância dos equipamentos está voltado para a definição dos métodos de manutenção baseados em critérios de criticidade, suportando um programa de manutenção que conduza a uma maior efetividade global da manutenção. O Quadro 1 demonstra como será tratado o equipamento pela manutenção considerando-se sua classe de criticidade.

FATORES		CLASSE DE CRITICIDADE		
		A	B	C
CARACTERÍSTICAS		Necessidade de operar a plena capacidade, a falha do equipamento tem implicações significativas sobre o processo produtivo.	A falha do equipamento afeta parcialmente o processo produtivo, podendo comprometer a qualidade ou quantidade produzida.	A falha do equipamento não traz consequências relevantes para o processo produtivo.
ABORDAGEM		Máxima confiabilidade.	Parâmetros balanceados de Disponibilidade e Custos.	Vida útil máxima, custo mínimo.
OBJETIVOS		Menor tempo possível das paralisações; Inexistência de intervenções não programadas ou de emergência.	Número mínimo de intervenções não programadas ou de emergência.	Mínimo aporte de recursos da manutenção (pessoal, materiais e equipamentos).
FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS	MÉTODOS DE MANUTENÇÃO	Monitoração rigorosa e permanente das condições operacionais e das variáveis que caracterizam o desempenho; Preventiva baseada na condição; Preventiva baseada em intervalos constantes, para os itens em que não seja possível a preventiva baseada na condição; Implementação de melhoria sempre que observada uma falha e identificada sua causa, eliminando os pontos vulneráveis.	Monitoração preditiva para maximização do uso dos componentes, dentro de limites que não comprometam a confiabilidade; Preventiva baseada em intervalos constantes, conforme a característica de falha; Implementação de melhoria sempre que observada uma falha e identificada sua causa, eliminando os pontos vulneráveis.	Monitoração para maximização do uso de componentes e redução do esforço da manutenção; Corretiva planejada, quando for mais econômico reparar o equipamento após a falha.
	POLÍTICA DE SOBRESSALENTES	Preferência pela substituição de peças e conjuntos, ao invés de recuperação; Disponibilidade plena de sobressalentes de uso corrente e de garantia operacional.	Recuperação usual de componentes durante a intervenção; Disponibilidade de sobressalentes de uso corrente; Itens de uso provável adquiridos conforme programação.	Análise crítica do custo das alternativas de recuperar ou substituir peças; Disponibilidade apenas de sobressalentes de uso corrente. Itens de uso provável adquiridos quando necessário.
	POLÍTICA DE INVESTIMENTOS	Prioridade para investimentos que visem aumento de confiabilidade.	Prioridade para melhorias em equipamentos que apresentem maior taxa de falha.	Prioridade para investimentos objetivando a redução do esforço da manutenção.
	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	Análise permanente dos dados de desempenho operacional; Análise imediata de qualquer anormalidade apresentada.	Análise periódica das anormalidades com base no histórico.	Análise de falhas de equipamentos que apresentem taxa de falhas elevada.
	ATENDIMENTO	Prioridade para atendimento.	Prioridade negociada caso a caso em função das circunstâncias.	Programação de acordo com a disponibilidade de recursos.
	CONFIABILIDADE	Elemento determinante na definição da estratégia de manutenção.	Possui peso relevante na estratégia de manutenção, conteúdo analisado conjuntamente com o custo.	Importante, porém secundária em relação ao custo.
	CUSTOS	Considerado de forma secundária.	Muito importante na definição das estratégias, analisado conjuntamente com a confiabilidade.	Elemento determinante na definição da estratégia de manutenção.

Quadro 1 - Abordagem para Definição da Estratégia de Manutenção

Fonte: Drummond (2004)

Conforme o Quadro 1, a formulação da estratégia de manutenção busca alcançar os objetivos estabelecidos para os equipamentos, conforme sua importância para o processo ao qual está inserido. Todos estes fatores buscam um melhor atendimento da manutenção para o equipamento.

Para qualquer equipamento, sistema ou instalação é possível aplicar os diversos métodos de manutenção, ficando o poder de decisão na responsabilidade do corpo gerencial da organização (KARDEC E NASCIF, 2001, p. 54).

2.4 Engenharia de Manutenção

Para Viana (2002, p. 82), a engenharia de manutenção tem como objetivo permitir a evolução tecnológica da manutenção, através da aplicação de experiências, conhecimentos científicos e empíricos na solução de problemas

encontrados nos processos e em equipamentos, perseguindo a melhoria da manutenibilidade dos equipamentos, maior produtividade, e a eliminação de riscos em segurança do trabalho e de danos ao meio ambiente. Desse modo, pode-se inferir que é deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas do problema, modificar situações de mau desempenho, eliminar problemas crônicos e repetitivos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar feedback ao projeto, interferir tecnicamente nas compras. Praticar a Engenharia de Manutenção significa uma mudança cultural na organização (KARDEC E NASCIF, 2001, p.46).

A engenharia de manutenção deve atentar-se também com o planejamento e gerenciamento de sistemas em operação, ou seja, com a produção de um serviço. A sua abordagem consiste no tratamento de um conjunto satisfatório de procedimentos de manutenção, dividida em três visões: a visão que aborda a concepção de manutenção oportunista e preventiva; a visão que permite a obtenção de um plano de manutenção que proporciona diretrizes para a determinação de cursos de ação e a visão de manutenção centrada em confiabilidade sintetizada em quatro etapas: divisão do sistema, determinação dos itens significativos, classificação das falhas e determinação das tarefas de manutenção (ALMEIDA E CAMPELO, 2001, p.04).

O Gráfico 1 ilustra a evolução positiva nos resultados à medida em que os melhores métodos de manutenção são implantados. Verifica-se que entre o método corretivo e o preventivo ocorre uma melhoria contínua, porém discreta, não alterando a inclinação da reta. Quando se muda do método preventivo para o preditivo e detectivo, ocorre uma evolução considerável nos resultados, porém a evolução mais significativa está na implantação da engenharia de manutenção.

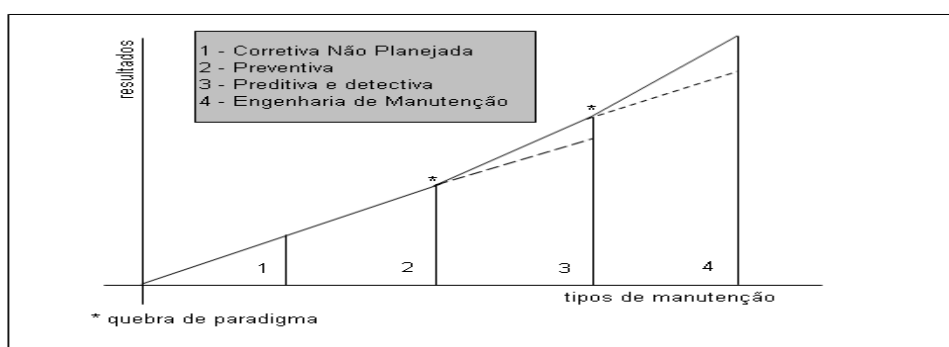


Gráfico 1- Resultados em função dos métodos de manutenção

Fonte: Kardec e Nascif (2001, p.47)

Com a implantação da engenharia de manutenção para o processo as quebras corretivas tendem a diminuir propiciando uma maior confiabilidade e disponibilidade para o equipamento, sistema ou instalação.

2.5 Estratégia de Manutenção

A estratégia de manutenção tem como finalidade dar previsibilidade às atividades. Sem esta, tende-se a improvisos e arranjos. No novo cenário das organizações, em que se considera a manutenção como uma função estratégica dentro da empresa, não há espaço para fatos repentinos e inopinados (MONTENEGRO E LELLIS, 2002, p.45). O apêndice A demonstra a estratégia de manutenção elaborada para a pá carregadeira.

Desta forma, a classificação da criticidade do equipamento, juntamente com o método de manutenção aplicado, norteado pela abordagem para definição de como equipamento será tratado, formam a estratégia de manutenção.

A definição da estratégia de manutenção mais adequada a um determinado equipamento ou instalação é uma tarefa complexa, pois aspectos aparentemente antagônicos como os mais baixos custos de manutenção com a maior disponibilidade possível, devem ser conciliados. Para que essa conciliação exista os recursos devem ser empregados de forma otimizada e o número de intervenções o menor possível. O gerenciamento da aplicação dos recursos e o planejamento das manutenções dependem da análise prévia do grau de importância do equipamento representado pela sua criticidade, de tal forma que seja realizado um tratamento diferenciado para cada caso (MONTENEGRO E LELLIS, 2002, p.48).

Para Drummond (2004), a aplicação da estratégia de manutenção considera a implantação e execução dos planos de manutenção que através deste operacionaliza a política de manutenção. O objetivo é alcançar o estágio em que a rotina seja totalmente implantada e controlada propiciando pleno domínio sobre o comportamento do equipamento ou instalação.

A Figura 4 representa, de forma esquemática, que a efetividade do plano de manutenção é sustentada através da análise dos equipamentos no processo, da avaliação da criticidade do equipamento e da definição dos métodos e estratégia de

manutenção aplicada, sendo estes implementados e acompanhados por indicadores de performance.

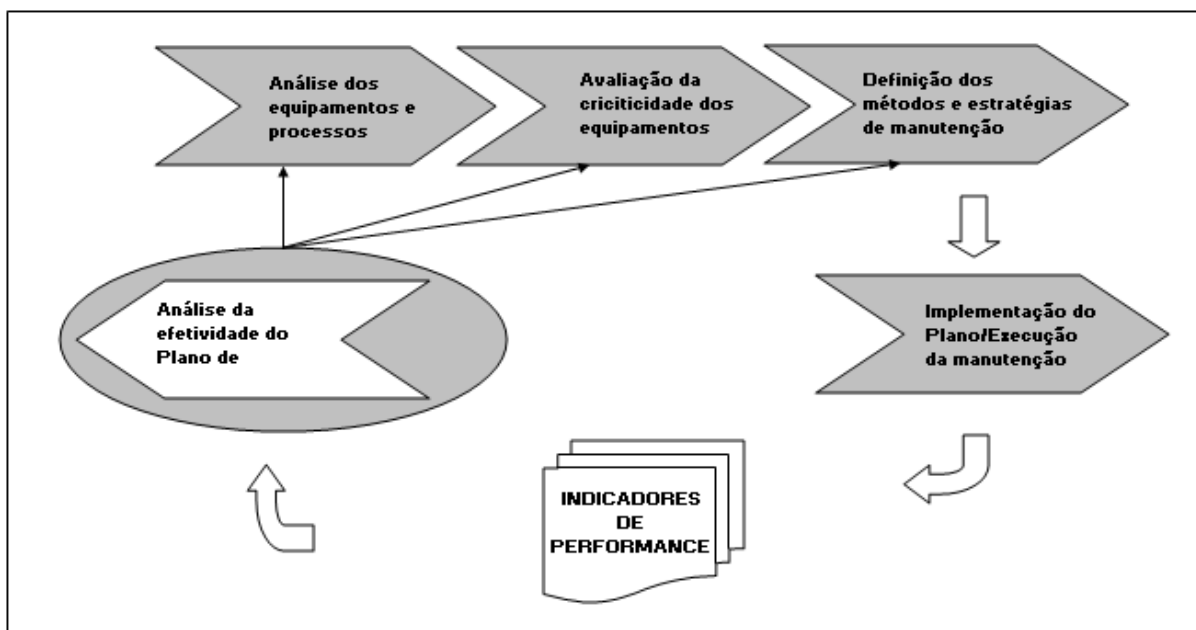


Figura 4 - Representação esquemática da estratégia de manutenção

Fonte: Montenegro e Lellis (2002)

Para Xenos (2004, p.172), a elaboração dos planos de manutenção e seus intervalos é uma tarefa simples quando já são conhecidas as ações preventivas de inspeção, reforma ou troca que os equipamentos exigem, conforme orientação do fabricante ou necessidade do processo.

O plano de manutenção deve estabelecer a frequência, a abrangência das manutenções e os parâmetros de monitoramento. De acordo a diversidade de equipamentos, deve-se elaborar ou revisar os seguintes planos após elaboração da estratégia de manutenção: plano de inspeção, lubrificação, plano de manutenção mecânico, elétrico e instrumentos. Estes devem conter as atividades necessárias para evitar falhas nos sistemas dos equipamentos ou instalações objetivando uma maior confiabilidade (MONTENEGRO E LELLIS, 2002, p.50).

Segundo Takahashi e Osada (1993, p.322), para a boa elaboração de um plano de manutenção alguns fatores devem ser considerados: a capacidade de execução da equipe de manutenção, a necessidade do equipamento em realizar as manutenções preventivas levando em consideração às exigências do manual do fabricante e o ambiente onde o equipamento atua. O menor tempo de equipamento

parado devido à execução dos planos de manutenção também é importante, pois há necessidade da disponibilidade do equipamento para a produção.

Este último fator é um dos principais problemas debatidos entre a manutenção e a operação. O motivo para o tempo insuficiente é o fato de que a área de operações não paralisaria o equipamento apenas para as atividades de manutenção e sim, também, para o processo produtivo. Neste contexto, Takahashi e Osada (1993, p.322), asseveram que o tempo de máquina parada para o processo produtivo, ocasionado pela necessidade de executar atividades de manutenção, pode ser minimizado através da manutenção por oportunidade, ou manutenção oportunista. Essa manutenção aproveita o tempo de paralisação do equipamento quando ela ocorre em contraste à paralisação para manutenção planejada. Este método envolve a verificação minuciosa dessas oportunidades e suas ocorrências, focando os aspectos de: quando as oportunidades surgem, quando as máquinas permitem outros reparos simultâneos, quais as oportunidades precisas e quando surgem e qual o tempo de duração.

Com o aproveitamento deste tempo, a disponibilidade do equipamento para o processo produtivo tende a aumentar devido à redução do tempo ou eliminação de uma manutenção preventiva poupando o equipamento para uma posterior parada.

Para Takahashi e Osada (1993), as vantagens de um plano de manutenção podem ser descritos como: as exigências de recursos podem ser planejados, de modo a torná-los disponíveis no tempo, local e quantidade correta; o número de etapas descrito pode ser identificado e o trabalho transformado em rotina; os cronogramas de paradas e previsão de liberação dos equipamentos podem ser preparados de forma precisa e utilizados na elaboração dos planos de produção. A Figura 5 exemplifica como deve ser um plano de manutenção.

Fonte: Montenegro e Lellis (2002)

2.6 Análise de Performance

A finalidade da avaliação do desempenho de um equipamento, sistema ou instalação compreende o desenvolvimento das atividades de planejamento e gerenciamento num contexto de projeto, operação e manutenção podendo também ser realizada na etapa de aquisição através de testes de desempenho de qualidade ou em testes na fase de planejamento e projeto, asseveram Almeida e Campelo (2001, p.44).

O tratamento do problema de desempenho deve ser iniciado com o estabelecimento de objetivos que dizem respeito ao serviço que será executado pelo equipamento, sistema ou instalação que correspondem aos requisitos mínimos a serem atendidos através da menor relação de custo/benefício. Através desta relação os critérios de desempenho (considerando desempenho como objetivo ou consequência de um problema) podem ser a disponibilidade (confiabilidade e manutenibilidade), qualidade de serviço, custo e fatores humanos. Sendo este último não visto no sentido de consequência de um problema, porém possui relação com o desempenho (ALMEIDA E CAMPELO 2001).

Confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade fazem parte do cotidiano da manutenção e dão origem à conceituação moderna da manutenção. É através destes conceitos que se constitui a missão da manutenção, que tem como premissa garantir o funcionamento pleno das funções dos sistemas, equipamentos e instalações de modo a atender um processo de produção ou serviço com o máximo de confiabilidade, segurança, conservação do meio ambiente e custo adequado (KARDEC E NASCIF, 2001, p.95).

2.6.1 Disponibilidade

A disponibilidade em uma primeira abordagem pode ser considerada como sendo o tempo em que o equipamento, sistema ou instalação está disponível para operar, ou em condições de produzir (KARDEC E NASCIF, 2001, p.101).

Para Almeida e Campelo (2001, p.45), a disponibilidade é definida como a probabilidade de que um sistema esteja disponível em dado instante de tempo t , sendo uma composição da confiabilidade e da manutenibilidade. Um equipamento, sistema ou instalação estará provavelmente disponível quando houver uma boa confiabilidade (poucas falhas) e uma boa manutenibilidade (quando falhar seja reparado rapidamente).

Para Drummond (2004, p.76), a disponibilidade é a capacidade de um equipamento, sistema ou instalação estar em condições de executar 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 externos requeridos estejam assegurados. Portanto, disponibilidade é calculada pela Equação 1.

$$DF = \frac{[(HC - HM)]}{HC} \times 100 \quad (1)$$

Em que: DF - Disponibilidade Física

HC - Horas Calendário

HM - Horas em manutenção

Este índice é de fundamental importância para a manutenção, pois o seu principal produto é a DF, ou seja, disponibilizar um equipamento por mais tempo para a operação, sendo o mesmo utilizado para verificação do comportamento operacional de equipamentos, sistemas e instalações.

2.6.1.1 Confiabilidade

Para Kardec & Nascif (2001, p.96) a confiabilidade é a probabilidade que um item tem de desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo determinado, sob condição conhecida de uso. A Equação 2 é utilizada para determinar a confiabilidade em função da taxa de falha constante. Ressalta-se que esta taxa é o número total de falhas por período de operação.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Em que:

R(t) = confiabilidade a qualquer tempo t;

λ = taxa de falhas;

t = tempo previsto de operação.

Esta equação é um dos modelos mais utilizados em cálculos de confiabilidade, afirma Almeida e Campelo (2001, p.19). De acordo com os autores o não funcionamento do equipamento, sistema ou instalação implica em falha, e essa falha tem origem quando a missão a qual se destina o item não pode ser executada, sendo classificada em função dos seus efeitos (sistêmicos, parcial), origem

(configuração, composição material) e causa (operação indevida, fora de condições operacionais, anormalidade de fabricação).

A falha pode ser definida como a incapacidade de um item satisfazer um padrão de desempenho previsto causando consequências negativas na produção e na qualidade do produto. Quanto maior o número de falhas menor a confiabilidade de um item para as condições estabelecidas e quanto maior a confiabilidade, melhores são os resultados de produção e financeiros para o cliente (KARDEC E NASCIF, 2001).

A confiabilidade está associada diretamente ao MTBF (*Mean Time Between To Failure*) que é considerado como o tempo médio entre falhas. Esse tempo pode ser determinado pela Equação 3.

$$\text{MTBF} = \text{Tempo em operação} / \text{Número de falhas} \quad (3)$$

2.6.1.2 Manutenibilidade

Pinto e Xavier (2002), asseveram que manutenibilidade ou mantenabilidade é a característica de um equipamento ou conjunto de equipamentos que permita, em maior ou menor grau de facilidade, a execução dos serviços de manutenção. Para analisar a manutenibilidade de um equipamento, os seguintes aspectos devem ser considerados:

- Requisitos qualificados: são requisitos para orientar os mantenedores nas execuções das atividades, informando-os sobre métodos, materiais, ferramentas, disponibilidade e procedimentos para execução;
- Requisitos quantificados: são números utilizados para quantificar tempos de execução, médias de paradas, tempos de indisponibilidade e quantidades de materiais sobressalentes;
- Suporte logístico: trata-se de todas as condições necessárias para dar suporte a alojamentos, transporte, produção, distribuição, viagens, manutenção de meios e ferramentas;
- Capacitação do pessoal de manutenção: trata-se do desenvolvimento das habilidades profissionais e capacitação do pessoal de manutenção.

Para Kardec e Nascif (2001), a manutenibilidade é a probabilidade que um equipamento ou instalação com falha seja reparado dentro de um tempo t . Portanto, a manutenibilidade é calculada pela Equação 4.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (4)$$

Em que:

$M(t)$ = é a função manutenibilidade, que representa a probabilidade de que o reparo comece no tempo $t = 0$ e esteja concluído, satisfatoriamente, no tempo t (probabilidade da duração do reparo);

μ = taxa de reparo ou número de reparos efetuados em relação ao total de horas de reparo do equipamento;

t = tempo previsto de reparo.

A manutenibilidade está associada diretamente ao MTTR (*Mean Time To Repair*) que é o tempo médio sem produção associado à falha. O MTTR considera não apenas o tempo de reparo, mas todos os tempos pertinentes a atuação da manutenção. Esse tempo pode ser determinado pela Equação 5.

$$\text{MTTR} = \text{Tempo de reparo no equipamento} / \text{Número de falhas} \quad (5)$$

Conforme Kardec e Nascif (2001, p.103), a disponibilidade física é função da confiabilidade e da manutenibilidade. Para aumentar a disponibilidade física de um equipamento, sistema ou instalação devemos aumentar a confiabilidade expressa pelo MTBF, reduzir o tempo para reparo expressa pelo MTTR ou aumentar o MTBF e reduzir o MTTR simultaneamente.

2.6.2 Qualidade de Serviço

A qualidade de um serviço pode ser definida como a totalidade de características e fatores de um produto, processo ou serviço que sustenta a capacidade de satisfazer um estado ou uma necessidade subtendida apresentando uma alta confiabilidade, afirmam Almeida e Campelo (2001, p.73).

Do ponto de vista do cliente, excelentes produtos ou serviços são percebidos através de três dimensões básicas: qualidade intrínseca, custo e entrega. É através da combinação destas três dimensões da qualidade que os clientes percebem o valor do produto ou serviço. Um produto ou serviço terá maior valor para os usuários quanto mais favorável for à combinação das dimensões, afirma Xenos (2004).

2.6.3 Custo de Manutenção

O custo de manutenção representa a soma dos valores dos bens e serviços utilizados na produção. O seu controle é uma atividade essencial para o gerenciamento da manutenção, pois garante a previsibilidade e provê subsídios para a análise e redução dos custos de forma sustentada (DRUMMOND, 2004).

Para Almeida e Campelo (2001), o custo na operação/manutenção de equipamentos, sistemas e instalações é incorrido em função de pessoas, reserva técnica, equipamentos de suporte e ferramentas, apoio logístico, estrutura de planejamento, dentre outros.

Conforme Kardec e Nascif (2005), os custos de manutenção são classificados em três famílias:

- Custos diretos: são os custos necessários para manter o equipamento em operação. Nestes estão inclusos os custos de manutenção preventiva, preditiva, detectiva e corretiva, como por exemplo o custo de mão de obra direta, custo de materiais e custo de serviços terceirizados;
- Custos de perda de produção: são os custos causados pela perda de produção originada pela falha do equipamento principal sem que o reserva, quando existir, esteja disponível e pela falha do equipamento quando a causa seja a ação imprópria da manutenção;
- Custo indireto: são os custos relacionados a estrutura gerencial, apoio administrativo e áreas de análise e estudo, etc...

O custo anual de manutenção representa, em média, 4,39 % do faturamento bruto das empresas e, por este motivo, uma redução de custo na manutenção, mal conduzida, pode ocasionar perda de faturamento e lucro da

organização (KARDEC E NASCIF 2005). Na Tabela 1 são mostrados os custos de manutenção em relação ao faturamento por segmentos da indústria.

Tabela 1 - Custo de manutenção em relação ao faturamento bruto

Setores	% faturamento
Açúcar e Alcool	4,00
Automotivo	1,67
Bebidas	1,00
Cimento	3,00
Eletricidade	3,00
Hospitalar	10,00
Máquinas e Equipamentos	3,00
Metalúrgico	3,75
Mineração	8,15
Papel	3,75
Petróleo	4,75
Petroquímico	2,20
Plástico	3,00
Prestação de Serviços	6,40
Químico	3,66
Saneamento	1,00
Siderúrgico	8,66
Têxtil	2,32
Transporte	10,00
Vidro	4,65
Média	4,39

Fonte: ABRAMAM (1997)

O custo total de uma parada de equipamento é a soma do custo de manutenção, representada pelo custo de mão de obra e peças, e pelo custo de indisponibilidade do equipamento, representada pelo custo de perda de produção, penalidades comerciais e impactos na imagem da empresa. Experiências de avaliação de desempenho demonstram que o custo de indisponibilidade representa mais da metade do custo total da parada do equipamento, afirma Almeida e Campelo (2001).

2.6.4 Fator Humano

Para a execução das atividades de manutenção a definição do quadro de pessoal se torna obrigatória. Conforme Montenegro e Lellis (2002), este depende dos seguintes fatores:

- Requisitos de manutenção dos equipamentos relacionados a volume de ações de preventivas necessárias;
- Nível de degradação dos equipamentos e instalações;
- Volume de produção;
- Qualificação da equipe;
- Nível de automação.

A distribuição das tarefas e a definição das interfaces dependem das particularidades das equipes. Para evitar interfaces indesejadas, determinadas atividades, inerentes a funções diferentes, podem ser exercidas pela mesma pessoa. Os limites de atribuições individuais podem variar, mas é imprescindível que todas as atividades mencionadas sejam contempladas na estrutura de manutenção (MONTENEGRO E LELLIS, 2002).

Conseguir o máximo de produtividade na mão de obra torna-se possível através do trabalho em equipe. Considerado fator crítico de sucesso também da manutenção, o trabalho em equipe pode ser a causa que determina o não atingimento das metas de uma organização. Kardec e Nascif (2005, p.28), afirmam que uma organização com talentos individuais consegue resultados inferiores aos de outra com talentos individuais e com mais espírito de equipe. Estes resultados não se limitam apenas à área de manutenção, mas também à operação e engenharia, sendo possível de duas maneiras: educação - através de treinamentos, visitas técnicas, depoimentos de pessoas reconhecidas como tendo experiências bem sucedidas; e organização - através da criação de mecanismos que favoreçam a formação de equipes mistas de manutenção e operação.

Para este estudo de caso o fator humano não será considerado objeto de estudo.

2.7 Indicadores de Desempenho

Todo o gerenciamento da manutenção só é possível através de indicadores de desempenho adequados, que representam a situação real do processo. Para Montenegro e Lellis (2002), o sistema de gerenciamento da

performance deve possibilitar a definição de objetivos e metas e a comparação dos resultados com os objetivos.

Para Viana (2002, p.139), os indicadores não são utilizados apenas no acompanhamento dos desafios, mas também no que tange a sua rotina diária.

Conforme Montenegro e Lellis (2002), o conjunto de indicadores definido no sistema de gestão tem por finalidade:

- Sumarizar grande quantidade de informação para análise;
- Indicar o nível de desempenho obtido;
- Indicar tendências;
- Identificar áreas que apresentam problemas;
- Identificar área de excelência;
- Permitir comparação dos resultados dentro e fora da organização.

Os indicadores de desempenho devem retratar aspectos importantes para o processo. A manutenção deve avaliar a melhor forma de monitorar seus equipamentos acompanhando aquilo que agrega valor.

Conforme Viana (2002, p.140), existem seis indicadores chamados de Índices de Classe Mundial. Tal denominação é justificada pelo fato de que a maioria dos países do ocidente os utiliza. Estes índices são:

- MTBF - *Mean Time Between Failures*. No Brasil conhecido como TMEF - Tempo Médio entre Falhas;
- MTTR - *Mean Time To Repair*. No Brasil conhecido como TMR – Tempo Médio de Reparo;
- TMPF - Tempo Médio para Falha;
- DF - Disponibilidade Física da Máquina;
- Custo de Manutenção por Faturamento;
- Custo de Manutenção por Valor de Reposição.

Para o estudo de caso serão utilizados os indicadores conforme demonstração do Quadro 2 e do Quadro 3.

<i>Item de Controle</i>	<i>Descrição</i>	<i>Forma de Cálculo</i>
Disponibilidade física (%)	Percentual de tempo em que o equipamento ou sistema esteve disponível para operar	$DF = [(HC - HM) / HC] \times 100$ HC = horas calendário HM = horas de manutenção (preventiva e corretiva)

Quadro 2 - Indicador Operacional do Ativo

Fonte: Drummond (2004, p. 53)

O Quadro 2 demonstra o indicador operacional utilizado no estudo de caso e sua forma de cálculo. A disponibilidade física representa o produto da manutenção e será utilizado como medidor de performance da pá carregadeira.

<i>Variável de Controle</i>	<i>Descrição</i>	<i>Forma de Cálculo</i>
Tempo médio entre falhas - MTBF (h)	Relação entre o tempo de operação e o número de falhas dos equipamentos	$MTBF = (t_{0(1)} + t_{0(2)} + \dots + t_{0(n)}) / n$ t_0 = tempo de operação n = número de ocorrências
Tempo médio para reparo - MTTR (h)	Relação entre o tempo de reparo dos equipamentos e o número de falhas	$MTTR = (t_{p(1)} + t_{p(2)} + \dots + t_{p(n)}) / n$ t_p = tempo de parada corretiva n = número de ocorrências corretivas

Quadro 3 - Variáveis Operacionais do Ativo

Fonte: Drummond (2002, p. 53)

O Quadro 3 demonstra as variáveis, com as formas de cálculo, que interferem no processo de performance necessitando ser monitoradas e controladas. O uso do indicador disponibilidade física (DF) e das variáveis Mean Time Between Failure (MTBF) e Mean Time To Repair (MTTR) são orientados pelo manual do SGM (Sistema de Gerenciamento da Manutenção) por serem indicadores padrão utilizados nos ativos da organização.

O controle destas variáveis direciona de forma positiva ou negativa o resultado do indicador de disponibilidade física da pá carregadeira. De forma mais precisa, quanto menor o MTTR, ou seja, quanto menor for o tempo para reparar o equipamento, melhor será este indicador impactando positivamente no índice de disponibilidade física do equipamento e quanto maior for o MTBF, ou seja, quanto maior o tempo entre falhas melhor será para este indicador impactando positivamente no índice de disponibilidade física (DRUMMOND 2002).

2.8 Processo de Avaliação de Desempenho

Neste estudo o termo performance possui o mesmo sentido de desempenho considerando sua aplicação no contexto de manutenção em equipamentos. Almeida e Campelo (2001), afirma que a avaliação de desempenho de equipamentos, sistemas ou instalações é a função da engenharia de manutenção/operação que permite, além da análise de dados, a escolha de um curso de ação a ser adotado para aperfeiçoar seu desempenho.

A avaliação de desempenho deve ser iniciada com o estabelecimento do objetivo que diz respeito ao resultado esperado pelo equipamento, sistema ou instalação, considerando-se a qualidade e os custos envolvidos para manter o nível exigido. Desta forma, verifica-se que o desempenho é tratado como uma relação custo/benefício podendo ser um problema de decisão, necessitando de um tratamento mais formal (ALMEIDA E CAMPELO, 2001).

Sendo assim, o processo de avaliação de desempenho consiste em definir um caminho para determinar a ação a ser tomada sobre o processo de modo a obter a melhor consequência, isto é, a melhor performance.

Este processo permite a avaliação do índice de disponibilidade física do equipamento em estudo através da amostra de dados coletados em dado período.

3 METODOLOGIA

Iniciando-se o processo de análise, através das características deste estudo, definiu-se o tipo de pesquisa. Conforme Gil (2002, p.42), a pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistemático que tem como principal objetivo encontrar respostas aos problemas que se quer solucionar.

Para a realização desse estudo, considerou-se a taxionomia proposta por Vergara (2006), que é definida em dois critérios básicos: quanto aos fins e quanto aos meios.

3.1 Quanto aos Fins

Quanto aos fins o presente estudo classifica-se como uma pesquisa descritiva e aplicada. Descritiva porque permite estudar as etapas do processo de avaliação de desempenho de um equipamento objetivando a performance desejada e aplicada porque está ligada a um problema não solucionado pela organização, que possui caráter imediato devido seu grau de relevância para o processo produtivo.

3.2 Quanto aos Meios

Quanto aos meios o presente trabalho classifica-se como pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso. Bibliográfica porque foram utilizados livros, artigos e obras técnicas. Documental devido utilização dos manuais do Sistema de Gerenciamento da Manutenção (SGM), Manual da manutenção industrial e Manual de controle inicial todos de propriedade da organização. Estudo de caso por se tratar do estudo relacionado a avaliação do impacto da estratégia de manutenção na performance de um equipamento, estratégia essa implantada no período de estágio.

3.3 Métodos de Pesquisa

A utilização de métodos em pesquisa denota a escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação de fenômenos, objetivando delimitar um problema, conforme reforça Richardson (2007, p.70).

Para Richardson (2007), o método pode ser classificado como quantitativo e qualitativo. O método quantitativo é focado em termos de grandeza ou quantidade do fator presente em uma situação, possuindo valores numéricos tanto na coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas.

Para Lakatos e Marconi (1999, p.142), o método qualitativo é caracterizado pela presença ou ausência de alguma qualidade ou característica e também na classificação de tipos diferentes de dada propriedade.

O estudo em questão considera o método quantitativo por apresentar precisão nos resultados, evitando distorções de análise e interpretações, possibilitando uma margem de segurança quanto às interferências, assevera Richardson (2007, p.70).

3.4 Universo e Amostra

Para Vergara (2006, p.50), o universo refere-se à população que possui as características que serão objeto de estudo e a amostra trata de definir uma parte desta população elegida através de alguns critérios representativos. A autora considera que a classificação da amostra pode ser probabilística e não probabilística. A amostragem probabilística leva em consideração a utilização de métodos estatísticos e a amostragem não-probabilística destaca-se pela sua acessibilidade e por sua tipicidade.

A amostragem não probabilística por acessibilidade caracteriza-se pela ausência de procedimentos estatísticos selecionando os elementos pela facilidade de acesso a eles. Já o destaque por tipicidade é constituído pela seleção dos elementos que o pesquisador considere representativo da população alvo, o que requer profundo conhecimento dessa população (VERGARA 2006).

Para o estudo em questão utilizou-se o método de amostragem não probabilístico por tipicidade por ser considerado um modelo construído pela seleção de elementos que representam expressivamente o universo em estudo.

O estudo de caso foi realizado na Unidade Operacional de Taquari Vassouras da empresa VALE S.A. O universo considerado foi a frota de pás carregadeiras da gerência de área GAFEW, composta por cinco máquinas classificadas como criticidade B para o processo de apoio a produção, conforme critério de avaliação da organização. A amostra foi composta por uma carregadeira ou 20% do universo que pode ser considerada representativa ainda que não conclusiva.

3.5 Definições de Variáveis e Indicadores

Segundo Lakatos e Marconi (1999, p.31), todas as variáveis que possam invalidar a pesquisa devem ser não só levadas em consideração, mas também devidamente controladas, para impedir comprometimento no objeto de estudo. Para as autoras as variáveis devem ser definidas com clareza, objetividade e de forma operacional.

Para o estudo serão utilizados os indicadores de disponibilidade física, MTBF e MTTR. Estes indicadores foram contemplados por estarem voltados diretamente aos aspectos do objeto, possibilitando desta forma a observação ou a mensuração das variáveis envolvidas no fenômeno. (RICHARDSON, 2007, p.65).

Outro ponto a ser observado no estudo são as horas em manutenção corretiva, pois quanto maior o quantitativo de horas menor será a disponibilidade física e vice versa.

3.6 Instrumentos de Coleta e Análise de Dados

Os dados coletados e contidos no presente estudo foram extraídos de fontes primárias, por acontecer após a ocorrência do fenômeno, segundo Lakatos e Marconi (2005, p.179). As fontes de coletas foram o sistema informatizado de manutenção MÁXIMO, ERP - Oracle e o sistema de gerenciamento de frota denominado Performance. Para conversão dos dados em informações possibilitando o processo de análise utilizou-se o Excel para tabulação dos dados em planilha eletrônica, com auxílio da ferramenta de geração de gráfico.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar os resultados obtidos com o estudo de caso realizado na empresa Vale S.A. É importante ressaltar que por ser uma pesquisa baseada em estudo de caso, as conclusões não podem ser generalizadas para o universo das demais empresas do segmento de mineração, nem mesmo para outras organizações que possuem a manutenção em sua estrutura organizacional.

As inferências declaradas nesta fase são de cunho deste estudo de caso, que por sua vez elabora hipóteses que podem ser confirmadas através de pesquisas em outros estudos complementares.

4.1 Análise de Desempenho

O objetivo desta etapa do estudo é demonstrar de forma comparativa o comportamento do indicador de performance da pá carregadeira, das horas empregadas em manutenção corretiva não programada, das variáveis de MTBF (Mean Time Between Failure) e MTTR (Mean Time To Repair), e do custo direto. Sobre o custo direto serão abordados apenas o custo incorrido com peças por ser considerado um item de maior impacto financeiro para os estoques da organização e por ser de primordial importância para o sucesso da estratégia de manutenção.

Esta comparação de comportamento considera o período antes da implantação da estratégia de manutenção, ou seja, de janeiro a abril de 2010 e após a implantação considerando o mesmo período, porém no ano de 2011. A determinação deste período tomou como referência os meses em que a estratégia de manutenção já estava implantada no ano corrente. Cabe salientar que nestes dois períodos não houve alteração na condição operacional do equipamento.

4.1.1 Comparação da Disponibilidade Física

Conforme estabelecido, o indicador responsável por interpretar o desempenho da pá carregadeira será o índice de disponibilidade física. Para a visualização deste comportamento o Gráfico 2 demonstra o comparativo deste indicador levando em consideração o período citado anteriormente.

Percebe-se no Gráfico 2 que o comportamento da performance da pá carregadeira para o período de 2010 encontra-se com o acumulado mensal em 87%, posicionado-se acima do desempenho para o processo de apoio a produção que é de 76%. Neste período apenas o mês de Março de 2010 demonstrou desempenho abaixo da meta devido a ocorrência de uma manutenção corretiva não programada, causada pela desatualização do plano de manutenção e pela indisponibilidade da peça na unidade aumentando, com isso, o tempo total de máquina parada.

No período de 2011 com a implantação da estratégia de manutenção o comportamento da disponibilidade física demonstra evolução em todos os meses, quando observados individualmente, assim como no resultado acumulado. O acumulado de 2011 demonstrou evolução no desempenho elevando este índice em 3,5% quando comparado com o ano de 2010.

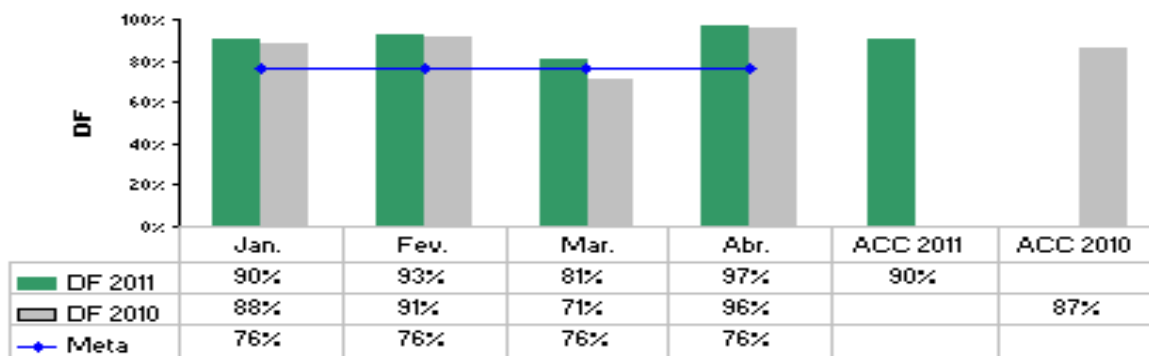


Gráfico 2 - DF mensal da pá carregadeira

Fonte: Gerenciador de frota Performance

Cabe salientar que o período escolhido para comparação com o ano de 2011 é o melhor período de disponibilidade física do ano de 2010, conforme demonstra o Gráfico 3.

Conforme o Gráfico 3, o desempenho abaixo da meta é percebido no período de maio a julho de 2010. Esta baixa performance se deu pela existência das manutenções corretivas não programadas, causadas pela falta das intervenções

necessárias nos sistemas da pá carregadeira solicitadas pelo fabricante e não contempladas nos planos de manutenção, e pela indisponibilidade das peças de garantia operacional na organização. Percebe-se, com isso, que a preocupação com o baixo desempenho da pá carregadeira, detectada no período de janeiro a julho de 2010, era pertinente. Vale salientar que em todo período de 2010 e 2011 não houve alteração nas condições operacionais do equipamento.

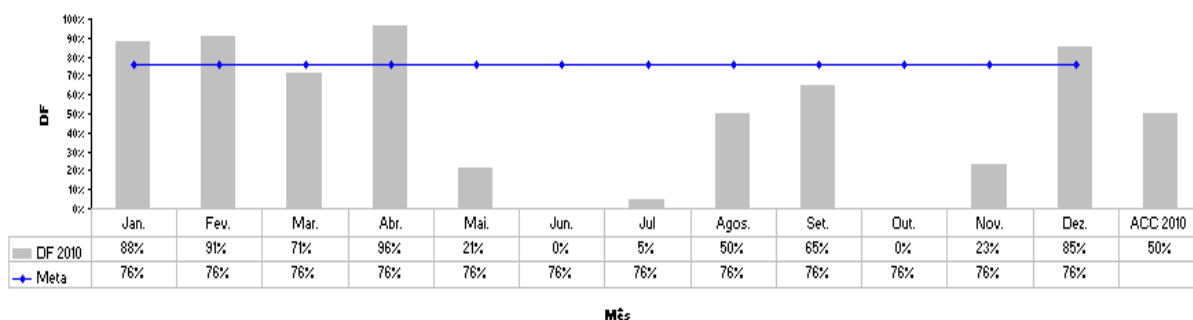


Gráfico 3 - DF mensal da pá carregadeira ano 2010

Fonte: Gerenciador de frota Performance

A estratégia de manutenção foi elaborada no período de agosto a outubro de 2010 e sua implementação ocorreu efetivamente em novembro de 2010. Portanto, o surgimento da evolução da performance não é percebida em curtíssimo prazo. A estratégia de manutenção estava implantada em termos de processo, porém as áreas de apoio (suprimentos, PCM, Engenharia) ainda estavam adequando-se a nova realidade e tratando as novas demandas geradas.

Através do Gráfico 3 é percebido o início da evolução da performance da pá carregadeira no mês de dezembro de 2010 fechando o referido mês em 85% de disponibilidade física para o processo de apoio, após a implantação da estratégia de manutenção. Mesmo com essa evolução no final do ano a disponibilidade física anual, representada pelo acumulado 2010 fechou em 50%, ou seja, fechou abaixo da meta de 76%, sendo este reflexo negativo ocasionado pelos meses anteriores.

4.1.2 Comparação das Horas em Manutenção Corretiva

Conforme demonstração do Gráfico 4, verificou-se uma regressão nas horas em manutenção corretiva após a implantação da estratégia de manutenção quando comparado de forma individual, ou seja, todos os meses do ano de 2011 obtiveram o número de horas em manutenção corretiva não programada inferior aos meses do ano de 2010. A regressão das horas totais em manutenção corretiva do ano de 2011 representou uma queda de 46% quando comparado com o ano de 2010, propiciando evolução no indicador de disponibilidade física do equipamento.

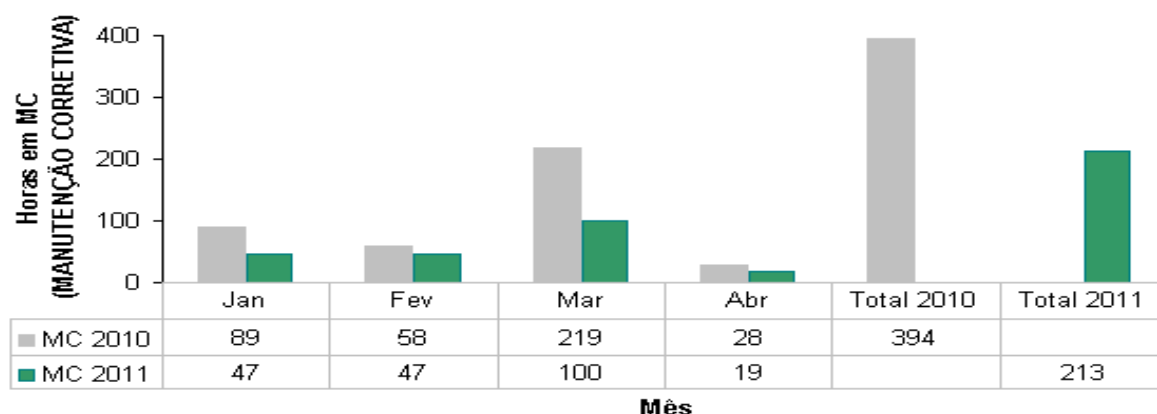


Gráfico 4 - Comparativo das horas em manutenção corretiva

Fonte: Gerenciador de frota Performance

Percebe-se que após a revisão dos planos de manutenção, levando em consideração a manutenção necessária e correta dos sistemas do equipamento e a disponibilidade dos materiais para aplicação, proporcionaram redução na ordem de 181 horas no tempo total de manutenção corretiva não programada do equipamento. Estas horas correspondem não somente a redução das horas em manutenção corretiva não programada, mas também o aumento da disponibilidade física do equipamento para o processo de apoio a produção e a disponibilidade da mão de obra do executante de manutenção para outras atividades da organização.

A revisão dos planos de manutenção levaram em consideração as orientações do fabricante no que diz respeito às necessidades técnicas dos sistemas e os desgastes ocasionados pela agressividade do ambiente.

4.1.3 Comparação do MTBF

Para o período de janeiro a abril de 2010 e janeiro a abril 2011 avaliou-se através do Gráfico 5 a variável MTBF. Esta variável demonstra o tempo médio entre paradas para intervenção da manutenção, ou seja, quanto menos o equipamento parar por manutenção corretiva não programada, melhor para este indicador e para o índice de disponibilidade física do equipamento.

Conforme o Gráfico 5, verificou-se que após a implantação da estratégia de manutenção houve evolução nesta variável de 44% quando comparado com a Média do MTBF do ano de 2010. No mês de abril 2011 este indicador foi mais significativo devido redução de paradas por manutenção corretiva não programada, demonstrando, com isso, que a estratégia de manutenção proporcionou uma maior confiabilidade para o equipamento.

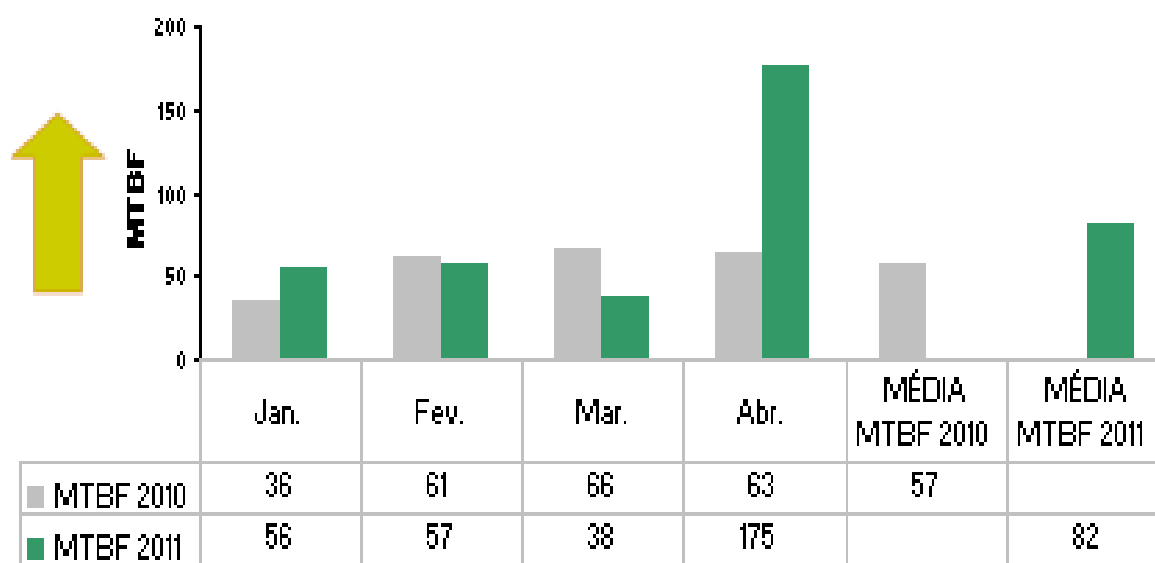


Gráfico 5 - Comparativo do MTBF da pá carregadeira

Fonte: Gerenciador de frota Performance

Vale salientar que a evolução do MTBF deu-se pela detecção antecipada das falhas ocultas e da substituição das peças desgastadas. Estas falhas causam paradas intermitentes no equipamento quando em operação, sendo identificadas na ocasião das manutenções preventivas através dos planos de manutenção revisados contendo as manutenções necessárias nos sistemas da pá carregadeira.

4.1.4 Comparação do MTTR

Para o mesmo período foi avaliado também através do Gráfico 6 a variável MTTR. Esta variável demonstra o tempo médio que a equipe de manutenção leva para reparar o equipamento. Quanto menor este tempo, melhor será para este indicador e para o índice de disponibilidade física do equipamento.

Conforme o Gráfico 6 verificou-se redução de 50% no tempo de atuação da manutenção após a implantação da estratégia de manutenção quando comparado com a Média do MTTR do ano de 2010. No mês de março 2010 este indicador foi impactado com a manutenção corretiva não programada originada pela quebra de uma peça sendo agravada pela ausência deste item na unidade. No ano de 2011 apenas o mês de março teve variação diferenciada dos demais meses devido uma manutenção corretiva não programada, sendo ainda mais agravada pela demora na reposição de um item no estoque, impactando negativamente este indicador.

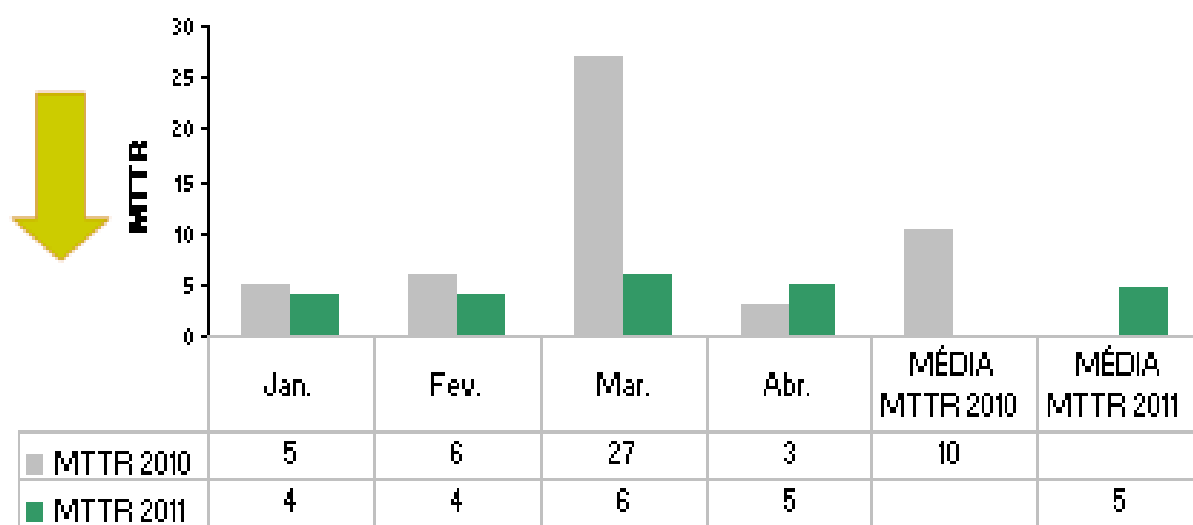


Gráfico 6 - Comparativo do MTTR da pá carregadeira

Fonte: Gerenciador de frota Performance

Vale salientar que a redução do MTTR deu-se pela detecção antecipada das grandes quebras, evitando com isso as grandes paradas por manutenção corretiva não programada e pela disponibilidade das peças na unidade, sendo estas identificadas na ocasião das manutenções preventivas através dos planos de manutenção revisados.

4.1.5 Análise do Custo de Manutenção

Os custos diretos obtidos com peças também levam em consideração o período de janeiro a abril de 2010 e de janeiro a abril de 2011. A representação dos valores referente ao período de 2010 são discriminados no Gráfico 7.

Verificou-se no Gráfico 7 que no mês de Janeiro 2010 houve um custo diferenciado dos outros meses devido a ocorrência de uma manutenção corretiva não programada no sistema freio da pá carregadeira, sendo necessário sua substituição por completo. Esta ocorrência foi causada pela falta das manutenções preventivas necessárias neste sistema. Nota-se também que no presente gráfico não existe valor orçado ou meta de gasto para o ano de 2010 impossibilitando o gerenciamento deste processo.

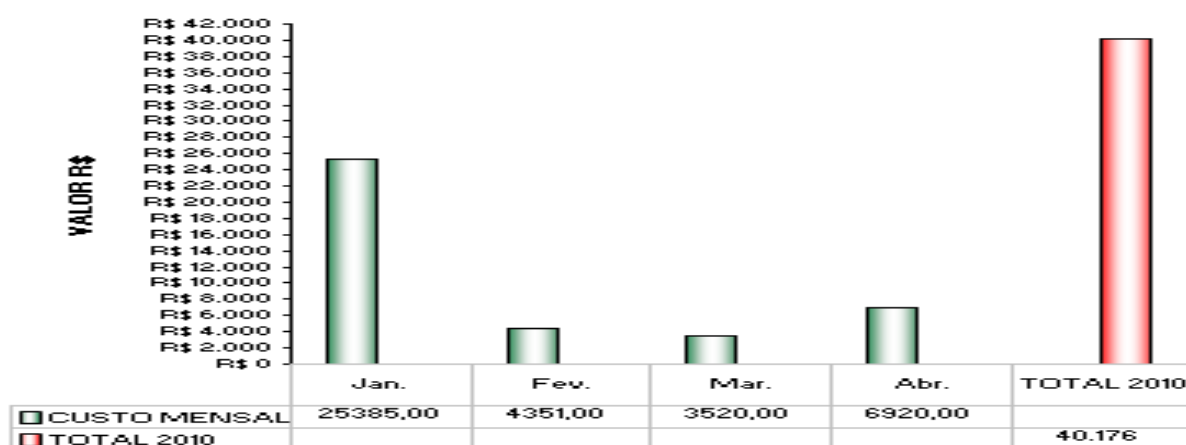


Gráfico 7 - Custo incorrido com peças na pá carregadeira

Fonte: ERP Oracle e Sistema Informatizado MÁXIMO

O Gráfico 8 demonstra os custos diretos incorridos no período de Janeiro a Abril de 2011 e seus valores orçados. Percebe-se que com a implantação da estratégia de manutenção o valor executado ultrapassou o valor orçado em 14%, sendo este proporcionado pelos meses de março e abril de 2011. Estes valores executados acima do orçado foram ocasionados pela necessidade de substituição de peças antecipadamente, causada pela operação incorreta do equipamento, proporcionando seu desgaste prematuro. Cabe salientar que os valores orçados em cada mês consideram apenas 10% para o uso em manutenções corretivas programadas e não programadas, ou seja, substituição de peças que não estão

contempladas na periodicidade de troca estabelecida na estratégia de manutenção. O Gráfico 8 ilustra este comportamento.

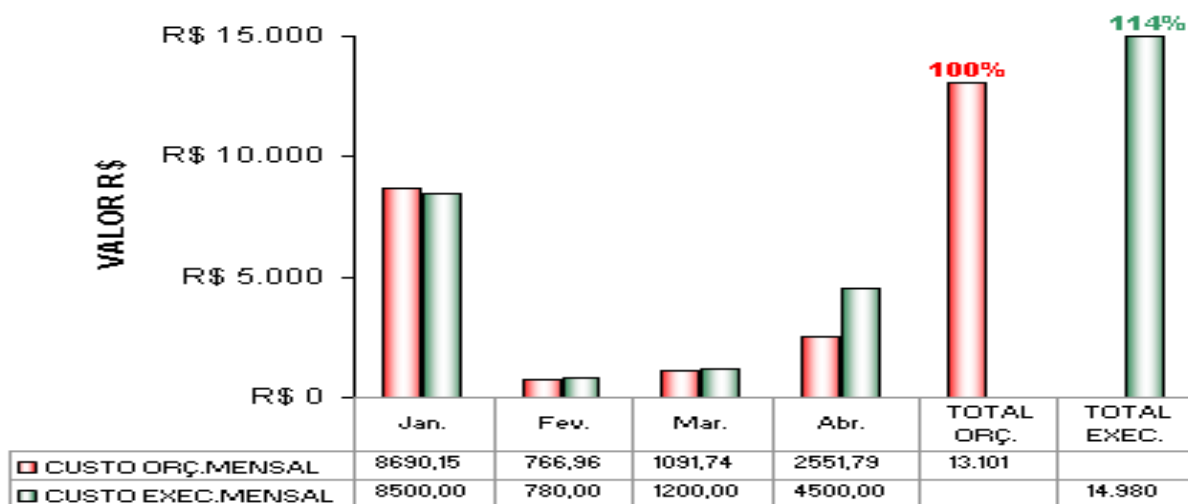


Gráfico 8 - Controle de gastos com peças da pá carregadeira

Fonte: ERP Oracle e estratégia de manutenção

Detecta-se através da análise do Gráfico 7 com o Gráfico 8, que os custos diretos incorridos com peças, após a implantação da estratégia de manutenção, foram reduzidos em 37%, quando comparado com o período 2010. Nota-se que esta redução ocorreu através da revisão dos planos de manutenção preventivo contemplando todas as peças com suas periodicidades de substituição e suas quantidades a serem aplicadas, sendo possível através destes, estabelecer metas de gastos para cada tipo de periodicidade de manutenção associado aos métodos aplicados. Os Apêndices B e C demonstram um plano de manutenção preventivo revisado e utilizado na pá carregadeira após a elaboração da estratégia de manutenção.

Cabe salientar que a substituição de peças antes do seu limite de vida, ou seja, antes da sua falha proporciona menor possibilidade de desgaste ou quebra de outros itens em cadeia, consequentemente maior confiabilidade para o equipamento ou até mesmo em alguns casos, menor custo direto de manutenção.

5 CONCLUSÃO

Esta etapa do estudo tem como objetivo relatar as conclusões percebidas e verificadas na performance da pá carregadeira após a implantação da estratégia de manutenção, sendo possível também informar pontos de melhoria para o processo com um todo, possibilitando estímulo para outros trabalhos.

Portando, verificou-se que com a implantação da estratégia de manutenção, percebida através da redução das horas em manutenção corretiva, aumento do MTBF (*Mean Time Between Failure*), redução do MTTR (*Mean Time To Repair*), revisão dos planos de manutenção e controle e redução do custo direto ocorrido com peças, a disponibilidade física do equipamento em estudo alcançou patamares de desempenho ainda não obtidos quando comparado com o modelo de gestão sem estratégia de manutenção, sendo estes comparados na mesma condição operacional. Cabe ressaltar que os resultados positivos alcançados com a implantação da estratégia de manutenção são balizados e estruturados através de um padrão estratégico de gerenciamento que deve ser perseguido e revisado tornando-o alinhado com os objetivos do processo.

Percebe-se que com a utilização de uma estratégia de manutenção estruturada apoiada pelas áreas de suprimentos, PCM, e com a execução de um plano de manutenção alinhado com as necessidades do equipamento, levando em consideração as recomendações do fabricante e da necessidade operacional, às horas em manutenção corretiva não programada diminuem propiciando evolução nas variáveis de MTBF e MTTR, conseqüentemente elevando o patamar de performance do equipamento de forma sustentável.

Cabe salientar que essa mudança de patamar depende também da capacitação dos executantes de manutenção e dos operadores do equipamento, pois sem o conhecimento do funcionamento e necessidades dos sistemas e dos limites operacionais do equipamento o número de manutenções corretivas não programadas tende a aumentar impactando negativamente em todos os indicadores do equipamento.

No processo de análise foram identificados pontos a melhorar no processo de gestão de ativos da organização podendo ser utilizado como meio estimulante para outros estudos.

Para o processo de controle inicial foi identificado no andamento da elaboração da estratégia de manutenção que o equipamento em estudo não participou das etapas mínimas do método de controle inicial. A inexistência destas etapas foram percebidas pela falta: do programa de treinamento da operação, programa de manutenção preventiva, elaboração dos planos de manutenção condizente com a necessidade do equipamento, peças necessárias para a execução das manutenções preventivas e a falta de evidência da entrega técnica pelo fabricante. É a partir deste processo que se elabora a estratégia de manutenção do equipamento.

Verificou-se que o uso de planos de manutenção defasados da necessidade dos sistemas do equipamento e com baixo nível de abrangência e detalhamento permite que vários itens que necessitam de manutenção sejam esquecidos, sendo lembrados apenas no momento de sua quebra. Seus tempos de execução não condizentes com a realidade impactam no processo de liberação para a operação e a falta de registro de peças a serem substituídas impacta na confiabilidade do equipamento propiciando que o planejamento se comporte mais de forma corretiva do que planejada.

Nota-se deficiência na interação entre as áreas de Engenharia, Suprimentos, PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) e equipe de execução. Essa deficiência torna o processo de elaboração, implementação e execução da estratégia de manutenção moroso podendo comprometer o resultado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Adiel; CAMPELO, Fernando. **Gestão da Manutenção na direção da competitividade**. Recife: UFPE, 2001.

ABRAMAM - DOCUMENTO NACIONAL : **A Situação da Manutenção do Brasil** . Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Manutenção , 1997.

BRANCO FILHO, Gil. **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2000.

BRANCO FILHO, Gil. **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2001.

DRUMMOND, Maurício Rocha (Org.). **Manual do SGM: Sistema de Gerenciamento da Manutenção**. Itabira: Lettragráfica Editora Ltda 2004.

DALMORO, Marco (Org.). **Manual de controle inicial**. Belo Horizonte: Lettragráfica Editora Ltda: 2005.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Mariana de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Mariana de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MONTENEGRO, Ivan; LELLIS, Magnus (Org.). **Manual da manutenção industrial**. Itabira: Lettragráfica Editora Ltda: 2002.

PIAZZA, Gilberto. **Engenharia da Confiabilidade**. Caxias do Sul: EDUCS, 2000.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3 ed. 7 reimpressão São Paulo: Atlas, 2007.

REBOUÇAS, Djalma de Pinho. **Planejamento Estratégico**. 15° ed. São Paulo: Editora Atlas S.A.-2001.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção Centrada na Confiabilidade**: Manual de Implantação. Rio de Janeiro: Qualitymark: ABRAMAN, 2005.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto Iman, 1993. 322 p.

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

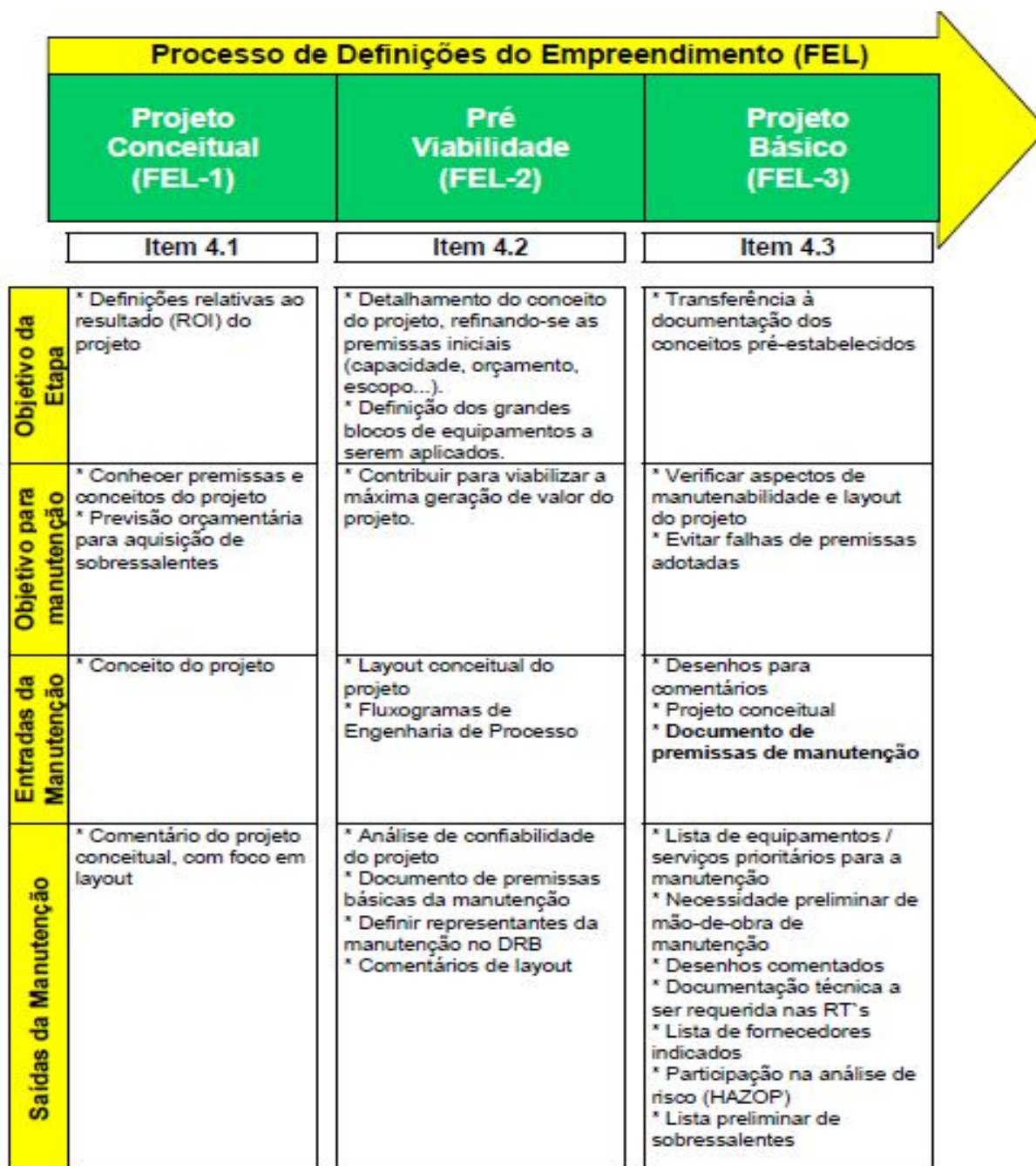
VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatório de pesquisa em administração**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.

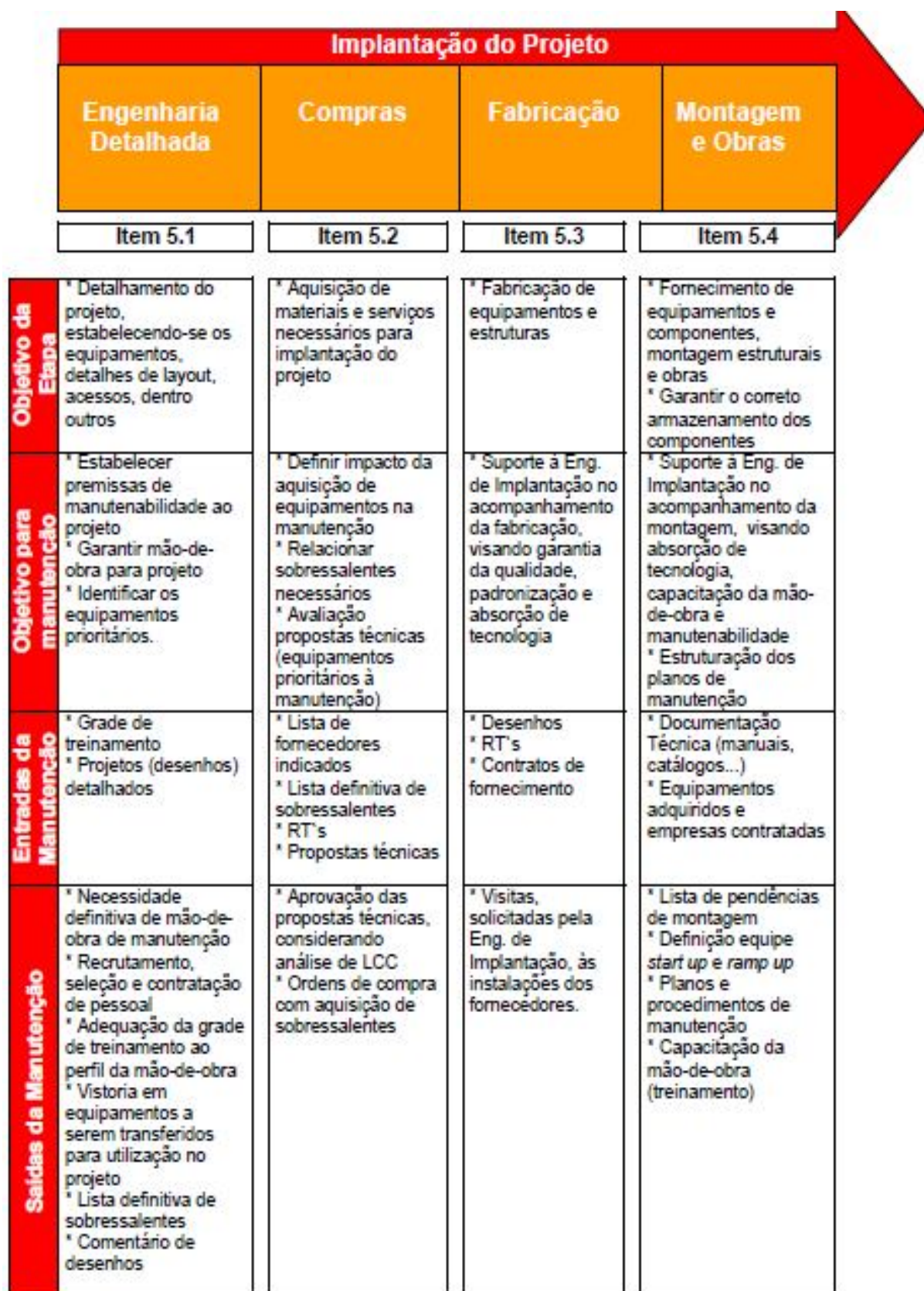
ANEXOS

ANEXO A - Carregadeira TORO 007

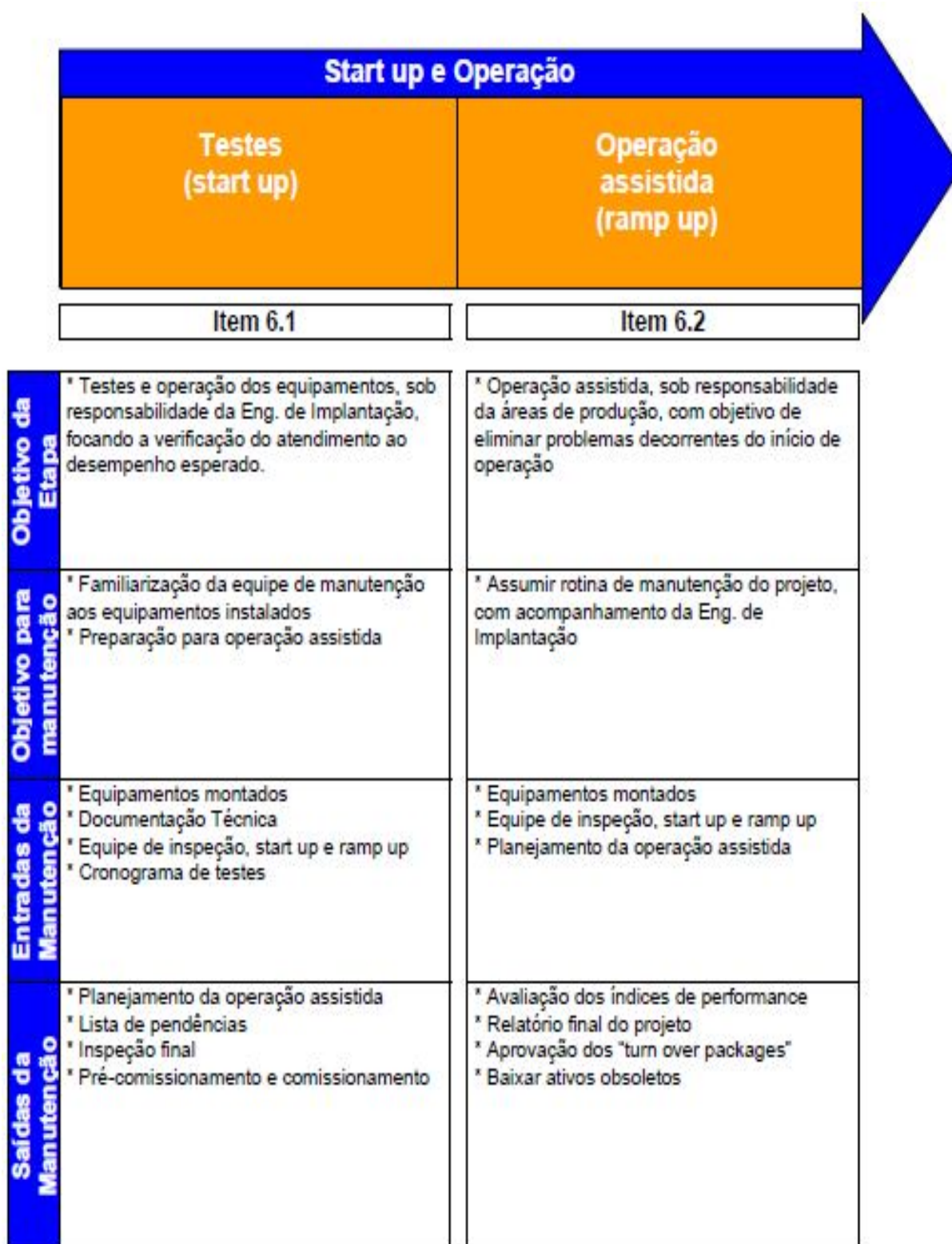
ANEXO B – Processo de Definição do Empreendimento



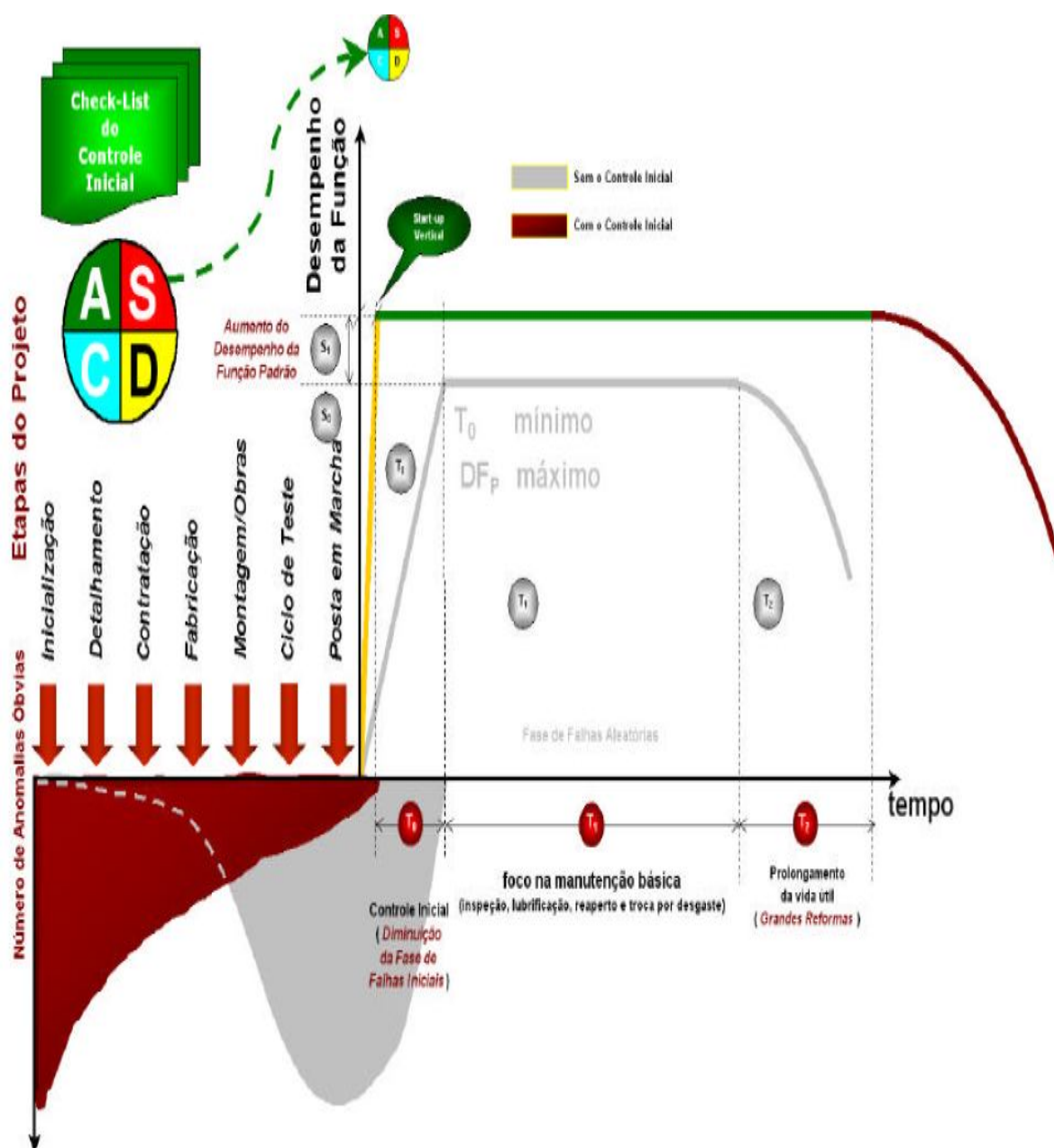
ANEXO C – Processo de Implantação do Projeto



ANEXO D – Processo de Start up e Operação

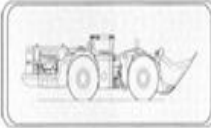


ANEXO E – Análise de Desempenho de Empreendimento



APÊNDICES

APÊNDICE A – Apresentação da Estratégia de Manutenção

TAG:		HCRI3/H		CRITICIDADE:		B							
MODELO:		TORO 007		VALOR EM ESTOQUE		R\$ 210.578,73							
ANO:		2003		META DE DF		76%							
HORAS TRABALHADAS		25.670 HS		META DE MTTR									
VALOR DO ATIVO		R\$ 1.680.000,00		META DE MTBF									
TIPO DE MANUTENÇÃO		PERIODICIDADE (HORAS)				FLEXIBILIDADE E DA MANUTENÇÃO	TEMPO DE EXECUÇÃO	Nº DE EXECUTANTES	CUSTO MATERIAL	Nº PT SISPAD	Nº PT MAXIMO	ÚLTIMA REVISÃO	
1-Preventiva de Lubrificação													
	125						(+/-)35%	03:00	1LUB	R\$ 766,96	?	PTY OFIL CR 0685	01/09/2010
	250						(+/-)35%	04:00	1LUB	R\$ 1.091,74	?	PTY OFIL CR 0687	01/09/2010
	500						(+/-)35%	05:30	1LUB	R\$ 2.551,79	?	PTY OFIL CR 0621	01/09/2010
	1000						(+/-)35%	08:00	1LUB / 1AUX	R\$ 2.759,25	?	PTY OFIL CR 0622	01/09/2010
	2000						(+/-)35%	09:00	1LUB / 1AUX	R\$ 2.759,25	?	PTY OFIL CR 0623	01/09/2010
2-Preventiva mecânica													
	125						(+/-)35%	04:23	2 MEC / 1 BOR		?	PTY OFIM CR 0621	04/10/2010
	250						(+/-)35%	05:12	2 MEC / 1 BOR		?	PTY OFIM CR 0622	04/10/2010
	500						(+/-)35%	06:52	2 MEC / 1 BOR		?	PTY OFIM CR 0623	04/10/2010
	1000						(+/-)35%	11:15	2 MEC / 1 BOR	R\$ 2.600,85	?	PTY OFIM CR 0624	04/10/2010
	2000						(+/-)35%	17:25	3 MEC / 1 BOR	R\$ 19.450,06	?	PTY OFIM CR 0625	04/10/2010
	4000						(+/-)35%	28:00	3 MEC / 1 BOR	R\$ 80.000,00	?	PTY OFIM CR 0627	04/10/2010
3-Preventiva elétrica													
	125						(+/-)35%	03:00	1ELET.		?	PTY OFIH CR 0485	15/09/2010
	250						(+/-)35%	03:30	1ELET.		?	PTY OFIH CR 0625	15/09/2010
	500						(+/-)35%	05:00	1ELET.		?	PTY OFIH CR 0626	15/09/2010
	1000						(+/-)35%	05:55	1ELET.	R\$ 3.330,05	?	PTY OFIH CR 0627	15/09/2010
	2000						(+/-)35%	07:41	1ELET.	R\$ 9.902,32	?	PTY OFIH CR 0591	15/09/2010
4-Preditiva													
Análise de óleo motor diesel	250						(+/-)35%	00:15	1LUB		?	?	01/09/2010
Análise de óleo Transmissão	500						(+/-)35%	00:15	1LUB		?	?	01/09/2010
Análise de óleo Hidráulico	500						(+/-)35%	00:15	1LUB		?	?	01/09/2010
Análise de óleo Oil Dianteiro	500						(+/-)35%	00:15	1LUB		?	?	01/09/2010
Análise de óleo Oil Traseiro	500						(+/-)35%	00:15	1LUB		?	?	01/09/2010
Análise de óleo PTO	500						(+/-)35%	00:15	1LUB		?	?	01/09/2010
Medição BLOWBY	2500						(+/-)35%	02:00	1Téc. MEC.		?	?	01/09/2010
5-Inspeção Sensitiva(Man.)													
	150						(+/-)35%	02:30	1INSPELETRON	R\$0,00	?	PTY OFIY CR 0624	01/09/2010
6-CHECK LIST de Qualidade													
	Diário pela operação ou após a uma MP						0.	00:10	1OPER/1ENC.OFC	R\$0,00	?		01/09/2010

APÊNDICE B – Folha de Rosto Plano de Manutenção de 125 hs

GERÊNCIA GERAL DE FERTILIZANTES		GAFIW									
TÍTULO: PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO FROTA TORO 007 125H Referência: PTY OFIL CR 0685				Nº		PÁGINA 01 de 02					
				CÓDIGO TREINAMENTO		REVISÃO 01/09/2010		Nº REVISÃO 00			
PROCESSO: TRANSPORTE DE MATERIAL		EQUIPAMENTO / CLASSE DE EQUIPAMENTO: CARREGADEIRA / B			TAG(S) ASSOCIADO(S): 14CR13 E 14						
RESPONSÁVEL TÉCNICO: CÍCERO SANDRO (01567545)		EXECUTANTE(S) DA ATIVIDADE (Quantidade e Especialidade): (01) LUBRIFICADOR			PORTADOR / PONTO DE USO: LUBRIFICADOR						
TEMPO-PADRÃO: 03:00H		CONDIÇÃO DE EXECUÇÃO: PARADO E DESERNEGIZADO		NATUREZA: PREVENTIVA		CLASSIFICAÇÃO: ESPECÍFICO					
RECURSOS NECESSÁRIOS (Materiais, Ferramentas e Equip):				EPI e EPC / FERRAMENTAS DE SSO e SGQA (Discriminados):				CUIDADOS ESPECIAIS / PROVIDÊNCIAS ADICIONAIS:			
FERRAMENTAS: (01) PROPULSORA DE GRAXA E ÓLEO (01) BOMBA DE GRAXA MANUAL CAP. 7 KG (01) CHAVE COMBINADA DE 32MM (01) CHAVE COMBINADA DE 3/4 (01) CHAVE COMBINADA DE 1/2 (01) CHAVE COMBINADA DE 1" (01) CHAVE COMBINADA DE 1 1/16 (01) CHAVE COMBINADA DE 7/8 (01) CHAVE COMBINADA 9/16" (01) CHAVE COMBINADA 7/16" (01) CINTA CORRENTE (01) FUNIL (01) BALDE MATERIAIS NECESSÁRIOS: (29) LITROS DE ÓLEO RIMULA R2 EXTRA 15W/40 Cod:00000857 (02) FILTRO DE LUBRIFICANTE (PN:04521030) (5) KG DE GRAXA KP2K (Cod:00001783) (01) FILTRO DE AR PRIMÁRIO (PN: 04710069 ou 55089269) (01) FILTRO DE AR SECUNDÁRIO (PN: 04710073 ou 55089274)				EPI e EPC: CAPACETE ÓCULOS DE SEGURANÇA PROTETOR AURICULAR (PLUG OU CONCHA) BOTAS DE SEGURANÇA RÁDIO TRANSCÉPTOR PORTÁTIL LUVAS MÁSCARA CONFO II CADEADO DE BLOQUEIO SSO e SGQA: APT - RG 0002 (ANÁLISE PRELIMINAR DA TAREFA) PTE - RG 0004 (PERMISSÃO PARA TRABALHOS ESPECIAIS) PRO 0015 (BLOQUEIO DE DISPOSITIVOS DE MANOBRA) PRO 0048 (LIBERAÇÃO E DEVOLUÇÃO DE EQUIPAMENTO - LDE) PGS 0016 - GAFOW (CLASSIFICAÇÃO, SEGREGAÇÃO, COLETA E ESTOCAGEM DE RESÍDUOS PARA DESCARTE)				CUIDADOS ESPECIAIS: · AVALIAÇÃO PRÉVIA DE TODOS OS RECURSOS NECESSÁRIOS: QUANTIDADE, DISPONIBILIDADE E GRAU DE CONSERVAÇÃO · ELABORAÇÃO DE APT, PTE E DE MAIS FERRAMENTAS DE SEGURANÇA E DE MEIO AMBIENTE NECESSÁRIAS À ATIVIDADE E MANEJO NO LOCAL · UTILIZAR EPI'S E EPC'S OBRIGATORIOS · COMUNICAÇÃO A TODOS OS ENVOLVIDOS E PARTES INTERESSADAS OU AFETADAS PELA EXECUÇÃO DA TAREFA · ISOLAR ÁREA PARA EVITAR ACESSO DE PESSOAS NÃO CREDENCIADAS · REGISTRAR TODOS OS DESVIOS, VALORES COLETADOS E MAIS DADOS E INFORMAÇÕES OBSERVADOS E EVIDENCIADOS DURANTE A EXECUÇÃO DA TAREFA NA PRÓPRIA ORDEM DE SERVIÇO · RESÍDUOS CONTAMINADOS COM ÓLEO E GRAXA DEVEM SER DISPOSTOS EM RECIPIENTE ADEQUADO (COR LARANJA) · EFETUAR SS NO LOCAL DE TRABALHO PROVIDÊNCIAS ADICIONAIS: PARA UMA BOA EXECUÇÃO DESTES PROCEDIMENTOS TORNA-SE NECESSÁRIO UTILIZAR O APOIO DAS INFORMAÇÕES CONTIDAS NO MANUAL DE SERVIÇO NA MÁQUINA			
RESULTADOS ESPERADOS (Descrição e Valor Agregado): MANUTENIBILIDADE E CONFIABILIDADE AUMENTO DA DISPONIBILIDADE OPERACIONAL											
PALAVRAS-CHAVE		ELABORAÇÃO		VALIDAÇÃO		HOMOLOGAÇÃO					
LUBRIFICAÇÃO; CARREGADEIRA; 14CR13 E 14 125H		CRIOADO POR: CÍCERO SANDRO		APROVAÇÃO DA ÁREA: 04/09/2010 MOISES GOUVEIA		ENGENHARIA: ROBSON VASCONCELOS		GERÊNCIA DE ÁREA: PAULO NEUJHAR			

APÊNDICE C – Plano de Manutenção de 125 hs

		GERÊNCIA GERAL DE FERTILIZANTES		GAFIW				
TÍTULO: PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO FROTA TORO 007 125H Referência: PTY OFI L CR 0685				Nº 0		PÁGINA 02 de 02		
				CODIGO TREINAMENTO		REVISÃO 01.09.2010	Nº REVISÃO 00	
PASSO		DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE (SEMPRE QUE POSSÍVEL FAÇA CROQUI)		TEMPO	DESVIOS		AÇÕES NECESSÁRIAS	
Verificações com o equipamento funcionando. OBS: Realizar verificações em local apropriado e fora da oficina.								
1	Verif.nível de óleo(SPIRAX A 140, DIFER. 34L, COMANDO FINAL 4.7 CADA) dos dif.dianteiros e comandos finais.OBS: Verif.presença de limalhas nos bujões magnéticos. COD: 0000162			0:30:00	Bujão magnético com limalhas ou nível baixo		Informar ao supervisor e na OS, completar nível	
Verificações com o equipamento desligado no dique de lavagem. OBS: Travar articulação do equipamento e bloquear-lo com cadeado dos executantes envolvidos.								
2	Lavar e soprar eqpto. OBS: Lavar estrutura e radiadores e soprar cabine. Não lavar cabine com água.			0:30:00	Falta de água		Informar ao supervisor	
3	Substituir óleo do motor (RIMULA R2 EXTRA 15V40, 23 litros). OBS: Inspeccionar óleo quanto a contaminação com água, diesel e presença de corpo estranho. COD: 00000857			0:30:00	Óleo do motor diesel contaminado		Informar ao supervisor e na OS	
4	Substituir filtro de óleo lubrificante. OBS: Inspeccionar filtro quanto a corpo estranho dentro do mesmo. Instalar filtro novo cheio. PN: 04521030. Informar horímetro no filtro.			0:20:00	Presença de corpo estranho		Informar ao supervisor e na OS	
5	Substituir filtros de ar primário e secundário. OBS: Inspeccionar filtros quanto a furos ou rasgos. FILTRO PRIM.: PN:04710068 ou 55089269, SECUN.: PN:04710073 ou 55089274. Informar horímetro nos filtros.			0:05:00	Filtro furado ou rasgado		Substituir e informar na OS	
6	Verificar nível de água do radiador. OBS: Verificar existência de contaminação e manter o registro do filtro inibidor de corrosão aberto. Não abrir tampa com o motor quente. PN FILTRO: 04521005			0:05:00	Água contaminada ou filtro furado		Informar ao supervisor e na OS	
7	Verificar óleo(RIMULA R2 30, 72L) da transmissão quanto a nível e contaminações. OBS: Verificar nível com a temp.do óleo 65 graus Celsius. COD: 00001044			0:05:00	Com vazamento ou contaminado; nível baixo		Informar ao supervisor e na OS, completar nível ou substituir	
8	Verificar nível de óleo(OMALA 320, 8 L) do PTO. OBS: Sistema não deverá ter vazamentos			0:05:00	Nível de óleo baixo		Verificar existência de vazamento e informar ao supervisor e na OS	
9	Verificar nível de óleo(TELLUS 68, 250 L) do sist. hidráulico. OBS:Verif.nível com H baixo e concha no piso. Normal, óleo no meio do visor superior. COD: 00000103			0:05:00	Óleo contaminado, nível acima ou abaixo		Corrigir anomalia.	
10	Completar nível de graxa(KP2K) do reservatório da central de lubrificação. OBS: Inspeccionar central quanto a vazamentos.			0:10:00	Central de graxa vazando		Informar ao supervisor e na OS e completar nível	
11	Verificar se os pinos dos cilindros de direção, elevação e inclinação estão bem lubrificados			0:05:00	Pinos com pouca lubrificação ou sem lubrificação devido obstrução do graseiro.		Desobstruir graseiro, informar ao supervisor e na OS.	
12	Verificar se os pinos da concha estão bem lubrificados			0:02:00	Pinos com pouca lubrificação ou sem lubrificação devido obstrução do graseiro.		Desobstruir graseiro, informar ao supervisor e na OS.	
13	Verificar se os pinos da articulação central estão bem lubrificados.OBS: Pinos superior e inferior.			0:01:00	Pinos com pouca lubrificação ou sem lubrificação devido obstrução do graseiro.		Desobstruir graseiro, informar ao supervisor e na OS.	
14	Verificar se os pinos da balança traseira estão bem lubrificados.			0:06:00	Pinos com pouca lubrificação ou sem lubrificação devido obstrução do graseiro.		Desobstruir graseiro, informar ao supervisor e na OS.	
15	Verificar lubrificação do mancal central do cardan dianteiro.			0:05:00	Pinos com pouca lubrificação ou sem lubrificação devido obstrução do graseiro.		Desobstruir graseiro, informar ao supervisor e na OS.	
16	Lubrificar eixos cardans.			0:10:00	Pinos com pouca lubrificação ou sem lubrificação devido obstrução do graseiro.		Desobstruir graseiro, informar ao supervisor e na OS.	
17	Lubrificar pinos do osso de cachorro da concha			0:05:00	Pinos com pouca lubrificação ou sem lubrificação devido obstrução do graseiro.		Desobstruir graseiro, informar ao supervisor e na OS.	
18	Lubrificar rolamento da polia da hélice do motor diesel. OBS: Lubrificar com bomba manual até sair graxa pelo sangrador. Retirar excesso para não cair nas correias.			0:01:00	Rolamento com pouca lubrificação ou sem lubrificação devido obstrução do graseiro.		Desobstruir graseiro, informar ao supervisor e na OS.	
19	Entregar OS com todos os campos preenchidos com data e hora de início e fim da preventiva.				OS faltando informações		Devolver ao executante.	