



Alexandre Kersten

**PROPOSTA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE PARA UMA JATEADORA DE
GRANALHA**

Horizontina

2014

Alexandre Kersten

**PROPOSTA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE
PARA UMA JATEADORA DE GRANALHA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Leonardo Teixeira Rodrigues. Esp.

Horizontina

2014

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“PROPOSTA DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA UMA
JATEADORA DE GRANALHA”**

Elaborada por:

Alexandre Kersten

**como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica**

**Aprovado em: 17/11/2014
Pela Comissão Examinadora**

**Especialista. Leonardo Teixeira Rodrigues
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Especialista. Valmir Vilson Beck
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Engenheiro Mecânico. Paulo A. Gubert
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina
2014**

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares, que me proporcionaram uma vida digna e justa, apoiando-me nas decisões e ajudando-me a superar desafios.

Àqueles que nunca deixaram de acreditar em minha capacidade e que sempre se fizeram presentes sonhando intensamente comigo por este momento e por um futuro melhor.

Saibam que este apoio foi fundamental para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTO

Aos amigos e colegas, que me ampararam e se fizeram presentes em momentos bons e difíceis.

À FAHOR, pela disponibilidade do ensino de qualidade.

Aos professores e funcionários da instituição, especialmente ao professor orientador Esp. Leonardo Teixeira Rodrigues, pela orientação e apoio, que resultou na concretização deste sonho.

A *John Deere* por ter concedido o espaço para realizar este trabalho.

“Os cientistas estudam o mundo como ele é,
Engenheiros criam um mundo que nunca
existiu”.

Theodore Von Karman

RESUMO

Atualmente, o cenário mercadológico retrata uma crescente e incessante busca pela satisfação dos clientes, deste modo, introduzindo direta e indiretamente a competitividade entre organizações fornecedoras de produtos ou serviços. A partir desta temática, procura-se aprimorar os processos administrativos e técnicos praticados, assegurando assim a qualidade dos produtos, minimizando desperdícios e promovendo resultados lucrativos. O objetivo deste trabalho foi propor um método de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), abordando suas etapas de implementação, para uma Jateadora de Gralha, equipamento alocado na empresa *John Deere*, organização fabricante de equipamentos agrícolas. Com isto, abordaram-se na revisão da literatura informações pertinentes à estratégia MCC, bem como, suas etapas de inserção, Jateadora de Gralha e Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA) para, posteriormente, aplicar a metodologia de pesquisa-ação, tornando explícitas as direções e parâmetros adotados pelo seu redator. Como principal resultado deste estudo, destaca-se a elaboração de um plano de manutenção centrado em confiabilidade, visando identificar e atender as etapas de implementação previamente estabelecidas. Na prática, os resultados deste trabalho estarão fomentando a busca contínua de uma estratégia de manutenção enxuta, focada em elevar a vida útil e disponibilidade dos equipamentos, através de seu monitoramento, promovendo a redução na incidência de quebras inesperadas, e exaltando o aumento da lucratividade na empresa.

Palavras-chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), Jateadora de Gralha, Análise dos Modos de Falha e Efeitos (FMEA).

ABSTRACT

Nowadays, the market scenario shows an increased demand and continuous focus to reach customers satisfaction, what introduces direct and indirectly, the competitiveness between organizations who supply products and services. Based on this theme, it has been always researched to improve the administrative and technical processes, what guarantee the product quality, minimizing rubbish and promoting profitable results. The paper objective was to propose a Reliability Centered Maintenance method (RCM), touching the implementation steps for a grit blasting, equipment allocated in the John Deere company, organization agricultural equipment manufacturer. In this literature review was touched important information about the RCM strategy, as well the insertion steps, grit blasting and Analysis of Failure Modes and Effects (FMEA) to afterword, applicant the method researched, making the directions and parameters explicit by the writer. As main result of this study, highlights the development of a maintenance plan centered on reliability, to identify and perform the implementation steps previously established. In practice, the paper results will be encouraging the continuous seek for a simple maintenance strategy, focused on increasing equipment life and uptime, through its monitoring, reducing drastically the unexpected breakage, and increasing company profitability.

Keywords: Reliability Centered Maintenance (RCM). Gritblasting. Analysis of Failure Modes and Effects (FMEA).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação da Manutenção.	16
Figura 2 - Curva Característica da Vida de Equipamentos.....	21
Figura 3 - Aplicações do JCG: Engrenagem e Mola Plana.	24
Figura 4 - Equipamento Jateadora de Granalha (JCG).....	25
Figura 5 - Etapas de Implementação MCC.	29
Figura 6 - Seleção do Sistema e Coleta de Informações.	30
Figura 7- Análise de Modos de Falhas e Efeitos.	31
Figura 8 - Diagrama de decisão referente ao tipo de atividade de manutenção recomendada.	32
Figura 9 - Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas.....	33
Figura 10 - Definição da Periodicidade das Atividades.	33
Figura 11- Determinação dos Sistemas JCG.	37
Figura 12 - Determinação dos Sistemas e Subsistemas do JCG.....	37
Figura 13 - Fronteiras, fluxo e componentes do Sistema de Jateamento.....	38
Figura 14 - Fronteiras, fluxo e componentes do Sistema de Movimentação.	39
Figura 15 - Cálculo de Paradas Corretivas JCG.	41
Figura 16 - Taxa de Falha.	42
Figura 17 - Índices de MCC.....	43
Figura 18 - Disponibilidade do Equipamento.....	44
Figura 19 - Comparativo entre Metodologia praticada pela <i>John Deere</i> e Metodologia MCC.	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sugestão para determinação do RPN.....	27
Quadro 2 - Funções de acordo com cada Subsistema.....	45
Quadro 3 - Levantamento de Falhas Potenciais e Funcionais JCG.....	46
Quadro 4 - Modos de Falhas e suas Causas.....	47
Quadro 5 - Resultado FMEA - Sistema de Jateamento.....	48
Quadro 6 - Resultado FMEA - Sistema de Movimentação.....	50
Quadro 7 - Resultado FMEA - Sistema de Jateamento e Movimentação.....	50
Quadro 8 - Modos de Falha versus Pilares MCC.....	51
Quadro 9 - Definição das Atividades de Manutenção Aplicáveis ao JCG.....	54
Quadro 10 - Custos Gerais JCG – Ano 2014.....	57
Quadro 11 - Prospecção de Custos Gerais JCG.....	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.....	14
2.1.1 Métodos de Manutenção	15
2.2 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	17
2.2.1 Parâmetros de Confiabilidade	19
2.2.2 Índices de Manutenção Centrada em Confiabilidade	21
2.3 PROCESSO DE JATEAMENTO COM GRANALHA (JCG).....	23
2.3.1 Jateadora de Granalha Automática Rösler	24
2.4 FMEA – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS	26
3. METODOLOGIA	29
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	29
3.1.1 Etapa 01: Seleção do Sistema e Coleta de Informações	30
3.1.2 Etapa 02: Estabelecimento da Base de Dados	31
3.1.3 Etapa 03: Análise de Modos de Falha e Efeito	31
3.1.4 Etapa 04: Seleção de Funções Significantes	32
3.1.5 Etapa 05: Identificação das Atividades de Manutenção Recomendadas ..	32
3.1.6 Etapa 06: Definição das Tarefas Aplicáveis e Efetivas	33
3.1.7 Etapa 07: Revisão do Programa MCC	33
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	34
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
4.1 ETAPA 01: SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES.....	35
4.1.1 Descrição Textual do Equipamento	35
4.1.2 Descrição do Contexto Operacional	36
4.1.3 Diagrama Organizacional da Hierarquia entre os Sistemas	36

4.1.4 Funcionamento e Caracterização das Fronteiras entre os Sistemas	38
4.2 ETAPA 02: ESTABELECIMENTO DA BASE DE DADOS.....	40
4.3 ETAPA 03: ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITO	44
4.3.1 Funções Desempenhadas pelo Sistema	44
4.3.2 Falhas Associadas a cada Função	45
4.3.3 Modos como as Falhas se Originam	47
4.3.4 Severidade de cada Efeito	48
4.4 ETAPA 04: SELEÇÃO DE FUNÇÕES SIGNIFICANTES	51
4.5 ETAPA 05: IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO RECOMENDADAS.....	53
4.6 ETAPA 06: DEFINIÇÃO DAS TAREFAS APLICÁVEIS E EFETIVAS	54
4.7 ETAPA 07: REVISÃO DO PROGRAMA MCC	56
5. CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICE A - FMEA	63
APÊNDICE B - PLANOS DE MANUTENÇÃO	66
APÊNDICE C - CHECK LIST.....	67

1 INTRODUÇÃO

Em virtude da persistente e incessante busca pela satisfação de seus usuários, as empresas procuram adequar seu parque de máquinas, a fim de entregar produtos e serviços que atendam requisitos estipulados por seus clientes. Deste modo, atribuem investimentos constantes na adoção de estratégias administrativas eficazes, que subsidiam a obtenção de resultados positivos.

Devido ao acréscimo na demanda produtiva e, conseqüentemente, adição de máquinas tecnologicamente avançadas, a empresa *John Deere* de Horizontina/RS, enfrenta a seguinte problemática: assegurar a confiabilidade nas estratégias de manutenção adotadas, impactando diretamente na promoção de disponibilidade em seus equipamentos e custos operacionais. Esta necessidade foi evidenciada junto à jateadora de granalha, equipamento adquirido recentemente pela empresa, o qual abrange sistemas altamente complexos, podendo apresentar falhas de diversas formas e intensidade.

A justificativa que embasa este trabalho vem de encontro à necessidade manifestada pela empresa na busca por uma estratégia de manutenção inovadora e consistente, que identifique os modos de falhas presentes na jateadora de granalha e atue sobre estes de maneira efetiva e planejada, eliminando-os posteriormente. Ainda neste contexto, busca-se a redução dos indicadores de manutenção, minimizando paradas funcionais e aumentando a vida útil do equipamento, parâmetros fortemente visados pela organização. A jateadora de granalha é considerada o equipamento piloto para o estudo desta estratégia, posteriormente, é possível estender para outros equipamentos e melhorar a forma de aplicação.

A presente monografia teve como objetivo geral, propor uma metodologia de manutenção centrada em confiabilidade para uma jateadora de granalha automática, abordando suas etapas de implementação, na elaboração de um plano de manutenção. Os objetivos específicos foram: a) compreender as funcionalidades, particularidades e índices de manutenção atuais do equipamento; b) estudar a estratégia Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e suas etapas de implementação; c) avaliar as despesas atuais hora/máquina envolvidos no processo de jateamento e prospectar custos a partir da inserção da metodologia; e d) elaborar

e propor um plano de manutenção centrado em confiabilidade, atentando para as etapas propostas pela estratégia MCC.

A importância em planejar ações e atuar com base em históricos de falhas enriquece a atividade e eleva o grau de assertividade sobre a ocorrência, fruto obtido a partir de uma gestão eficiente, centrada em confiabilidade. A partir desta metodologia, foi possível desenvolver uma visão de monitoramento inovadora sobre os modos de falha, priorização das atividades aplicáveis de acordo com sua criticidade, isto refletindo no aumento produtivo do equipamento e reduzindo os índices de manutenção que acarretam custos negativos.

Esta monografia é composta por quatro capítulos, os quais compreendem o detalhamento dos principais métodos e técnicas aplicados, a fim de solucionar a problemática identificada, e por fim, os resultados obtidos, que se mantiveram focados no cumprimento dos objetivos propostos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

No decorrer deste capítulo são abordados, de forma sucinta e objetiva, tópicos considerados de suma importância para o embasamento teórico deste trabalho. Dentre eles, destacam-se: manutenção industrial, manutenção centrada em confiabilidade (MCC), processo de jateamento e jateadora de granalha (JCG).

2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Manutenção industrial é considerada uma temática ampla, possibilitando uma abordagem subsidiada por diferentes visões e tendências. Para Xenos (2004), a atividade de manutenção é o ato de manter os equipamentos em condições originais, propícias para operação. Ainda Xenos (2004), afirma que as atividades de manutenção priorizam melhorar as condições de trabalho praticadas até então, enfatizando critérios de desempenho, confiabilidade e segurança.

Conforme Tavares (1999), a evolução e história da manutenção apresenta relação íntima com o desenvolvimento técnico-industrial praticado pela humanidade ao longo dos anos, a qual detinha importância secundária até meados de 1914, sendo geralmente realizada pelo próprio operador da máquina. Posteriormente, com a ocorrência da Segunda Guerra Mundial, passou-se a vigorar programas de produção previamente estabelecidos, desencadeando a necessidade de consolidar equipes de trabalho preparadas para atuar com foco em falhas corretivas, devendo ser realizadas em um curto espaço de tempo.

De acordo com Pinto e Xavier (2001), a manutenção pode ser dividida em três gerações:

- a) Primeira Geração: Contemplou o período da Segunda Guerra Mundial, momento em que as indústrias apresentavam baixo nível tecnológico e de infraestrutura, aderindo à confecção de equipamentos simples e, na maioria das vezes, com estrutural superdimensionado, prevalecendo a didática do conserto após a falha;
- b) Segunda Geração: Percorreu a Segunda Guerra Mundial até a década de 60, a qual foi marcada pelo forte aumento da mecanização industrial, elevados custos com manutenção, transparecendo a necessidade de praticar sistemas de gestão sobre a manutenção. O fato de realizar

manutenções com intervalos fixos ocasionavam o aumento de custos com a atividade, provindos da substituição de componentes sem necessidade, desencadeando um olhar voltado para sistemas planejados de intervenções;

- c) Terceira Geração: Estendeu-se da década de 70 até a atualidade, período fortemente marcado por exigências de clientes, voltadas à qualidade, prazo e preço, fazendo com que a gestão e planejamento sobre as atividades tornarem-se enxutas e plenamente calculadas, evitando paradas de produção inesperadas e agregando maior índice de confiabilidade sobre a operação. Para Siqueira (2005), a terceira geração foi marcada pelo acréscimo de exigências de mercado, enfatizando a busca pelo aumento de vida útil, disponibilidade dos equipamentos, além da garantia de efetividade, resultando em qualidade final entregue ao cliente e o cumprimento de prazos.

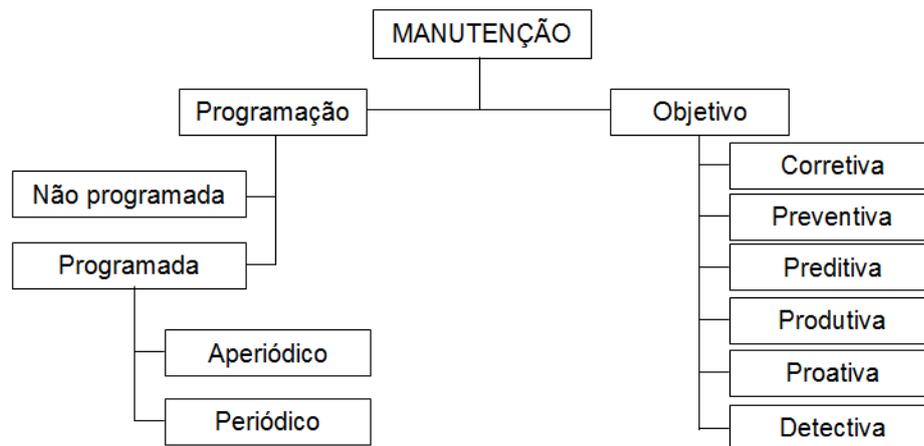
2.1.1 Métodos de Manutenção

As empresas estão sendo desafiadas a adotar metodologias de manutenção eficientes e capazes de assegurar a confiabilidade de seus equipamentos, tendendo a elevar sua vida útil, para assim proporcionar maior disponibilidade, assegurando qualidade, além da redução de custo e aumento da lucratividade, parâmetros intensamente almejados pelas instituições.

Conforme Oliveira e Ribeiro *apud* Seeling (2010), a má administração das técnicas de manutenção resulta no aumento de gastos, centrando os contingentes disponíveis para minimizar as falhas inesperadas. Em contrapartida, quando praticado uma gestão de manutenção eficaz, faz-se possível maximizar a disponibilidade dos equipamentos, enfatizando a *performance* e a segurança da operação.

Segundo Siqueira (2005), as atividades de manutenção têm sido classificadas de acordo com sua programação e seu objetivo. A seguir, a Figura 1 descreve as subdivisões das manutenções praticadas atualmente, ambos correlacionados entre si.

Figura 1 - Classificação da Manutenção.



Fonte: Siqueira, 2005, p. 12.

Os três métodos de manutenção com maior aplicabilidade dentro das organizações são, a manutenção corretiva, a preventiva e a preditiva. Para Xenos (2004), manutenção corretiva sempre é realizada após a ocorrência da falha, seguido de fatores que acabam desmerecendo a adoção de tal prática, como por exemplo:

- Perdas por parada de produção;
- Elevado custo de reparo e estocagem de peças para reposição;
- As quebras ocorrem de forma inesperada, impossíveis de serem previstas;
- Falta de qualificação de mão de obra para identificar a causa raiz do problema.

Para Tavares (1999), a manutenção corretiva ao passar dos anos apresenta uma curva configurada de forma ascendente, resultado da diminuição da vida útil dos equipamentos, perdas produtivas, alavancada adoção de sobressalentes, acréscimo no pagamento de horas extras para funcionários, aumento no risco de acidentes e redução participativa no mercado do ramo.

A manutenção preventiva é um conjunto de ações preventivas executadas em intervalos fixos – ações preventivas baseadas no tempo – ou de acordo com critérios preestabelecidos – ações preventivas baseadas na condição – com o objetivo de reduzir ou eliminar a incidência de falhas ou a degradação das funções de um equipamento. (XENOS, 2004, p.135).

A manutenção preventiva planejada sob o aspecto de disponibilidade e confiabilidade reduz as interrupções imprevistas da produção e melhoram a ocupação da mão de obra, acarretando uma melhor metodização da manutenção, estabelecendo padrões de conservação, subsidiados pelo fabricante dos equipamentos em discussão (TAVARES, 1999).

A manutenção preventiva pode ser subdividida de acordo com o tempo ou estado do equipamento, aponta Tavares (1999). A mesma compreende atividades preventivas pré-estabelecidas através de uma programação, previstas em unidades calendário (dia, mês, ano). Já as manutenções preventivas por estado, praticam serviços em função das condições operativas do equipamento.

E por fim, a manutenção preditiva, a qual é diretamente associada à prática de intervenção justificada a partir de alterações nos parâmetros estruturais ou de desempenho do equipamento, cujo estava sendo monitorado atentando padrões sistemáticos de avaliação, evidencia Pinto e Xavier (2001).

A manutenção preditiva, a qual permite otimizar a troca de peças ou reforma de componentes e estende o intervalo de manutenção, permitindo prever quando estes estarão próximos de seu limite de vida útil, destaca Xenos (2004). Esta metodologia torna-se viável financeiramente no momento em que dispõe-se de um parque fabril com equipamentos de grande porte e altamente tecnológicos, os quais exigem monitoramento especializado para que permaneçam operantes.

Ainda no método preditivo, Tavares (1999), salienta que trata-se de monitorar o comportamento praticado por um determinado conjunto ou equipamento durante sua operação produtiva. Este método é aplicável em equipamentos prioritários, os quais apresentam elevado nível de criticidade perante o processo ou atividade que desempenham, exigindo cuidados diferenciados de monitoramento.

2.2 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

A metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é capaz de fornecer um método estruturado para selecionar as atividades de manutenção úteis e condizentes com a realidade vivenciada pela organização. Além de introduzir estes conceitos, a MCC procura atribuir definições precisas aos objetivos de manutenção, acarretando a otimização da disponibilidade, atuando de acordo com os modos de

falha, restauração de sua confiabilidade e segurança defasada após a deterioração (SIQUEIRA, 2005).

A manutenção centrada em confiabilidade é uma metodologia ou procedimento usado na Engenharia de Confiabilidade para análise nas falhas de equipamentos e seus defeitos, e as providências que devem ser tomadas para adequar a manutenção a esta análise que visa reduzir tarefas de manutenção e adequar programas de manutenção preventiva para a realidade. Sigla MCC (RCM). (FILHO, 2006, p. 75).

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), a eficácia da MCC consiste em atribuir íntima conexão entre etapas e funções indispensáveis ao programa, sendo elas: a) Estreito envolvimento entre a massa envolvida (engenheiros, técnicos de manutenção, operadores), reproduzindo um ambiente de engenharia simultânea; b) Priorização no entendimento da origem e consequência das falhas; c) Análises abrangentes, avaliando parâmetros vinculados ao meio ambiente, segurança, custos e operação; d) Enfatizar atividades proativas (atividades preventivas e preditivas); e) Foco em falhas ocultas, que comprometem a integridade do sistema.

A MCC trata-se de uma metodologia sistemática, a qual está focada em otimizar as tarefas de manutenção, a partir da minimização de modos de falhas existentes em um determinado equipamento. A MCC é suportada por sete questionamentos fundamentais, citados a seguir. Todos devem estar claramente descritos e documentados para propiciar resultados satisfatórios no local que está sendo implementado, destaca Siqueira (2005).

- I. Quais as funções do equipamento e os padrões de desempenho associados?
- II. Como o sistema pode falhar ao realizar essas funções?
- III. O que pode causar a falha funcional?
- IV. O que acontece quando uma falha ocorre?
- V. Quais podem ser as consequências, quando houver ocorrência da falha?
- VI. O que pode ser feito para detectar e prevenir a ocorrência da falha?
- VII. O que deverá ser feito se uma tarefa de manutenção não pode ser identificada?

A chave para o sucesso na implementação do MCC, está diretamente relacionada com o nível de clareza e objetividade aplicado durante o tratamento

destas questões, pois cada questionamento anteriormente mencionado vincula-se a cada uma das etapas que compõem a estratégia.

Segundo Pinto e Xavier (2001), a MCC subdivide a programação das atividades em quatro classes, conforme seu nível de programação, sendo elas: a) Atividades direcionadas por tempo: A execução deve ser realizada a partir de ciclos operacionais, sendo aplicáveis para falhas com desgaste progressivo; b) Atividades direcionadas por condição: Ações direcionadas para modos de falhas evolutivos, os quais podem ser detectados e medidos; c) Atividades direcionadas por falha: Aplicado para desvendar os eventos de falhas ocultas, visando prevenir sua expansão; d) Atividades orientadas para operação: Procura satisfazer o processo de itens consumíveis, devido sua simplicidade, pode ser manuseada pela equipe operacional.

Pinto e Xavier (2001), por sua vez, classificam as atividades não programadas em dois critérios: a) Atividade de correção de defeitos: Realizada no momento em que se depara com o estágio de deterioração funcional, visando corrigir imediatamente a falha identificada; b) Atividade de correção de falhas: Ações realizadas após o surgimento do defeito, enfatizando o reparo do mesmo.

2.2.1 Parâmetros de Confiabilidade

Segundo Pinto e Xavier (2001), confiabilidade trata-se da probabilidade que um determinado equipamento ou item possui em desempenhar suas especificações às quais foi projetado, dentro de um intervalo de tempo estipulado, atuando em condições próprias de uso. Para Nepomuceno (1989), a confiabilidade de um sistema ou produto, é resultado do grau de confiabilidade individual desempenhado em cada componente ali situado.

Para Pinto e Xavier (2001), a confiabilidade de um equipamento é representada a partir da seguinte distribuição exponencial, Equação (01):

(01)

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

Onde:

R(t): Confiabilidade em qualquer tempo t;

- e: Base de logaritmos neperianos ($e= 2,303$);
 λ : Taxa de falhas (número total de falhas por período de operação);
 t: Tempo previsto de operação.

As falhas ou faltas podem ser classificadas do ponto de vista de confiabilidade em: funcionais e potenciais. Falhas funcionais estão ligeiramente atribuídas àquelas que ocasionam incapacidade de um item exercer sua função, esta previamente delimitada em seu projeto. Já as falhas potenciais, estão relacionadas às condições identificáveis e mensuráveis, permitindo prever e monitorar sua ocorrência, afirma Siqueira (2005).

Falha ou falta, consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item de desempenhar uma função requerida ou esperada. Complementando esta definição, as falhas podem ser classificadas sob vários aspectos, tais como, origem, extensão, velocidade, manifestação, criticidade, ou idade (SIQUEIRA, 2005, p. 51).

Conforme Pinto e Xavier (2001), a taxa de falhas nada mais é que o número total de falhas por período de operação, podendo ser expressa a partir da expressão descrita a baixo, Equação (02):

(02)

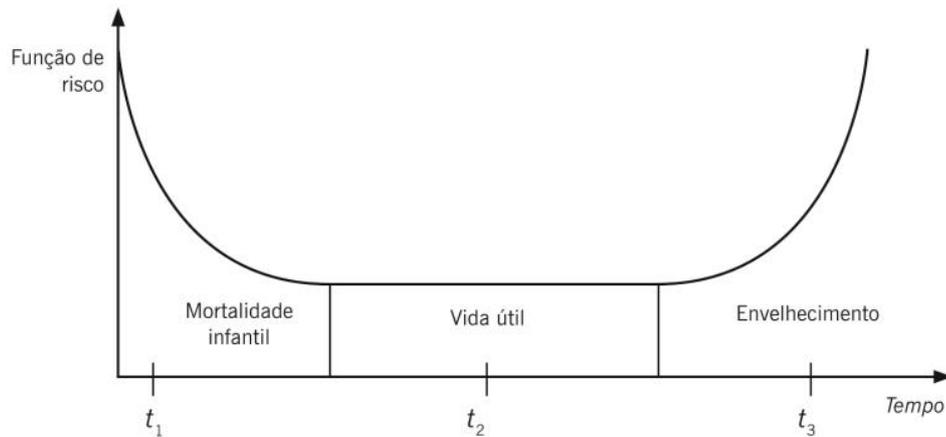
$$\lambda = \frac{\text{Número de Falhas}}{\text{Número Total de Horas de Operação da Unidade}}$$

Onde:

λ : Taxa de falhas.

A taxa de falha desempenhada por um equipamento ou sistema apresenta períodos e comportamentos característicos, enfatiza Fogliatto e Ribeiro (2009). Os comportamentos típicos presentes durante sua vida útil encontram-se representados na figura a seguir.

Figura 2 - Curva Característica da Vida de Equipamentos.



Fonte: Fogliatto e Ribeiro, 2009, p. 99.

Conforme Fogliatto e Ribeiro (2009), a mortalidade infantil ocorre logo na largada produtiva do equipamento, ou seja, as falhas geralmente são causadas por defeitos de fabricação, projeto ineficiente ou até mesmo, instalação incorreta. O segundo estágio é nomeado de vida útil do equipamento, fase destinada para execução da atividade a qual foi projetado. Nesta etapa, as ocorrências são oriundas de fatores menos controláveis, destacando a corrosão de componentes ou a fadiga proveniente do uso repetitivo em uma determinada situação.

O terceiro estágio pode ser designado como envelhecimento ou degradação natural de componentes, momento em que as falhas tendem a aumentar variando com o uso do equipamento. Esta etapa pode ser tratada no momento em que for aplicada uma gestão de manutenção eficiente, fazendo com que o equipamento se detenha a exercer a fase aleatória de paradas.

2.2.2 Índices de Manutenção Centrada em Confiabilidade

Todo e qualquer equipamento alocado em um parque fabril ocupa um grau de criticidade perante a operação em que se encontra inserido, geralmente determinado pela importância que este atribui ao processo. Para Tavares (1999), os equipamentos ou conjuntos podem ocupar três classes distintas:

- Classe A: Destinada para equipamentos ou conjunto, cuja parada afeta diretamente o processo produtivo, interrompendo o faturamento;

- Classe B: Aplicado para equipamentos ou conjuntos participantes do processo, porém sua parada não afeta a produtividade, existindo uma segunda opção para direcionar a atividade;
- Classe C: Equipamentos os quais não têm participação direta com a atividade que está sendo executada, ou seja, caso ocorra uma falha, não compromete o desempenho produtivo total.

Conforme Pinto e Xavier (2001), Tempo Médio entre Falhas (MTBF ou TMEF) é obtido a partir da divisão do somatório das horas disponíveis do sistema para a operação, pelo número de intervenções aplicadas neste período junto ao mesmo. A Equação (03) simboliza o índice de MTBF ou TMEF, sendo expresso a seguir:

(03)

$$\text{MTBF ou TMEF} = \frac{T1 + T2 + T3 + T4 + \dots + TN}{N}$$

Onde:

T1, T2, T3, T4 ...TN: Horas disponíveis para operação;

N: Número de intervenções neste período.

Segundo Pinto e Xavier (2001), Tempo Médio para Reparo (MTTR ou TMPR) é obtido a partir da divisão do somatório de horas que o equipamento encontrou-se indisponível produtivamente, pelo número de intervenções transcorridas neste período. A Equação (04) detalha o índice de MTTR ou TMPR.

(04)

$$\text{MTTR ou TMPR} = \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + \dots + tN}{N}$$

Onde:

t1, t2, t3, t4 ...tN: Horas de indisponibilidade do equipamento;

N: Número de intervenções neste período.

A disponibilidade (A) parte da associação entre o tempo total em que o equipamento ficou disponível para operação, em relação ao tempo total da operação. A disponibilidade de um sistema ou equipamento pode ser determinado, a partir da seguinte Equação (05):

(05)

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Onde:

A: Disponibilidade do equipamento;

MTBF: Tempo médio entre falhas;

MTTR: Tempo médio de reparo.

A disponibilidade é a relação entre o tempo em que o equipamento ou instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total. O TMR - Tempo Médio para Reparo, de modo resumido, depende: da facilidade do equipamento ou sistema a ser mantido; da capacidade profissional de quem faz a intervenção; da característica de organização e planejamento da manutenção. A disponibilidade é função da confiabilidade e da manutenibilidade. (PINTO; XAVIER, 2001, p. 103).

Pinto e Xavier (2001), ainda destacam que a disponibilidade também pode ser vista como sendo o período no qual o equipamento ou o sistema está disponível para operação.

2.3 PROCESSO DE JATEAMENTO COM GRANALHA (JCG)

O jateamento com granalha (JCG) é considerado um processo a frio, o qual basicamente compreende a projeção de granalhas sob um regime confinado e alta velocidade na direção das superfícies que se deseja trabalhar (*WHEELABRATOR GROUP apud CALLE, 2009*).

De acordo com Neto (2005), jateamento é o método mais eficaz para a remoção de resíduos de superfícies, tipo carepas e cascas de fundição soltas de laminação, regiões oxidadas e tintas envelhecidas. Conforme o catálogo técnico da *Cym Materiales* (2014), o jateamento é classificado como uma técnica de tratamento superficial por impacto, capaz de promover um excelente grau de limpeza, vinculado à obtenção de um acabamento superficial diferenciado. Este processo em geral é usado para:

- a) Limpeza de peças fundidas;
- b) Decapagem mecânica;
- c) *Shot-Peening* (proporciona o aumento da resistência à fadiga de molas, elásticos, engrenagem, entre outros);

- d) Limpeza e preparação de superfície, onde será aplicado revestimento posterior.

Figura 3 - Aplicações do JCG: Engrenagem e Mola Plana.



Fonte: *Whee Labrator Group apud Calle, 2009, p.11.*

A Figura 3 apresenta aplicações do Jateamento com Granalha. Durante o processo de jateamento ocorre a remoção de material, fato este decorrido, a partir do choque mecânico entre as partículas abrasivas *versus* a peça a ser tratada, fazendo com que a superfície da peça traduza o formato da partícula abrasiva utilizada (GRANALHAS TUPY, 2014).

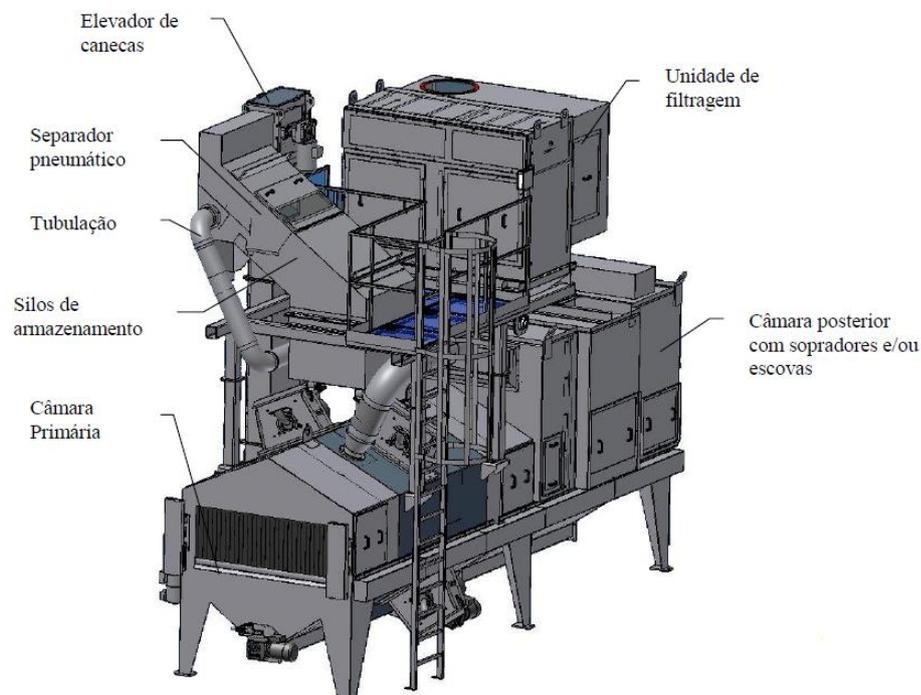
2.3.1 Jateadora de Granalha Automática Rösler

Jateadora de Granalha Automática Rösler é um equipamento de elevado porte, destinado para tratar peças utilizando granalhas metálicas associadas com acelerações mecânicas. O catálogo técnico da *Cym Materiales (2014)*, propõe a estruturação do equipamento em seis sistemas básicos, os quais servirão para avaliações posteriores, no decorrer do trabalho, sendo ele:

- I. Sistema de aceleração da granalha;
- II. Sistema de circulação e limpeza da granalha;
- III. Cabine;
- IV. Sistema de coleta de pó;
- V. Sistema de movimento e fixação da peça;
- VI. Controles e Instrumentação.

O funcionamento de uma seção de jateamento quando avaliada criteriosamente torna-se uma tarefa complexa. Para tanto, o Manual Operacional Rösler (2014), descreve de modo superficial o funcionamento e particularidades do processo. Inicialmente, o material a ser tratado é depositado sobre os *transfers*, os quais atuam como *buffer*, alojando e abastecendo a esteira de roletes, então o material a ser tratado é transportado até a primeira seção, denominado jateamento para posteriormente seguir até a câmara de repouso ou retirada.

Figura 4 - Equipamento Jateadora de Granalha (JCG).



Fonte: Rösler, 2014.

Durante a etapa de jateamento, são disparadas partículas abrasivas na direção do material, a fim de remover oxidações superficiais, elevar a densidade do material e retirar rebarbas provindas de processos anteriores. As partículas sofrem aceleração ocasionada por turbinas posicionadas perpendicularmente ao longo da seção de jateamento, direcionando os abrasivos na direção em que o material irá transitar.

Depois de expelidas, as partículas abrasivas são submetidas a uma espécie de peneiramento, onde com o uso de sopradores e peneiras, separam-se as granalhas das impurezas originadas com o processo para uma posterior reutilização

das mesmas. Feito isto, os abrasivos retornam por meio de roscas transportadoras e elevador de canecas até um compartimento fechado, chamado silos de armazenamento, onde permanecerão confinadas até serem consumidas novamente pelas turbinas de aceleração e reiniciar o ciclo de jateamento.

2.4 FMEA – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS

A Análise dos Modos de Falhas e Efeitos (FMEA) é considerada uma técnica destinada para elaboração de diagnósticos sobre uma determinada problemática, através da composição de um procedimento aplicado no desenvolvimento e execução de projetos e serviços, permitindo assim, mapear a atividade, identificar particularidades e atuar na causa raiz, as quais possam afetar seu desempenho, enfatiza Palady (1997).

Atualmente, nos deparamos com vários tipos de FMEA, sendo que estes distinguem-se entre si ao avaliar suas áreas de atuação, fazendo com que sejam aplicados especificamente para a atividade ou serviço que se deseja monitorar. A seguir, serão abordados alguns tipos de FMEA e suas características (PALADY, 1997).

- a) FMEA de Projeto - DFMEA (*Design Failure Modes and Effects Analysis*): aplicado na análise de produtos antes de serem manufaturados, é movido pela busca de falhas atuantes em projetos ineficientes.
- b) FMEA de Processo - PFMEA (*Process Failure Modes and Effects Analysis*): aplicado na análise do processo que engloba a manufatura do produto, este é destinado para transparecer falhas potenciais ou existentes na etapa processual.

A diferença básica que prevalece entre os dois modelos apresentados são os objetivos traçados, pois na maioria das situações devem-se buscar resultados já pensando no impacto para as duas modalidades, a fim de não comprometer a execução e o sucesso individual, destaca Palady (1997).

Conforme Palady (1997), todo e qualquer tipo de FMEA deve conter cinco elementos básicos em sua estrutura, assegurando sua eficácia e coerência nos resultados, sendo eles:

- a) Planejando o FMEA;
- b) Modos de Falha – Causa – Efeito;

- c) Ocorrência – Severidade – Detecção;
- d) Interpretação;
- e) Acompanhamento.

É de extrema importância ressaltar que a elaboração do FMEA deve ser executada por times multidisciplinares, ou seja, integrantes das mais variadas áreas internas vinculadas à atividade.

O FMEA é incumbido de identificar modos de falhas já conhecidos, bem como, fontes potenciais a ocasionar eventos inesperados. Para tanto, o FMEA aplica a temática que delimita as prioridades de avaliação, dentre elas destacam-se: severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). O RPN (*Risk Priority Number*), ou medida de risco do FMEA é obtido, a partir da multiplicação direta dos valores adquiridos nestes parâmetros, sendo que a recomendação para análise será dos valores que RPN >100, assim descrevem Fogliatto e Ribeiro (2009).

Quadro 1 - Sugestão para determinação do RPN.

Componente do NPR	Classificação	Peso
FREQUÊNCIA DA OCORRÊNCIA F	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
GRAVIDADE DA FALHA G	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
DETECTABILIDADE D	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
ÍNDICE DE RISCO NPR	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1.000

Fonte: Pinto; Xavier, 2001, p.116.

O FMEA, como qualquer ferramenta da qualidade quando bem aplicada e monitorada, reflete claramente em benefícios para o cliente e a organização, sob a forma de redução de custos com as falhas, fato este que exige investimentos para

assegurar custos de prevenção e avaliação da atividade. Os custos envolvendo prevenção e avaliações de FMEA são consideráveis, fato este que promove o sucesso quando uma empresa associa ferramentas sólidas de gestão à mão de obra qualificada ou fracasso quando a atividade passa a ser desleixada, não existindo acompanhamento direto.

3. METODOLOGIA

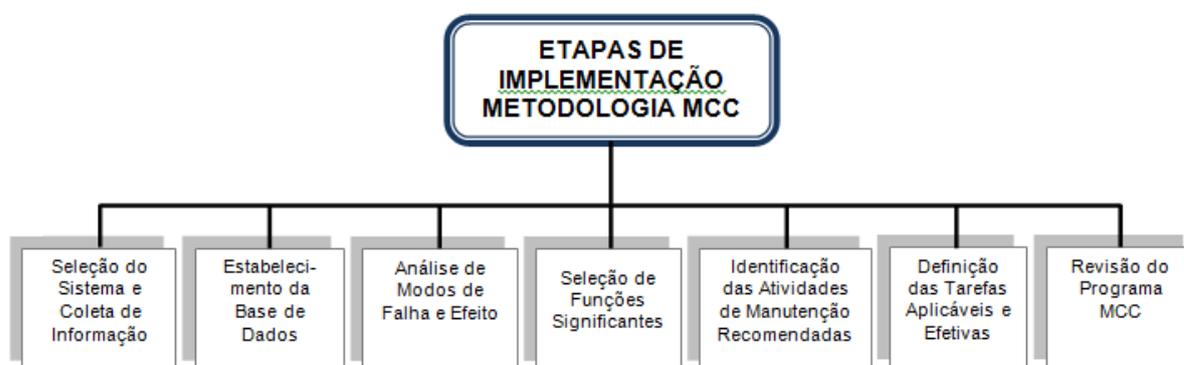
Este capítulo aborda a metodologia de manutenção centrada em confiabilidade proposta por Siqueira (2005), associada com Fogliatto e Ribeiro (2009), deste modo, conduzindo ao cumprimento dos objetivos previstos neste estudo e obtenção dos resultados.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

O presente trabalho foi elaborado aplicando a metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em um jato com granalha automático. Para tanto, avaliou-se o processo de jateamento, a máquina em si e a gestão de manutenção praticada pelo departamento de manutenção da empresa *John Deere* de Horizontina/RS. O presente estudo será associado a um projeto piloto, pois servirá de embasamento para planos de manutenção e avaliações futuras, permitindo expandi-lo para outros equipamentos, caso a proposta for aceita.

Para atender aos objetivos descritos nas etapas anteriores e solucionar a problemática identificada, submeteu-se as etapas de implementação da MCC propostas por Siqueira (2005) e aprimoradas por Fogliatto e Ribeiro (2009). Para tanto, partiu-se do método de pesquisa-ação, no qual abordaram-se sete etapas bem definidas, as quais se encontram descritas na Figura 5.

Figura 5 - Etapas de Implementação MCC.



Fonte: Adaptado de Siqueira, 2005, p.19.

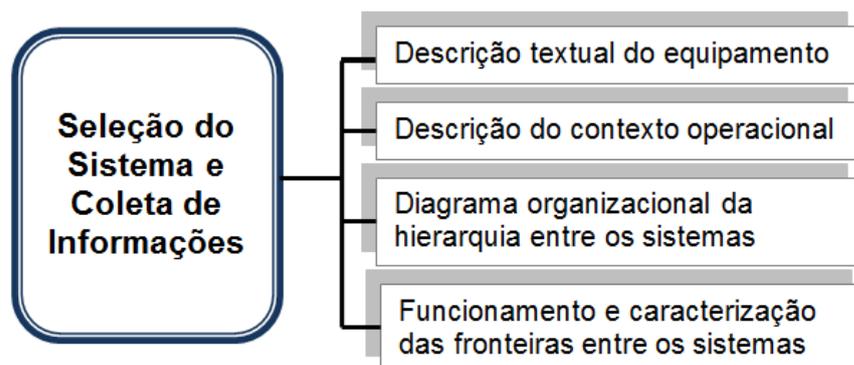
Para fins de auxílio e análise detalhada sobre os sistemas aqui representados, aplicou-se a ferramenta de qualidade FMEA de produto, capaz de atribuir níveis de prioridades sobre as atividades, conforme sua criticidade, promovendo agilidade e clareza na identificação de falhas, para posterior tomada de decisões.

Os resultados obtidos ao longo das etapas, foram frutos de uma conexão bem sucedida entre a engenharia de manutenção, engenharia de processos, interligada ao fabricante da jateadora de granalha. Estas etapas metodológicas estão expandidas e aprimoradas no decorrer do capítulo 4.

3.1.1 Etapa 01: Seleção do Sistema e Coleta de Informações

Esta etapa objetiva identificar e documentar o sistema que está sendo estudado, descrevendo o comportamento funcional praticado pelo sistema, definindo seu contexto operacional, e apontando as fronteiras existentes entre cada subsistema, destaca Siqueira (2005) na Figura 6.

Figura 6 - Seleção do Sistema e Coleta de Informações.



Fonte: Adaptado de Siqueira, 2005, p.19.

Fogliatto e Ribeiro (2009), complementam esta etapa com a determinação do comitê e equipes de trabalho para gerenciar o programa MCC. As sub-etapas descritas na Figura 6, passam a ser abordadas de forma detalhada junto ao contexto da Etapa 01 de Implementação da MCC, descritas no capítulo 4.

3.1.2 Etapa 02: Estabelecimento da Base de Dados

O banco de dados possibilita estudos formais de confiabilidade, induzindo a estimativa de taxas de falhas e priorização de componentes, afirmam Fogliatto e Ribeiro (2009).

A Etapa 02 é destinada a coleta de informações pertinentes às paradas corretivas transcorridas junto ao equipamento durante o período de avaliação e aplicadas em cálculos, definindo os índices de MCC do equipamento. A Etapa 02 está abordada com maior detalhamento junto ao capítulo 4.

3.1.3 Etapa 03: Análise de Modos de Falha e Efeito

Faz-se necessário nesta etapa, identificar e registrar as particularidades mapeadas ao longo da atividade, bem como, suas funções e modos de falha, compreendendo os mais adversos efeitos produzidos a partir destes. Estes fundamentos servem de base para uma posterior aplicação de ferramentas de análise, que proporciona nitidez e objetividade aos resultados, ressalta Siqueira (2005).

Figura 7 - Análise de Modos de Falhas e Efeitos.



Fonte: Adaptado de Siqueira, 2005, p.20.

As sub-etapas descritas na Figura 7, passam a ser discutidas de forma discriminada junto ao contexto da Etapa 03 de Implementação da MCC, expostas no capítulo 4.

3.1.4 Etapa 04: Seleção de Funções Significantes

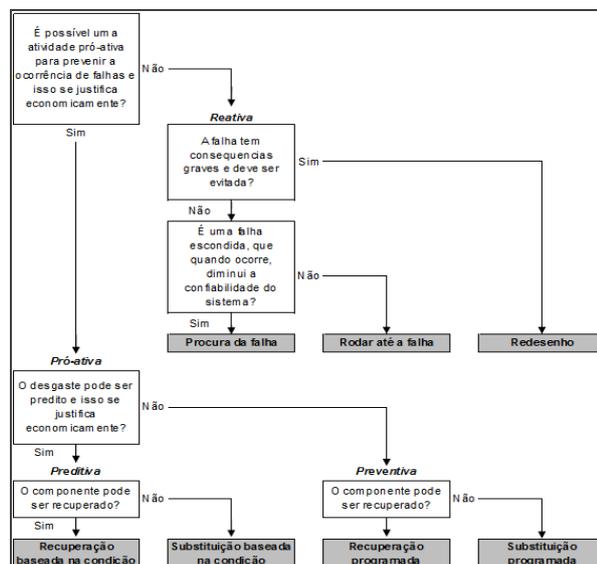
Torna-se aplicável nesta etapa, a matriz de falhas criada na etapa anterior, permitindo assim, estipular o nível de significância com relação aos pilares de sustentação da MCC: Segurança, Meio Ambiente, Operação e Economia do Processo. Ao longo desta etapa, faz-se uso do estudo de severidade praticado na etapa anterior, subsidiando a avaliação e determinação da priorização das funções significantes identificadas (SIQUEIRA, 2005).

A Etapa 04 é aprimorada nos resultados deste estudo.

3.1.5 Etapa 05: Identificação das Atividades de Manutenção Recomendadas

Nesta etapa, faz-se necessário apresentar e discutir juntamente com o comitê de MCC, os modos de falhas identificados, associando-os com as possíveis atividades de manutenção aplicadas. É neste momento que se identifica a melhor estratégia de manutenção a ser seguida, de acordo com o seu modo de falha. Para tanto, aplicou-se o fluxograma descrito a seguir (Figura 8), proposto por Fogliatto e Ribeiro (2009), que induz a adoção das técnicas de manutenção cabíveis de forma lógica e aplicada.

Figura 8 - Diagrama de decisão referente ao tipo de atividade de manutenção recomendada.



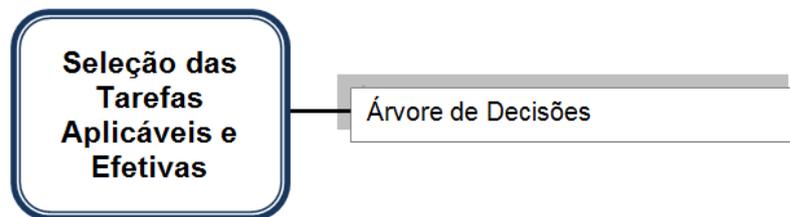
Fonte: Fogliatto; Ribeiro, 2009, p. 230.

A Etapa 05 é aprimorada nos resultados deste estudo, capítulo 4.

3.1.6 Etapa 06: Definição das Tarefas Aplicáveis e Efetivas

Esta etapa aborda a adoção da Árvore de Decisão, destinada a classificação das consequências de cada modo de falha, para em seguida submetê-los a uma Lógica de Decisão, promovendo assim, a criação de um plano de manutenção consistente e aplicável.

Figura 9 - Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas.



Fonte: Adaptado de Siqueira, 2005, p.23.

As etapas abordadas na Figura 9, passam a ser discutidas de forma discriminada junto ao contexto da Etapa 06 de implementação da MCC.

3.1.7 Etapa 07: Revisão do Programa MCC

Etapa responsável por estabelecer metas e indicadores ao sistema operacional do equipamento e estudar o cumprimento dos índices de manutenção durante as atividades, Figura 10. Para tanto, aplica-se a seguinte atividade, conforme descreve Siqueira (2005).

Figura 10 - Definição da Periodicidade das Atividades.



Fonte: Adaptado de Siqueira, 2005, p.23.

Partindo deste princípio, Siqueira (2005), e Fogliatto e Ribeiro (2009) conceituam o tópico mencionado na Figura 10.

Estabelecimento de metas e indicadores: Elemento chave para o gerenciamento da MCC, aplicando indicadores que traduzem o comportamento da atividade de forma coerente, permitindo ajustes durante a jornada.

A etapa descrita na Figura 10, está debatida com intervenções pontuais junto ao contexto da Etapa 07 de implementação da MCC.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os subsídios adotados para embasar a monografia em questão provieram do emprego de *softwares* e sistemas específicos adotados pela companhia *John Deere*, tais como:

SAP (*Systems, Applications and Products in Data Processing*): Software disponível na empresa para uso comum em planejamentos produtivos e programação de atividades de manutenção. Serviu para agrupar e fornecer o histórico de eventos ocorridos juntamente ao equipamento no decorrer do período delimitado para o estudo.

Ainda nesta linha de raciocínio, a ferramenta concedeu informações quantitativas e qualitativas dos eventos ocorridos, fornecendo um grau de detalhamento primordial para a elaboração do trabalho, dentre elas: horas máquina operante, horas máquina inoperante, modos de falhas, horas técnico, entre outros.

DFMEA (*Design Failure Modes and Effects Analysis*): Ferramenta da qualidade aplicada para identificar e categorizar os modos de falhas encontrados junto ao equipamento em estudo.

O DFMEA auxiliou também na elaboração do plano de manutenção, pois a partir da categorização dos modos de falhas, puderam-se priorizar as falhas com maior RPN, atacando-as com o plano de manutenção. Procurou-se adotar um modelo similar aplicado junto a *John Deere* e submetê-lo baseado em uma avaliação acadêmica.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo, são abordadas as análises e os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade proposta por Siqueira (2005), associada com Fogliatto e Ribeiro (2009), citada no capítulo anterior.

4.1 ETAPA 01: SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES

4.1.1 Descrição Textual do Equipamento

O equipamento jateadora de granalha tem a função primária de remover imperfeições em peças brutas (rebarbas e oxidações), alojadas na superfície. Tal remoção ocorre a partir da aceleração de partículas metálicas denominadas granalhas, aplicadas no item a ser tratado, promovendo, o desalojamento das camadas indesejadas.

Uma das funções secundárias atribuídas ao equipamento, prevista durante o processo, é a eventual necessidade de tratar itens produtivos, que já haviam sido jateados e submetidos a processos posteriores, como por exemplo, o de pintura, e surge a exigência de retrabalhar estes itens.

O comitê de gerenciamento das atividades do MCC foi estruturado atendendo a seguinte divisão:

- a) Líder do MCC: Facilitador;
- b) Engenharia de Manutenção e departamento técnico: Supervisor, engenheiro e técnicos de manutenção;
- c) Departamento produtivo e segurança: Supervisor de produção, operadores envolvidos e representantes da segurança.

Atribuiu-se ao equipamento os seguintes níveis de criticidade, de acordo com a avaliação efetuada pelo comitê de gerenciamento do MCC:

- Produção: Crítica B. Plano de contingência é direcionar o processo de jateamento para o equipamento jateadora com granalha antiga;
- Manutenção: Crítica B. Plano de contingência foca em utilizar peças da jateadora de granalha antiga, quando similares;

- Segurança: Crítica B. Vinculado à severidade da operação e a reprodução de ruídos agressivos decorrentes da operação;
- Meio Ambiente: Crítica C. Baixo nível de impacto ao meio ambiente, assegurado pelo confinamento dos agentes abrasivos apenas na câmara interna do equipamento.

4.1.2 Descrição do Contexto Operacional

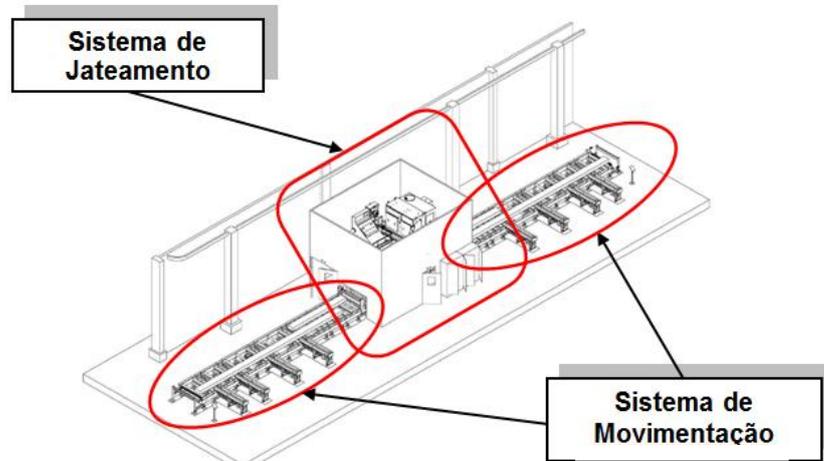
A empresa *John Deere* Horizontina/RS durante o período de avaliação, operou diariamente sob um regime produtivo de 2 turnos, cada um equivalente a 8,8 horas diárias de operação, durante os 30 dias do mês, destes, para fins de cálculos avaliativos, foram considerados 22 dias úteis por mês.

Basicamente, a jateadora de granalha Rösler é incumbida de jatear longarinas metálicas com dimensões avantajadas, devido sua rigidez estrutural e agilidade operacional. O referido equipamento operou sob o mesmo regime produtivo descrito anteriormente, correspondendo ao tratamento de 280 itens (199 itens de Plantadeiras, 78 de Plataformas e 7 de Colheitadeiras).

4.1.3 Diagrama Organizacional da Hierarquia entre os Sistemas

A jateadora de granalha é um equipamento considerado de grande porte, altamente tecnológico e sofisticado, por isto, decompôs-se o mesmo em sistema de jateamento e sistema de movimentação. A presente subdivisão foi resultado de discussões praticadas juntamente com o comitê de MCC, promovendo a estruturação de um modelo simplificado, melhorando a *interface* com as funções desempenhadas por cada sistema. A Figura 11 representa tal decomposição.

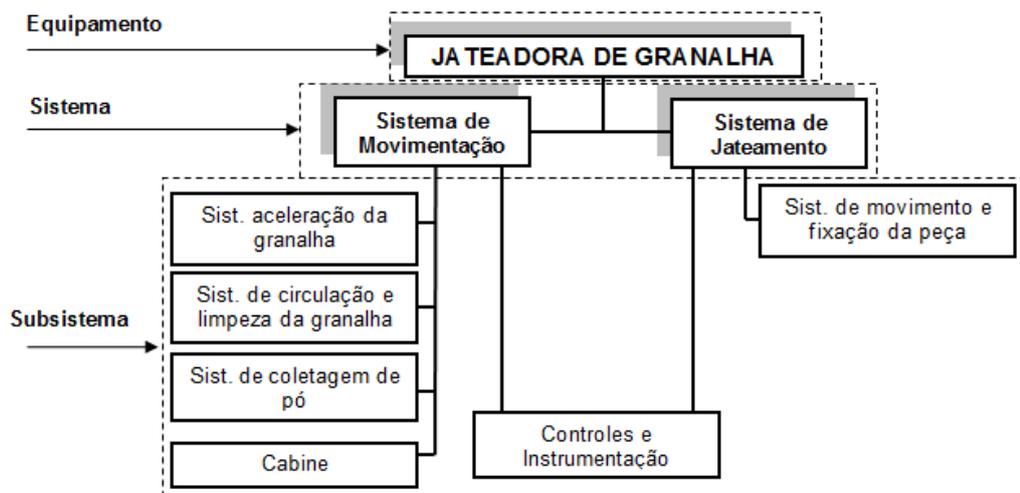
Figura 11 - Determinação dos Sistemas JCG.



Fonte: Rösler (2014).

Na sequência, ramificaram-se os dois sistemas em seis subsistemas, com o intuito de subsidiar avaliações pontuais desencadeadas a partir do FMEA. Adotar esta modalidade de simplificação favorece a visualização de componentes ou conjuntos com maior categoria de detalhes, vislumbrando seu comportamento ao longo da operação. A Figura 12 representa, de forma esquemática, a estrutura adotada.

Figura 12 - Determinação dos Sistemas e Subsistemas do JCG.



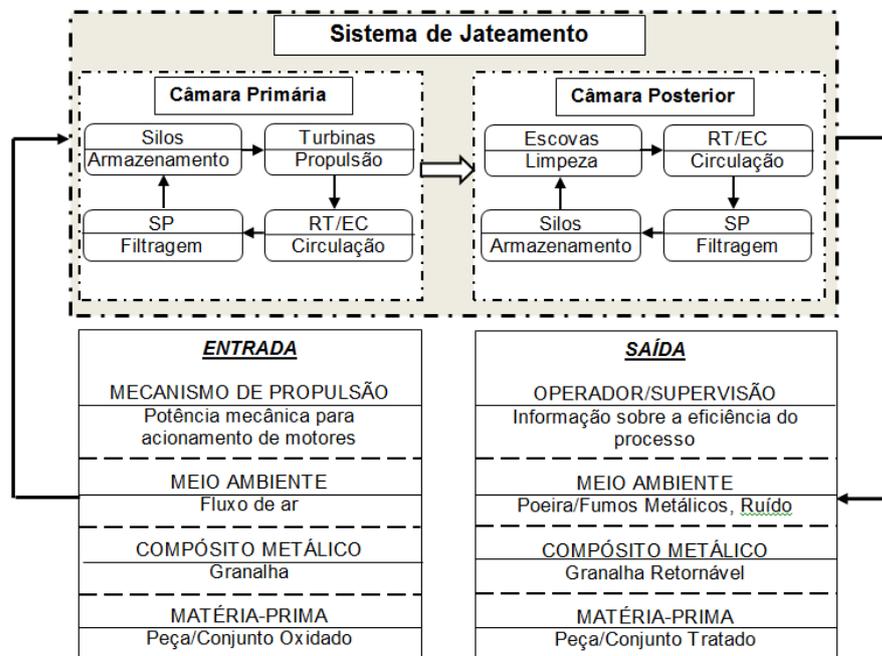
Fonte: Autor (2014).

Para a confecção do modelo representado, aplicou-se a linha de raciocínio atribuída na revisão da literatura, a qual subdivide os sistemas em seis subsistemas. Nota-se que o Sistema de Jateamento originou quatro subsistemas, enquanto o Sistema de Movimentação apenas um subsistema. A interligação entre os dois sistemas é percebida no subsistema de controle e instrumentação, o qual comanda eletronicamente, as funcionalidades desempenhadas por cada um.

4.1.4 Funcionamento e Caracterização das Fronteiras entre os Sistemas

A seguir, na Figura 13, encontram-se representadas, esquematicamente, as fronteiras que limitam cada sistema, bem como as entradas e saídas dos mesmos. Juntamente com as fronteiras, procurou-se descrever os parâmetros que constituem a entrada e saída dos sistemas. A atenção maior foi direcionada na representação dos conjuntos que compõem o sistema, a fim de reproduzir seu comportamento funcional.

Figura 13 - Fronteiras, fluxo e componentes do Sistema de Jateamento.



Fonte: Autor (2014).

Onde:

CH: Circuito Hidráulico;

SP: Sopradores Pneumáticos;

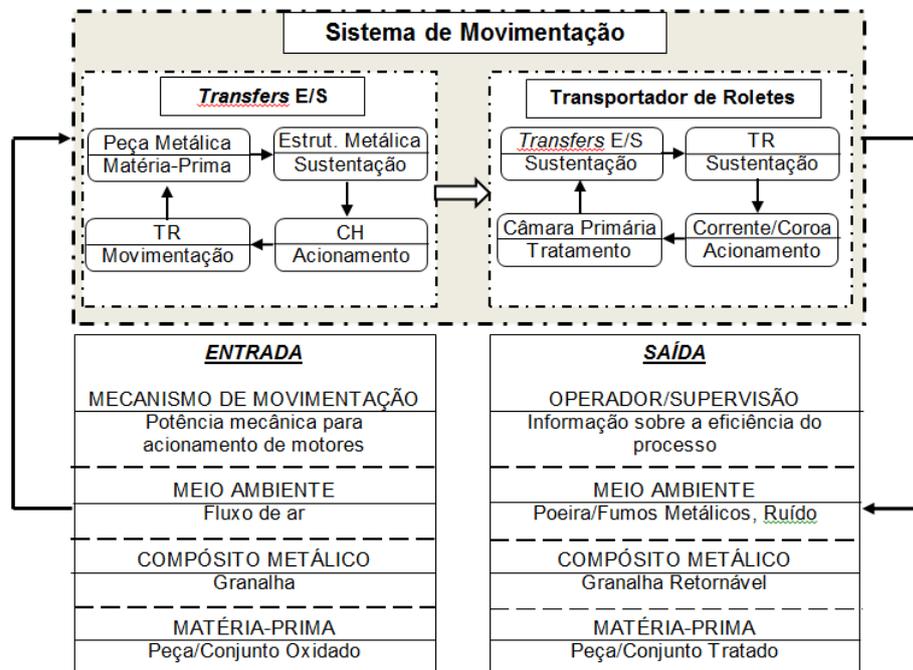
RT/EC: Rosca Transportadora/Elevador de Canecas.

A Figura 13 traduz simplificada a trajetória metódica que a peça é submetida durante o seu tratamento. Inicialmente, a peça transita pelo sistema de movimentação (*transfers* de entrada e transportador de roletas), seguido do sistema de jateamento (câmara primária e câmara posterior), para então seguir novamente ao transportador de rolete e *transfers* de saída, respectivamente.

O sistema de jateamento é considerado o sistema mais importante do equipamento, pois as câmaras ali situadas são responsáveis pelo armazenamento, aceleração, circulação e filtragem da granalha.

Os trechos que compõem o sistema de movimentação operam entre a cabine de jateamento, ou seja, em uma das extremidades carregam-se os itens a serem tratados e, após passarem pela cabine, os mesmos são alojados em dispositivos de aproximação, podendo assim, seguir para processos posteriores.

Figura 14 - Fronteiras, fluxo e componentes do Sistema de Movimentação.



Fonte: Autor (2014).

Onde:

CH: Circuito Hidráulico;

SP: Sopradores Pneumáticos;

Transfers E/S: Transfers Entrada/Saída;

TR: Transportador de Roletes.

Para elaborar os ciclos funcionais representados anteriormente, aplicou-se o manual do fabricante do equipamento e a interação de experiências do comitê da MCC, a fim de compreender detalhadamente o processo, bem como o fluxo produtivo desempenhado pelo equipamento.

4.2 ETAPA 02: ESTABELECIMENTO DA BASE DE DADOS

Deve-se em monitorar o equipamento em questão pelo período de 4 meses, priorizando informações provenientes das paradas corretivas. As informações de paradas provieram do SAP, *software* de gerenciamento instalado na organização, o qual foi alimentado pelas ordens de serviço vinculadas ao equipamento. Durante esta análise, os meses monitorados passam a ser denominados períodos, com o intuito de facilitar a compreensão da análise e torná-la apresentável.

A Figura 15 representa as falhas registradas junto ao equipamento, o informativo de horas disponíveis e indisponíveis para operação, ambos discriminados para cada período avaliado. O cálculo que determina a carga horária foi embasado nas condições reais da empresa, que operou no referido período, sob um regime 8,8 horas diárias em 2 turnos produtivos. Estes, multiplicados por 22 dias úteis, totalizam 1548,8 horas, sendo esta carga horária rateada nos 4 meses de avaliação, compondo 387,2 horas por mês.

Figura 15 - Cálculo de Paradas Corretivas JCG.

TOTAL		PARADAS CORRETIVAS - JATO COM GRANALHA (29/04/2014 - 29/08/2014)			
		Tempo Total de Corretiva (h)	Natureza das Falhas	Paradas conforme a natureza (h)	Representatividade (%)
46	FALHAS DE ORIGEM CORRETIVA	40.2	Falhas Elétricas	31.1	77.36
1548.8	TOTAL DE HORAS DISPONÍVEIS		Falhas Mecânicas/Estruturais	9.1	22.54
40.2	HORAS DE INDISPONIBILIDADE				
1° Período					
8	FALHAS DE ORIGEM CORRETIVA				
387.2	TOTAL DE HORAS DISPONÍVEIS				
3.8	HORAS DE INDISPONIBILIDADE				
2° Período					
5	FALHAS DE ORIGEM CORRETIVA				
387.2	TOTAL DE HORAS DISPONÍVEIS				
6.5	HORAS DE INDISPONIBILIDADE				
3° Período					
16	FALHAS DE ORIGEM CORRETIVA				
387.2	TOTAL DE HORAS DISPONÍVEIS				
16.3	HORAS DE INDISPONIBILIDADE				
4° Período					
17	FALHAS DE ORIGEM CORRETIVA				
387.2	TOTAL DE HORAS DISPONÍVEIS				
13.6	HORAS DE INDISPONIBILIDADE				

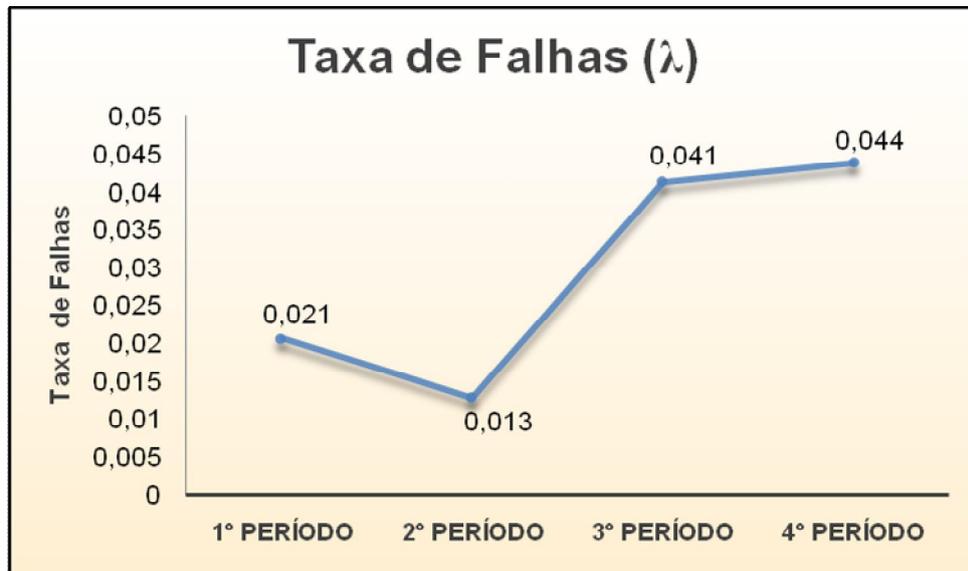
Fonte: Autor (2014).

A Figura 15, representada anteriormente, expressa a elevada incidência de falhas corretivas prematuras, ocasionadas principalmente, por defeitos de instalação e ajustes mecânicos de componentes, totalizando 46 ocorrências registradas. Retrata também que o grande precursor das falhas corretivas, proveio de ocorrências elétricas, representado por 77% do tempo de indisponibilidade do equipamento, ou 31,1 horas de parada, seguido de intervenções mecânica/estruturais, que representam aproximadamente 9 horas de parada ou 23% do tempo improdutivo.

De Abril até Agosto, meses dos períodos de avaliação, que são consideradas temporadas de pico produtivo para a companhia *John Deere*, pois canaliza toda sua estrutura funcional na produção de plantadeiras, exigindo, de forma diferenciada, a utilização do jato com granalha para o processo de jateamento. Esta justificativa pode ser associada diretamente com a considerável quantidade de ocorrências, as quais se manifestaram junto ao equipamento, resultando nas 40,2 horas inoperantes.

Com base nos dados de ocorrências, determinou-se a taxa de falhas exercidas junto ao equipamento, Figura 16.

Figura16 - Taxa de Falha.



Fonte: Autor (2014).

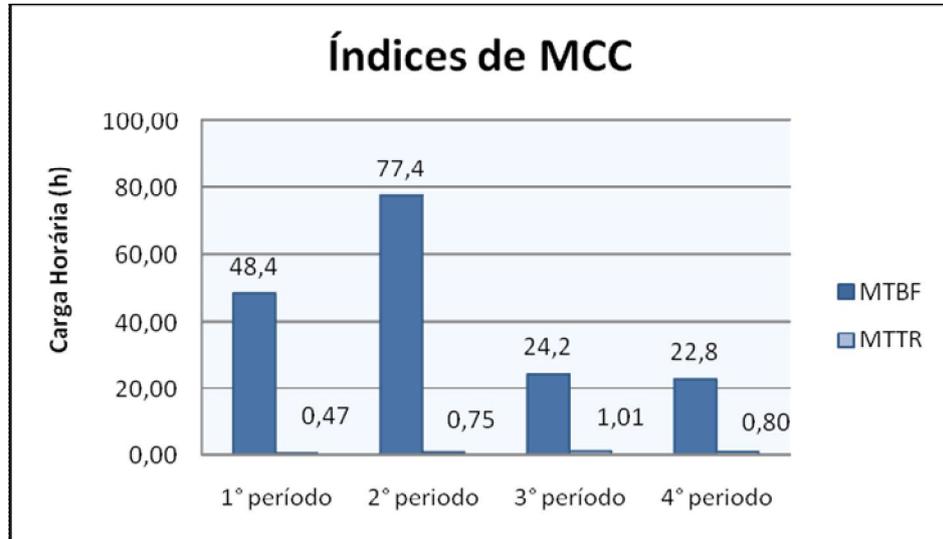
O comportamento expresso pelo gráfico representa a taxa de falhas, originado a partir da divisão entre o número de ocorrências corretivas registradas em cada período avaliado, pelo número total de horas de operação do equipamento em seu respectivo período. O resultado evidencia que a taxa de falha teve um leve acréscimo nos últimos dois períodos, o qual parte do primeiro período com valores voltados para 0,021, passando para 0,013 no segundo período e, posteriormente, assume 0,041 e 0,044 no terceiro e quarto períodos, respectivamente.

A avaliação realizada sobre os períodos previamente estipulados detém-se, prioritariamente em esboçar o comportamento manifestado pelo equipamento, bem como, buscar justificativas para tais acontecimentos. Possivelmente, o leve acréscimo na taxa de falhas transcrito nos últimos dois períodos, foi resultado da ocorrência de ajustes mecânicos e estruturais. Durante os quatro períodos, a máquina operou de forma constante, porém nos dois primeiros, o fabricante acompanhou sua liberação produtiva, a qual exigiu pequenos ajustes, sendo que os mesmos foram sanados instantaneamente, não causando parada funcional da mesma, já nos dois últimos períodos, sem acompanhamento dedicado, o equipamento, naturalmente, apresentou maior taxa de falhas.

O gráfico a seguir, Figura 17, apresenta detalhadamente as determinações sobre os parâmetros de Tempo Médio Entre Reparos (MTBF) e Tempo Médio Para

Reparo (MTTR), obtidos, a partir do jato com granalha no trecho de Abril – Agosto/2014.

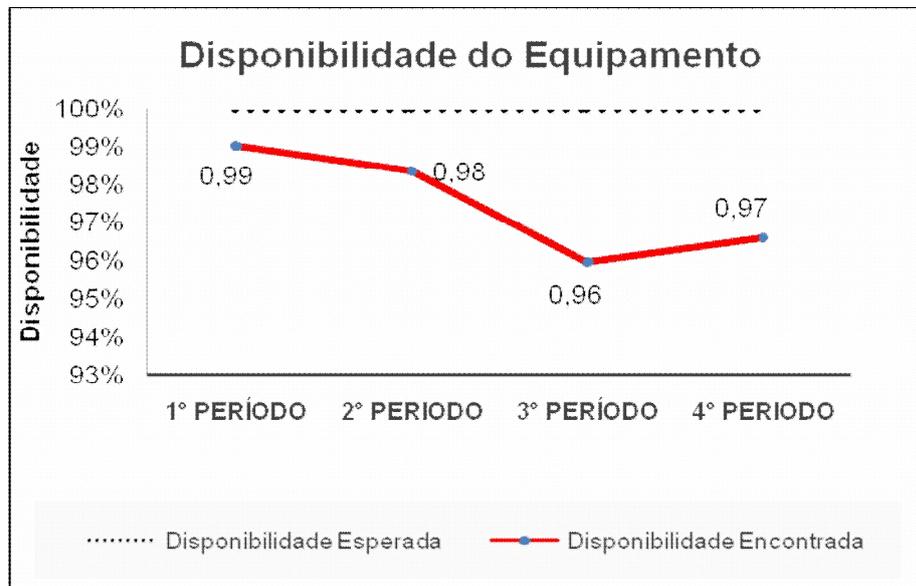
Figura 17 - Índices de MCC.



Fonte: Autor (2014).

A partir da Figura 17, pôde-se perceber que o tempo médio entre falhas (MTBF) é considerado pequeno neste período, ou seja, as falhas identificadas ocorreram de forma repentina. Este comportamento é justificado pelo surgimento de falhas prematuras logo em sua largada produtiva, desempenho característico do primeiro estágio descrito na curva da banheira. Portanto, os resultados apresentados na Figura 18, provieram de um equipamento considerado novo, monitorado durante uma época produtiva de alta, intensificando a ocorrência de falhas, devido seu elevado nível de complexidade, resultando assim, nos valores encontrados.

Figura 18 - Disponibilidade do Equipamento.



Fonte: Autor (2014).

O parâmetro disponibilidade (A) foi calculado a partir da divisão do índice de MTBF pelo somatório de MTBF com MTTR.

O gráfico anterior demonstra o nível de disponibilidade expresso pelo equipamento nos períodos em avaliação. A expectativa nestes casos é sempre pelos 100% de disponibilidade produtiva, entretanto, o equipamento monitorado gerou este resultado, dispondo de 99% e 98% de disponibilidade no primeiro e no segundo período respectivamente, seguidos de uma leve queda para 96% e 97% em momentos posteriores. Esta avaliação mostra que, apesar de uma elevada demanda produtiva, o equipamento manteve um desempenho excepcional.

4.3 ETAPA 03: ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITO

4.3.1 Funções Desempenhadas pelo Sistema

Nesta etapa procurou-se abordar as funções desempenhadas pelos sistemas e subsistemas alocados junto à jateadora de granalha. O Quadro 2 contempla estas informações detalhadamente.

Quadro 2 - Funções de acordo com cada Subsistema.

	Sistemas	Subsistemas	Função
JATO COM GRANALHA	Sistema de Movimentação	Sist. de movimento e fixação da peça	<u>Transfers</u> : Servir de <i>buffer</i> para alocar peças que serão jateadas. <u>Transportador de roletes</u> : Transportar os itens a serem jateados. Os <i>transfers</i> e o transportador de roletes servem a câmeras de jateamento.
	Sistema de Jateamento	Sistema de aceleração da granalha	Responsável por acelerar as partículas metálicas e direcioná-las perpendicularmente ao item a ser tratado.
		Sistema de circulação e limpeza da granalha	Responsável por transportar e classificar as granalhas das impurezas decorrentes do processo.
		Sistema de coleta de pó	Responsável pela captação do pó decorrente do processo.
		Cabine	Sistema responsável pelo jateamento propriamente dito, este sistema compreende os componentes que realizam o tratamento dos itens.
Sistema de Movimentação & Sistema de Jateamento	Controles e Instrumentação	Diz respeito à todos modos de automação e controle (componentes eletrônicos, <i>softwares</i>) presentes em um jato com granalha	

Fonte: Autor (2014).

A partir do Quadro 02, nota-se as particularidades e os níveis de criticidades que cada subsistema desempenha junto ao equipamento. Constata-se também, que a junção de ambos os sistemas ocorre no instante que se refere aos componentes de controle e automação, os quais apresentam grande predominância junto ao equipamento, devido seu elevado grau tecnológico de automação.

4.3.2 Falhas Associadas a cada Função

O Quadro 3 agrupa as principais falhas potenciais e funcionais que rondam os sistemas e subsistemas mencionados anteriormente.

Quadro 3 - Levantamento de Falhas Potenciais e Funcionais JCG.

Falhas Funcionais	Falhas Potenciais
<ul style="list-style-type: none"> * Sistema hidráulico não tem pressão; * Sistema elétrico não possui alimentação; * Peças/estrutura rompida - geral; * Sensores de indução comprometidos (rompidos); * Pás das turbinas quebradas; * Tubulação obstruída totalmente; * Mancais de sustentação quebrados (helicoides, elevador de canecas, transportadores, <i>transfers</i>); * Helicóide quebrado; * Canecas quebradas; * Correia rompida; * Eixos rompidos; * Válvula de abertura não funciona; * Sistema aspersor não operante; * Carcaça/estrutura comprometida; * Programas de <i>software</i> incorretos; * Mangueiras hidráulicas e pneumáticas rompidas; * Falhas graves em componentes eletrônicos (quebra); * Quebra de rolamentos, mancal, conjunto deslizante; * Equipe de manutenção sem conhecimentos técnicos (manuais de manutenção/programas precários); * Corrente transportadora rompida; * Motores de acionamento comprometidos; * Botoeira de emergência comprometida. 	<ul style="list-style-type: none"> * Parafusos da estrutura soltos; * Sistema hidráulico entrega pressão fora do estipulado em projeto (200Bar); * Desgaste natural das partes móveis (rolos, corrente, elos, canecas, helicoides); * Falha de lubrificação; * Sensores de indução mau posicionados; * Pás das turbinas e carcaça desgastadas; * Desalinhamento/empenamento de eixos; * Desgaste do rolamento, mancal, eixo; * Estrutura soldada com desgaste; * Carcaça danificada; * Sensoreamento fora de posição; * CLP desprogramado; * Válvulas mal regulada; * Tubulação parcialmente obstruída; * Filtros sujos; * Vazamentos hidráulicos ou pneumáticos; * Trincas estruturais; * Cabeamento com roteamento irregular; * Blindagens fora de posição; * Falta/excesso de tensionamento nas correias; * Óleo hidráulico contaminado; * Falha em aperto e regulagens em geral; * <i>Parabolt</i> de fixação frouxo; * Cabos elétricos expostos; * Peneira principal danificada.

Fonte: Autor (2014).

As falhas potenciais e funcionais identificadas no Quadro 3 provêm de uma análise superficial praticada nesta etapa, a qual teve o intuito de explorar e identificar sua abrangência junto ao equipamento. A abordagem mais cautelosa sobre cada falha encontra-se exposta na avaliação do FMEA, situada nos apêndices deste trabalho.

4.3.3 Modos como as Falhas se Originam

O quadro a seguir enfatiza, de modo detalhado, tais ocorrências, atentando para os principais agentes causadores destes eventos. O mesmo também estratifica as causas de prováveis falhas, associadas com a modalidade de manifestação dentro de seu espaço.

Quadro 4 - Modos de Falhas e suas Causas.

	Modo de Falha	Tipo de Falha	Causa da Falha
Mecânica	Fratura	Fadiga/Frágil	Propagação de trincas em uniões fixas – soldas, uniões móveis – parafuso/porca;
		Fadiga Térmica	Propagação de trincas sob aquecimento em borrachas de vedação, componentes eletrônicos – placas, cabos;
	Desgaste	Mecânico	Atrito mecânico entre as partículas de granalha com a estrutura da cabine, canecas, helicoides;
		Abrasivo	Choques mecânicos entre as partículas de granalhas com a estrutura da cabine, canecas e helicoides;
	Deformação	Tração	Alongamento dos parafusos tensionadores (elevador de canecas);
		Torção	Empenamento do eixo do helicóide transportador;
Elétrica	Perdas	Dielétrica	Tensão/corrente elétrica irregular, rompimento de cabos;
	Isolamento	Sobrecarga	Mau dimensionamento, corrente fora da faixa especificada;
Estruturais	Dano Acidental	Manutenção	Falhas na seleção do lubrificante, instalação incorreta;
	Deteriorização Ambiental	Corrosão	Ação de agentes corrosivos na estrutura metálica;
	Dano por Fadiga	Térmica	Amplitude térmica muito elevada causando quebra das pás durante a operação;
Mecânica		Aperto repetitivo de parafusos rígidos, correias de acionamento;	
Humana	Distração	Falta de Atenção	Autoconfiança na inspeção diária na pressão do sistema pneumático, desconsidera a existência de ruídos anormais;
	Violação	Intenção	Fazer uso de ferramentas incorretas, não reportar falhas identificadas junto ao equipamento.

Fonte: Autor (2014).

Após análise aprofundada do quadro descrito acima, torna-se notável que, além dos modos de falha originar-se a partir de falhas de âmbito técnico (estruturais, mecânica, elétrica), ou do próprio projeto funcional pelo qual o mesmo foi projetado, existe a forte incidência do ser humano em atuar e ocasionar ocorrências inesperadas durante o funcionamento. Para tanto, torna-se imprescindível a prática de treinamentos operacionais para os operadores e, até mesmo, com os técnicos de

manutenção que, ao longo da jornada estarão executando alguma atividade relacionada à vida funcional da máquina em questão.

4.3.4 Severidade de cada Efeito

Esta etapa é considerada uma das mais importantes do estudo, pois é responsável pela estratificação das informações até então praticadas, convertendo-as para uma *interface* de eventos e objetivos quantificáveis, RPN (*Risk Priority Number*). O valor proposto pela avaliação RPN é de extrema importância, pois desencadeia a definição das atividades que serão posteriormente aplicadas, bem como, os resultados pretendidos. A combinação de valores do RPN aqui expressados, provém da associação dos critérios da MCC com visão de avaliação acadêmica, exigindo um estudo mais aprofundado, caso a estratégia seja aceita e implementada.

Nesta etapa, enfatizaram-se os itens que apresentaram o valor RPN superior ao valor numérico 100, os quais são classificados como prioridade alta, exigindo atenção especial quanto ao seu comportamento, devido à combinação dos critérios de ocorrência, severidade e detecção, abordados no Quadro 5. Aqui encontram-se descritos os 10 modos de falha com maior RPN encontrados na análise FMEA, de acordo com seu subsistema. A avaliação completa do FMEA pode ser verificada junto aos apêndices desta monografia.

Quadro 5 - Resultado FMEA - Sistema de Jateamento.

Elemento Chave	Modos de Falha	O	S	D	RPN
Cabine	Queima do motor	6	10	7	420
	Defeito de isolamento no motor	7	7	8	392
	Eixo empenado	7	6	9	378
	Quebra de componentes	6	7	8	336
	Fratura de uniões soldadas	4	10	8	320
	Não-alinhamento de componentes na instalação	7	5	9	315
	Fratura de uniões móveis	5	7	8	280
	Desgaste de rolamentos e engrenagens	5	9	6	270
	Aquecimento excessivo	4	7	8	224
	Componentes elétricos danificados	6	6	6	216

“Continua”

Elemento Chave	Modos de Falha	O	S	D	RPN
Sistema de Aceleração da Granalha	Queima do motor	6	10	7	420
	Defeito de isolação do motor	7	7	8	392
	Eixo empenado	7	6	9	378
	Afrouxamento de uniões móveis	5	9	8	360
	Não-alinhamento de componentes na instalação	7	5	9	315
	Folgas mecânicas	6	7	7	294
	Desgaste de rolamentos e engrenagens	5	9	6	270
	Carcaça danificada	6	6	6	216
	Fratura de uniões móveis	5	7	6	210
	Acoplamentos danificados	5	7	6	210
Elemento Chave	Modos de Falha	O	S	D	RPN
Sistema de circulação e limpeza da granalha	Motores de acionamentos comprometidos	6	9	9	486
	Queima do motor	6	10	7	420
	Defeito de isolação	7	7	8	392
	Afrouxamento de uniões móveis	5	9	8	360
	Não-alinhamento de componentes na instalação	7	5	9	315
	Fratura de uniões móveis	5	7	9	315
	Desgaste de rolamentos e engrenagens	5	9	6	270
	Fratura de uniões soldadas	3	9	10	270
	Folgas mecânicas	7	6	6	252
	Quebra da carcaça	6	6	6	216
Elemento Chave	Modos de Falha	O	S	D	RPN
Sistema de coleta de pó	Queima do motor	6	10	7	420
	Afrouxamento de uniões móveis	5	9	7	315
	Quebra da carcaça	6	7	6	252
	Defeito de isolação	5	7	7	245
	Folgas mecânicas	4	7	6	168
	Desgaste das pás de exaustão	4	7	6	168
	Filtros pneumáticos sujos	4	6	6	144
	Válvula de estrangulagem danificada	3	6	8	144
	Desgaste de rolamentos	4	6	6	144
	Sensores fora de posição	3	6	6	108

Fonte: Autor (2014).

Em um primeiro momento, abordou-se os modos de falhas previstos no sistema de jateamento. Alguns destes modos são repetidos no decorrer da avaliação, porém com a combinação RPN diferenciada, fato este que se justifica pelas funções particulares exercidas em cada conjunto. De modo geral, apresentaram maior índice de RPN, os conjuntos maiores, como por exemplo, motores e estruturas, estruturas metálicas, os quais possibilitam falhas de diversas formas, evidenciado no Quadro 6.

Quadro 6 - Resultado FMEA - Sistema de Movimentação.

Elemento Chave	Modos de Falha	O	S	D	RPN
Sistema de movimento e fixação da peça	Quebra do eixo	7	10	9	630
	Afrouxamento de uniões móveis	6	9	8	432
	Óleo contaminado	5	9	9	405
	Defeito de isolamento	7	7	8	392
	Eixo empenado	7	6	9	378
	Motores de acionamentos comprometidos	6	9	7	378
	Afrouxamento de uniões móveis	5	9	8	360
	Não-alinhamento de componentes durante instalação	7	5	9	315
	Folgas mecânicas	6	7	7	294
Desgaste de rolamentos e engrenagens	5	9	6	270	

Fonte: Autor (2014).

O subsistema de movimentação e fixação da peça também é considerado a junção de componentes críticos do ponto de vista funcional do equipamento. O mesmo abriga uma combinação de componentes rotacionais, eixos, correntes, roletes, entre outros. Fato este que exige atenção especial quanto à avaliação dos modos de falha desencadeados, destacando quebra de eixos, desgastes mecânicos gerais e não-alinhamento.

Quadro 7 - Resultado FMEA - Sistema de Jateamento e Movimentação.

Elemento Chave	Modos de Falha	O	S	D	RPN
Controles e Instrumentação	CLP não apresenta alimentação	4	10	6	240
	Aquecimento excessivo	4	8	6	192
	Terminais elétricos soltos	4	6	8	192
	Erro de comunicação do CLP	2	10	8	160
	Cabos elétricos descascados	4	7	5	140
	Equipamento não liga	2	10	6	120
	Equipamento não reconhece os programas	2	10	6	120
	Temporizadores fora do ponto	2	8	7	112
	Componentes elétricos soltos	2	7	8	112
	Software des atualizado	2	9	6	108

Fonte: Autor (2014).

O subsistema de controle e instrumentação está presente em todo o equipamento, ou seja, toda e qualquer automação, funcionalidades elétricas ou eletrônicas, o mesmo faz-se atuante. Estes componentes são críticos, pois exigem

uma mão de obra qualificada, que conheça os comandos lógicos e domine a área de programação e *softwares*. O Quadro 7 reflete diretamente na afirmação apresentada, pois o CLP (Comando Lógico Programável) pode apresentar inúmeras formas de falhas, estas podendo estar associadas a diversos agentes causadores, exigindo conhecimento especializado para identificar a causa raiz do evento.

4.4 ETAPA 04: SELEÇÃO DE FUNÇÕES SIGNIFICANTES

No Quadro 8, encontram-se agrupados os modos de falha com maior severidade (RPN), identificados nas etapas anteriores. O mesmo contempla unicamente os modos de falha simplificados, ou seja, na etapa anterior são abordados modos de falha, que podem estar repetidos para sistemas diferentes, mas que apresentaram elevado grau de importância.

A presente etapa deteve-se em enfatizar o confronto direto entre os modos de falha com elevada severidade *versus* os pilares de sustentação do MCC, abordando o princípio de categorização, a partir de uma Árvore de Decisões, subsidiando avaliações futuras.

Quadro 8 - Modos de Falha *versus* Pilares MCC.

Modo de Falha	RPN	Operação	Segurança	Meio Ambiente	Economia
Queima do motor	420	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas	Baixo: Impacto quase que nulo	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas
Defeito de isolamento no motor	392	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas	Baixo: Impacto quase que nulo	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas
Eixo empenado	378	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas	Médio: Pode causar acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas
Quebra de componentes	336	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas	Alto: Ocasional acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas
Fratura de uniões soldadas	320	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas	Alto: Ocasional acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas
Não-alinhamento de componentes na instalação	315	Alto: Ocasional parada funcional e perdas produtivas	Médio: Pode causar acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Médio: Gera gastos com quebras de componentes

“Continua”

Modo de Falha	RPN	Operação	Segurança	Meio Ambiente	Economia
Fratura de uniões móveis	280	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Alto: Ocasiona acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Médio: Gera gastos com quebras de componentes
Desgaste de rolamentos e engrenagens	270	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Médio: Pode causar acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Médio: Gera gastos com quebras de componentes
Aquecimento excessivo	224	Médio: Pode ocasionar quebra de componentes críticos	Médio: Pode causar acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Pode ocasionar parada funcional e perdas produtivas
Componentes elétricos danificados	216	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Médio: Pode causar acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Pode ocasionar parada funcional e perdas produtivas
Afrouxamento de uniões móveis	360	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Alto: Ocasiona acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Médio: Gera gastos com quebras de componentes
Folgas mecânicas	294	Médio: Pode ocasionar quebra de componentes críticos	Alto: Ocasiona acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Médio: Gera gastos com quebras de componentes
Carcaça danificada	216	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Médio: Pode causar acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Médio: Gera gastos com quebras de componentes
Acoplamentos danificados	210	Médio: Pode ocasionar quebra de componentes críticos	Médio: Pode causar acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Médio: Gera gastos com quebras de componentes
Motores de acionamentos comprometidos	486	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Baixo: Impacto quase que nulo	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas
Desgaste das pás de exaustão	168	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Baixo: Impacto quase que nulo	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas
Filtros pneumáticos sujos	144	Médio: Pode ocasionar quebra de componentes críticos	Baixo: Impacto quase que nulo	Baixo: Impacto quase que nulo	Médio: Gera gastos com quebras de componentes
Válvula de estrangulagem danificada	144	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Baixo: Impacto quase que nulo	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas
Sensores fora de posição	108	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas	Médio: Pode causar acidentes operacionais	Baixo: Impacto quase que nulo	Alto: Ocasiona parada funcional e perdas produtivas

Fonte: Autor (2014).

A partir do quadro apresentado anteriormente, é possível reconhecer o quão impactante é cada modo de falha quando vinculado aos pilares do MCC. Com o intuito de uniformizar a forma de avaliação, adotaram-se as nomenclaturas descritas na legenda acima, condicionadas para alto, médio e baixo impacto. O formato de avaliação deste modo foi julgado aplicável e eficiente, pois contempla todas as áreas do segmento.

A partir deste, é possível confirmar que o pilar de operação e economia, passa a ser fortemente impactante durante a seguinte análise, isto se deve

justamente pelo fato de que, a maioria dos modos de falha mapeados influencia no pleno funcionamento do equipamento, podendo ocasionar paradas funcionais e, conseqüentemente, produtivas.

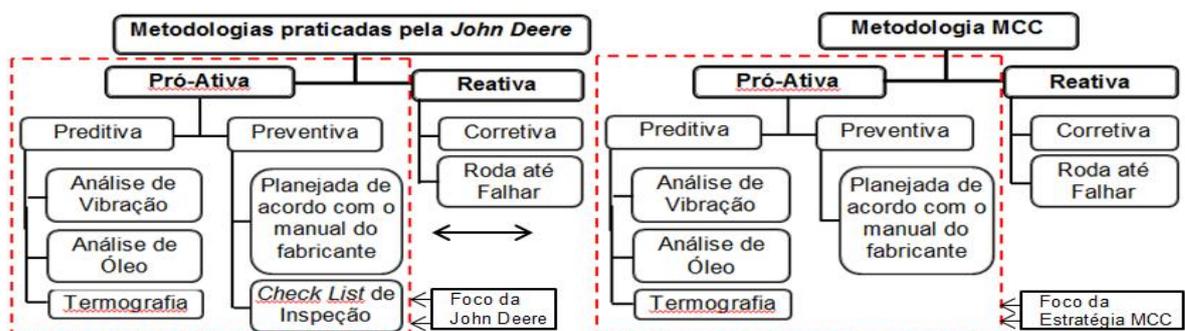
Os pilares de segurança e meio ambiente apresentam repercussão mediana, justificado a partir do grau de severidade apontado para aqueles modos de falha durante a elaboração do FMEA. Outra justificativa vista para a baixa repercussão destes parâmetros, é o fato do equipamento ter sido adquirido obedecendo adequações estabelecidas pela NR12, Norma Regulamentadora que direciona o ícone segurança com proteções e instalação de equipamentos, permitindo entregar maior segurança operacional, juntamente com um ambiente de trabalho limpo e livre de agentes que possam afetar a saúde do operário.

Além disto, associam-se os baixos índices de agressão dos pilares de segurança e meio ambiente, pois o mesmo passou por uma classificação de criticidade severa, realizada pelo comitê de gerenciamento do MCC.

4.5 ETAPA 05: IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO RECOMENDADAS

Na Figura 19, procurou-se demonstrar de forma simplificada, a classificação das atividades de manutenção propostas por Fogliatto e Silveira (2009), durante a metodologia desta monografia, e também as metodologias de manutenção atualmente aplicadas pela empresa em estudo.

Figura 19 - Comparativo entre Metodologia praticada pela *John Deere* e Metodologia MCC.



Fonte: Autor (2014).

A Figura 19 foi estruturada a partir de uma associação direta entre métodos de manutenção propostos pela metodologia MCC, correlacionados com as práticas de manutenção já adotadas pela empresa *John Deere* atualmente. Percebe-se então, que as mesmas estão intimamente interligadas, ou seja, a empresa já vem executando atividades conectadas à metodologia MCC em sua rotina, facilitando ainda mais a adoção desta metodologia juntamente aos planos de manutenção.

A metodologia MCC, não esclarece quais as ações que devam ser acrescentadas após a classificação da atividade mantentora, e a partir de uma avaliação superficial, identifica-se a adição de *check list* de inspeção diária junto à rotina da metodologia da companhia, que possivelmente foi incorporada, após estudos de efetividade e aplicabilidade ao processo.

4.6 ETAPA 06: DEFINIÇÃO DAS TAREFAS APLICÁVEIS E EFETIVAS

Esta etapa aborda-se a adoção de uma Árvore de Decisão, destinada para identificar e aplicar métodos e atividades de manutenção, previstos anteriormente.

Quadro 9 - Definição das Atividades de Manutenção Aplicáveis ao JCG.

Modo de Falha	Atividade de Manutenção Recomendada	Melhorias Propostas pelo Comitê MCC
Queima do motor	Pró-Ativa - Preditiva – Recuperação baseada na condição	<i>Check list</i> diário (verificação de ruídos anormais), Análise de vibração, lubrificação periódica.
Defeito de isolamento no motor	Pró-Ativa - Preditiva – Recuperação baseada na condição	Medir nível de isolamento (megômetro).
Eixo empenado	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	<i>Check list</i> diário (verificação de ruídos anormais, desgastes mecânicos), lubrificação periódica.
Quebra de componentes	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	<i>Check list</i> diário (verificação de ruídos anormais, desgastes mecânicos), lubrificação periódica.
Fratura de uniões soldadas	Pró-Ativa - Preventiva – Recuperação Programada	<i>Check list</i> diário (locais com maior incidência de fratura), projetar estrutura mais resistente.
Não-alinhamento de componentes na instalação	Pró-Ativa - Preventiva – Recuperação Programada	<i>Check list</i> diário (verificação de ruídos anormais, desgastes mecânicos).
Fratura de uniões móveis	Pró-Ativa - Preventiva – Recuperação Programada	Verificar torque aplicado, adotar padrão de torque.
Desgaste de rolamentos e engrenagens	Pró-Ativa - Preditiva – Recuperação baseada na condição	<i>Check list</i> diário (verificação de ruídos anormais) lubrificação periódica.
Aquecimento excessivo	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	Acompanhamento específico, se necessário.

“Continua”

Modo de Falha	Atividade de Manutenção Recomendada	Melhorias Propostas pelo Comitê MCC
Componentes elétricos danificados	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	Aplicar termografia em painéis e componentes críticos.
Afrouxamento de uniões móveis	Pró-Ativa - Preventiva – Recuperação Programada	Adotar padrão de torque, propor adoção de outros métodos de fixação.
Folgas mecânicas	Pró-Ativa - Preventiva – Recuperação Programada	Adotar outros métodos de fixação.
Carcaça danificada	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	Monitorar perdas de rendimento, quebra excessiva.
Acoplamentos danificados	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	<i>Check list</i> diário (verificação de ruídos anormais, folgas mecânicas), lubrificação periódica.
Motores de acionamentos comprometidos	Pró-Ativa - Preditiva – Recuperação baseada na condição	<i>Check list</i> diário (verificação de ruídos anormais), Análise de vibração, lubrificação periódica.
Desgaste das pás de exaustão	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	<i>Check list</i> diário (verificação de ruídos anormais, folgas mecânicas).
Filtros pneumáticos sujos	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	<i>Check list</i> semanal (limpeza/substituição do elemento filtrantes).
Válvula de estrangulagem danificada	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	Monitorar eficiência (semanal)
Sensores fora de posição	Pró-Ativa - Preventiva – Substituição Programada	Desenvolver pokaiyoke que assegure o correto posicionamento

Fonte: Autor (2014).

O Quadro 9 esboça de forma simplificada, os modos de falhas com maior severidade, identificados ao longo das etapas anteriores, estes diretamente associados com as atividades de manutenção recomendadas para cada caso, com base no formato de classificação proposto por Fogliatto e Silveira (2009), durante a metodologia. Procurou-se também mencionar recomendações identificadas pelo comitê de MCC, agregando ainda mais a complementação da metodologia.

As atividades de manutenção mencionadas no Quadro 9, influenciaram na criação do plano de manutenção centrado em confiabilidade, o qual contempla o desmembramento dos modos de falha, em ações pró-ativas de manutenção (preventivas e preditivas), ambas consideradas o foco do MCC. A determinação das frequências nas atividades foi embasada a partir do manual do fabricante do equipamento. O plano de manutenção, juntamente com o *check list* elaborado, encontram-se expostos junto aos apêndices desta monografia.

4.7 ETAPA 07: REVISÃO DO PROGRAMA MCC

A manutenção do programa MCC não é tarefa simples, é necessário um estreito engajamento entre as equipes envolvidas. Com base nos resultados abordados nas etapas anteriores, o comitê de gerenciamento do MCC constatou que o desempenho apresentado pelo equipamento neste período, apesar da turbulenta demanda produtiva, foi excelente. Contudo, decidiu-se manter os resultados dos indicadores de disponibilidade produtiva obtida nesta primeira avaliação.

Os índices de MTBF e MTTR, os quais apresentaram valores medianos aproximados de 43 horas e 0,75 horas respectivamente, estima-se que após 1 ano de operação do equipamento, sob aceitação da proposta e, a mesma sendo cumprida rigorosamente, o equipamento tende a operar sob índices de Tempo Médio entre Falhas, na faixa de 150 horas, valor equivalente a aproximadamente 2 semanas de operação, sob 8,8 horas diárias em 2 turnos durante 22 dias úteis. O Tempo Médio para Reparo em torno de 0,7 horas, prospecção de valores obtidos a partir do comitê de MCC, levando em consideração uma nova amostra, novamente monitorada por 4 meses, depois de implementado o programa.

O MTBF prospectado justifica-se a partir da consolidação do uso da ferramenta, ou seja, a partir do primeiro ano após sua inserção, os colaboradores já estarão devidamente treinados e adaptados com sua didática, permitindo a elaboração de FMEA apurados, voltados para atacar a causa raiz da falha. Já o MTTR estima-se pouca redução, devido à adição de procedimento ou atividades burocráticas que exigem um tempo de preparação e planejamento, dentre elas: análise preliminar de risco, ordens de serviço, bem como, o incremento da confecção de relatórios MCC e constante atualização do FMEA.

Nos quadros a seguir, encontram-se representados de forma sucinta, comparativos de custos identificados a partir dos programas atuais, baseados no tempo de máquina parada do jato com granalha, comparando os mesmos parâmetros, prospectando uma possível implementação do MCC.

Quadro 10 - Custos Gerais JCG – Ano 2014.

Custos Gerais Previstos com Equipamento - 2014				TOTAL DE CUSTOS (R\$/h)	Período de Análise (Abril - Agosto/2014)	
Depreciação (R\$/h)	Materiais Diretos/Indiretos (R\$/h)	Materiais de Uso e Consumo (R\$/h)	Mão de Obra envolvida (R\$/h)		TEMPO MÁQUINA PARADA (h)	CUSTOS TOTAIS NOS 4 MESES AVALIADOS (R\$)
78,3	58,99	91,45	117,41	346,15	40,2	13915,23

Fonte: Autor (2014).

Quadro 11 - Prospecção de Custos Gerais JCG.

Prospecção de Custos com Equipamento - Após MCC implementado				TOTAL DE CUSTOS (R\$/h)	Análise aplicada 1 Ano após Implementado o MCC (Abril - Agosto/XXXX)	
Depreciação (R\$/h)	Materiais Diretos/Indiretos (R\$/h)	Materiais de Uso e Consumo (R\$/h)	Mão de Obra envolvida (R\$/h)		TEMPO MÁQUINA PARADA (h)	ESTIMATIVA DE CUSTOS TOTAIS NOS 4 MESES AVALIADOS (R\$)
78,3	58,99	91,45	117,41	346,15	30,1	10419,11

Fonte: Autor (2014).

Os quadros descritos anteriormente apontam os principais agentes que compõem o critério: custos. Para tanto, confrontaram-se os itens depreciação, materiais direto-indiretos, materiais de uso e consumo e mão de obra envolvida, obtendo um somatório de R\$ 346,15/horas, gastos atualmente com o equipamento. Este valor ao ser multiplicado pelas 40,2 horas de paradas do equipamento registradas durante os 4 períodos avaliados, por si só totalizam um montante de R\$13.915,23 de não lucratividade.

A partir dos indicadores ideais determinados pelo comitê MCC e autores que embasam a estratégia MCC, mencionados na metodologia, confrontou-se de forma direta os mesmos critérios previstos na verificação anterior, deparou-se então com um somatório de horas/máquina parada de 30,1 horas nos 4 períodos avaliados, o que representa um ganho produtivo de 25%. Convertendo este percentual para a linguagem financeira, percebe-se uma redução inicial de R\$ 3.496,11, rateados nos

4 períodos avaliados, representando aproximadamente R\$ 900,00/mês ou R\$10.488,33/ano.

O principal protagonista deste ganho considerável foi o tempo de máquina parada, que deverá reduzir em torno de 25% no primeiro bimestre avaliado, impactando fortemente na redução dos custos com o processo de jateamento. Torna-se válido salientar que estes 25% na redução de horas/máquina inoperante, faz parte da expectativa do comitê de MCC e da empresa, a qual pode ser acrescida ano pós ano, com o aprimoramento das técnicas empregadas.

O comitê de gerenciamento do MCC identificou inicialmente a dedicação de um trabalho mais árduo e avaliação mais cautelosa para as falhas funcionais com maior RPN, pois estas, de fato, causam a quebra efetiva da máquina. Posteriormente, expandir para as falhas potenciais, detendo-se no mapeamento e eliminação de falhas insignificantes que possam comprometer o estado funcional, canalizando as ocorrências até o momento que seja zerado.

5. CONCLUSÕES

Para que houvesse êxito na elaboração da proposta de metodologia MCC para o equipamento jateadora de granalha, aplicaram-se conhecimentos adquiridos no decorrer do curso, tanto teóricos quanto práticos de determinadas disciplinas, tais como: Manutenção Industrial, Elementos de Máquinas, Segurança no Trabalho.

O estudo cumpriu com os objetivos previamente estabelecidos, que detiveram-se na compreensão criteriosa das funcionalidades e particularidades existentes em uma jateadora de granalha automática, bem como, seus modos de falha estes atrelados aos seus respectivos sistemas. Seguido da identificação dos critérios vinculados a cada etapa que constitui a estratégia de manutenção centrada em confiabilidade, resultando na determinação das atividades de manutenção cabíveis e confecção do plano de manutenção centrado em confiabilidade, além do comparativo simplificado de gastos identificados atualmente com o equipamento e comparados com a prospecção após a inserção da metodologia.

Constatou-se a partir da prospecção realizada na Etapa 07 da estratégia MCC que a mesma corresponde a uma redução inicial de R\$ 900,00/mês ou R\$ 10.488,33/ano com máquina parada, valor equivalente ao ganho produtivo de 25% quando comparado com os programas atuais praticados pela empresa. Considerando a similaridade entre as atividades praticadas pela companhia e a estratégia MCC, percebe-se tamanha facilidade quanto sua adoção, pois os envolvidos na atividade já estão doutrinados e conhecem o comportamento do equipamento, necessitando apenas praticar a elaboração de FMEA para, posteriormente, identificar as atividades de manutenção recomendadas para cada modo de falha encontrado.

A proposta MCC vem para sanar a problemática vivenciada pela empresa, pois é esboçada de forma aplicável e de baixo custo, alavancando a disponibilidade produtiva dos equipamentos e assegurando a confiabilidade dos planos de manutenção. A proposta visa, inicialmente, eliminar as falhas funcionais para, em seguida, atacar as falhas potenciais, banindo-as a partir de ações preventivas e preditivas.

Deste modo, a realização deste trabalho proporcionou o aprimoramento profissional, pois foi possível desenvolver conhecimentos relacionados ao ramo da engenharia de manutenção, o qual vem desenvolvendo-se cada vez mais com o

passar dos anos, pois as exigências industriais em minimizar falhas vêm alavancando sua importância drasticamente, impulsionada pela competitividade imposta pelo mercado. O estudo da MCC abordado neste trabalho agiu de modo racional e sistêmico, fazendo com que atingisse os resultados esperados, de forma objetiva e, acima de tudo, cumprindo com os objetivos previamente previstos.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalho futuro, torno explícito a importância em medir a real eficiência deste estudo no decorrer do período de um ano após sua implementação, incorporando os ajustes necessários ao plano de manutenção, para que sua *performance* esteja alinhada com as métricas da organização. Estão previstas alterações junto ao plano de manutenção, até mesmo, por tratar-se de um equipamento novo, que sofre ajustes naturais ao longo de sua operação.

Posterior à implementação e viabilização dos resultados, é possível expandir esta metodologia para outros equipamentos. Meu voto seria para equipamentos já operantes, com histórico de manutenção extenso e que apresentem elevada taxa de falha, os quais necessitam de um plano de manutenção reestruturado, permitindo sua confecção conforme metodologia MCC, abordada neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALLE, G. M. A. **Análise numérico-experimental das tensões residuais induzidas por jateamento com granalhas em molas automotivas.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CYM Materiales. **Introdução Geral ao Sistema de Jateamento.** Argentina. 2014. Disponível em: <<http://www.cymmateriales.com.ar/cym-informes.php>>. Acesso em: 20 ago.2014.

FILHO, Gil Branco. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade.** 4.ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial.** Rio de Janeiro, Elsevier, 2009.

GRANALHAS Tupy. **Acabamento perfeito em qualquer aplicação.** Joinville- SC, 2014. Disponível em: <http://www.tupy.com.br/imagens/promocional/catalogo_tecnico_granalhas.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2014

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de Manutenção Preditiva.** São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

NETO, Francisco Kulcsar. **Alternativas Tecnológicas.** Fundacentro, São Paulo, pág. 1-22, 2005.

OLIVEIRA, B. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Um estudo para operacionalização do MCC para uma empresa de logística.** Porto Alegre – RS, 2014. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/33174/000787423.pdf?...1>> Acesso em: 12 out. 2014.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos:** Prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. São Paulo: Instituto IMAM, 1997.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: Função Estratégica.** 2. ed. Rio de Janeiro: Quality mark, 2001.

RÖSLER, Stephan. **Manual Operacional:** Seção de jateamento com esteira de roletes. Alemanha, 2014.

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

TAVARES, Lourival. **Administração Moderna da Manutenção.** Rio de Janeiro: NAT, 1999.

XENOS, Harilaus Georgius. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Minas Gerais: INDGTecs, 2004.

APÊNDICE A - FMEA

Sistema	Sub. Sistema	Modos de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Controles Atuais	O	S	D	RPN
SISTEMA DE JATEAMENTO	Cabine	Quebra de componentes	Parada funcional	Choques mecânicos	Inspeção visual (periódica)	6	7	8	336
		Ressonância dos componentes	Parada funcional	Mau dimensionamento	Sem inspeção	2	7	9	126
		Fadigas cíclica	Parada funcional	Esforço repetitivo pontual	Sem inspeção	2	9	8	144
		Fratura de uniões soldadas	Rompimento de componentes e parada	Solda mau feita	Inspeção visual (periódica)	4	10	8	320
		Fratura de uniões móveis	Rompimento de componentes e parada funcional	Tipo de união não recomendada para esta aplicação	Inspeção visual (periódica)	5	7	8	280
		Desgaste/folgas mecânico	Comprometimento das funcionalidades	Má seleção da matéria-prima	Inspeção visual (periódica)	6	5	5	150
		Falta de lubrificação	Fundição do motor	Tubulação obstruída	Inspeção visual (periódica)	3	7	9	189
		Aquecimento excessivo	Fundição do motor	Lubrificante incorreto	Inspeção periódica (termômetro digital)	4	7	8	224
		Quebra da carcaça	Quebra de componentes	Choques mecânicos	Inspeção visual (periódica)	5	6	6	180
		Componentes elétricos danificados	Parada funcional	Choques mecânicos	Inspeção periódica (análise termográfica)	6	6	6	216
		Queima do motor	Parada funcional	Esforço excessivo	Inspeção periódica (análise termográfica)	6	10	7	420
		Desgaste de rolamentos e engrenagens	Quebra de componentes	Nível de óleo baixo	Inspeção periódica (análise termográfica)	5	9	6	270
		Defeito de isolamento no motor	Aquecimento excessivo	Manutenções irregulares	Sem inspeção	7	7	8	392
		Acoplamentos danificados	Desgaste prematuro	Desalinhamento	Inspeção visual (periódica)	5	7	6	210
		Eixo empenado	Vibração	Esforço em posição irregular	Sem inspeção	7	6	9	378
Não-alinhamento de componentes na instalação	Desgaste prematuro	Ferramentas impróprias	Inspeção periódica de manutenção (laser)	7	5	9	315		
Sistema	Sub. Sistema	Modos de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Controles Atuais	O	S	D	RPN
SISTEMA DE JATEAMENTO		Válvula dosadora danificada	Falha na dosagem de granalha	Falha de lubrificação	Inspeção visual (periódica)	4	6	6	144
		Válvula solenóide comprometida	Volume incorreto na entrada de granalha	Excedeu a quantidade operante de ciclos	Inspeção visual (periódica)	5	6	6	180
		Sist. de acoplamento danificado	Ruído anormal e desgaste prematuro	Falha na instalação	Inspeção visual (periódica)	5	6	5	150
		Carcaça danificada	Disperdiço de granalha	Parâmetros operacionais incorretos	Inspeção visual (periódica)	6	6	6	216
		Fratura de uniões móveis	Rompimento de componentes e parada funcional	Tipo de união não recomendada para esta aplicação	Inspeção visual (periódica)	5	7	6	210
		Rotação operacional oscilando	Desgaste prematuro	Operador não capacitado	Inspeção visual (periódica)	3	8	7	168
		Queima do motor	Parada funcional	Esforço excessivo	Inspeção periódica de manutenção (análise termográfica)	6	10	7	420
		Desgaste de rolamentos e engrenagens	Quebra de componentes	Nível de óleo baixo	Inspeção periódica de manutenção (análise de vibração)	5	9	6	270
		Defeito de isolamento	Aquecimento excessivo	Manutenções irregulares	Sem inspeção	7	7	8	392
		Afrouxamento de uniões móveis	Rompimento de componentes e parada funcional	Falta de torque no aperto	Inspeção periódica de manutenção (torquímetro)	5	9	8	360
		Acoplamentos danificados	Desgaste prematuro	Desalinhamento	Inspeção visual (periódica)	5	7	6	210
		Folgas mecânicas	Vibração	Desalinhamento	Inspeção visual (periódica)	6	7	7	294
		Eixo empenado	Vibração	Esforço em posição irregular	Sem inspeção	7	6	9	378
		Não-alinhamento na instalação	Desgaste prematuro	Ferramentas impróprias	Inspeção periódica de manutenção (laser)	7	5	9	315

Sistema	Sub. Sistema	Modos de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Controles Atuais	O	S	D	RPN
SISTEMA DE JATEAMENTO	Sistema de circulação e limpeza da granalha	Baixa eficiência	Perdas produtivas	Parâmetros operacionais incorretos	Sem inspeção	5	5	7	175
		Falta de lubrificação	Fundição das partes móveis	Elemento lubrificante impróprio	Sem inspeção	5	7	6	210
		Helicóide danificado	Perdas produtivas	Ação abrasiva entre granalha e helicóide	Inspeção visual (periódica)	5	4	5	100
		Folgas mecânicas	Quebra de componentes	Desgaste prematuro	Inspeção visual (periódica)	7	6	6	252
		Fratura de uniões soldadas	Rompimento de componentes e parada funcional	Solda mau feita	Inspeção visual (periódica)	3	9	10	270
		Fratura de uniões móveis	Rompimento de componentes e parada funcional	Tipo de união não recomendada para esta aplicação	Inspeção visual (periódica)	5	7	9	315
		Desgaste da chaveta (motor X eixo)	Folgas mecânicas - paradas produtivas	Rasgo de chaveta muito grande	Inspeção visual (periódica)	3	6	7	126
		Desgaste do rasgo de chaveta	Folgas mecânicas - paradas produtivas	Chaveta com dimensões inferiores ao especificado	Inspeção visual (periódica)	3	6	7	126
		Suporte anti-rotação solto	Quebra de componentes	Falha de torque	Inspeção periódica de manutenção (torquímetro)	4	6	7	168
		Eixo empenado	Esforço excessivo -Quebra de componentes	Esforço excessivo	Sem inspeção	2	6	9	108
		Sist. de acoplamento danificado	Desgaste prematuro	Desgaste prematuro	Inspeção visual (periódica)	5	6	6	180
		Motores de acionamentos comprometidos	Parada funcional	Falta de energia	Inspeção periódica (análise termográfica)	6	9	9	486
		Desgaste das escovas	Perdas produtivas	Uso excessivo	Inspeção visual (periódica)	5	6	6	180
		Ventilador desalinhado	Não limpar toda extensão da peça	Choques mecânicos	Inspeção visual (periódica)	5	7	3	105
		Queima do motor	Parada funcional	Esforço excessivo	Inspeção periódica (análise termográfica)	6	10	7	420
		Desgaste de rolamentos e	Quebra de componentes	Nível de óleo baixo	Inspeção periódica (análise de vibração)	5	9	6	270
		Defeito de isolamento	Aquecimento excessivo	Manutenções irregulares	Sem inspeção	7	7	8	392
		Quebra da carcaça	Quebra de componentes	Choques mecânicos	Inspeção visual (periódica)	6	6	6	216
		Afrouxamento de uniões móveis	Rompimento de componentes e parada funcional	Falta de torque no aperto	Inspeção periódica de manutenção (torquímetro)	5	9	8	360
		Acoplamentos danificados	Desgaste prematuro	Desalinhamento	Inspeção visual (periódica)	5	7	6	210
Não-alinhamento na instalação	Desgaste prematuro	Ferramentas impróprias	Inspeção periódica de manutenção (laser)	7	5	9	315		
Desgaste/ressecamento das correias	Rompimento de componentes e parada funcional	Excedeu o período de reparos	Inspeção visual (periódica)	4	6	6	144		
Desgaste/quebra das canecas	Rompimento de componentes e parada funcional	Ação abrasiva entre granalha e canecas	Inspeção visual (periódica)	4	7	6	168		
Sistema	Sub. Sistema	Modos de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Controles Atuais	O	S	D	RPN
SISTEMA DE JATEAMENTO	Sistema de coleta de pó	Queima do motor	Parada funcional	Esforço excessivo	Inspeção periódica (análise termográfica)	6	10	7	420
		Filtros pneumáticos sujos	Falta de pressão no sistema	Excesso de sujidades na rede pneumática	Inspeção visual (periódica)	4	6	6	144
		Sensores fora de posição	Falha no posicionamento do ventilador/peças	Choques mecânicos	Inspeção visual (periódica)	3	6	6	108
		Desgaste de rolamentos	Quebra de componentes	Ação de fulgens do processo	Inspeção periódica (análise de vibração)	4	6	6	144
		Defeito de isolamento	Fundição do motor	Aquecimento excessivo	Sem inspeção	5	7	7	245
		Quebra da carcaça	Quebra de componentes	Choques mecânicos	Inspeção visual (periódica)	6	7	6	252
		Desgaste das pás de exaustão	Perdas produtivas	Operação fora dos parâmetros	Inspeção visual (periódica)	4	7	6	168
		Afrouxamento de uniões móveis	Rompimento de componentes e parada funcional	Falta de torque no aperto	Inspeção periódica (torquímetro)	5	9	7	315
		Válvula de estrangulamento danificada	Permitir passagem de volumes de granalha fora do especificado	Ar comprimido sujo	Sem inspeção	3	6	8	144
Folgas mecânicas	Quebra de componentes	Ação abrasiva da granalha	Inspeção visual (periódica)	4	7	6	168		

Sistema	Sub. Sistema	Modos de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Controles Atuais	O	S	D	RPN
SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO	Sistema de movimento e fixação da peça	Quebra do eixo	Parada funcional	Esforço excessivo	Sem inspeção	7	10	9	630
		Falha de lubrificação	Desgaste prematuro	Tubulação obstruída	Inspeção visual (periódica)	4	6	8	192
		Folga nos mancais	Quebra de componentes	Torque insuficiente	Inspeção periódica (análise de vibração)	5	6	6	180
		Afrouxamento de uniões móveis	Rompimento de componentes e parada funcional	Falta de torque no aperto	Inspeção periódica (torquímetro)	6	9	8	432
		Motores de acionamentos comprometidos	Parada funcional	Operar fora da faixa recomendada	Inspeção periódica (megômetro, multíteste)	6	9	7	378
		Não aciona movimentos	Parada funcional	Falha elétrica	Inspeção visual (periódica)	7	10	3	210
		Reservatório hidráulico sujo	Danificar componentes hidráulicos	Reposição de óleo contaminado ao sistema	Inspeção visual (periódica)	3	7	7	147
		Óleo contaminado	Danificar componentes hidráulicos	Reutilização do óleo hidráulico	Inspeção periódica (Análise de composição)	5	9	9	405
		Bomba de engrenagem oscilando pressão	Parada funcional	Sujeira no sistema	Inspeção periódica (manômetro)	2	10	10	200
		Sensores fora de posição	Informação incorreta do posicionamento das peças	Vibração excessiva do conjunto	Inspeção visual (periódica)	4	7	6	168
		Cilindros hidráulicos com vazamento interno	Perdas produtivas	Desgaste prematuro	Inspeção visual (periódica)	2	9	10	180
		Desgaste de rolamentos e engrenagens	Quebra de componentes	Nível de óleo baixo	Inspeção periódica (análise de vibração)	5	9	6	270
		Defeito de isolamento	Aquecimento excessivo	Manutenções irregulares	Sem inspeção	7	7	8	392
		Quebra da carcaça	Quebra de componentes	Choques mecânicos	Inspeção visual (periódica)	6	6	6	216
		Afrouxamento de uniões móveis	Rompimento de componentes e parada funcional	Falta de torque no aperto	Inspeção periódica de manutenção (torquímetro)	5	9	8	360
		Acoplamentos danificados	Desgaste prematuro	Desalinhamento	Inspeção visual (periódica)	5	7	6	210
		Folgas mecânicas	Vibração	Desalinhamento	Inspeção visual (periódica)	6	7	7	294
		Eixo empenado	Vibração	Esforço em posição irregular	Sem inspeção	7	6	9	378
Não-alinhamento de componentes durante instalação	Desgaste prematuro	Ferramentas impróprias	Inspeção periódica de manutenção (laser)	7	5	9	315		
Sistema	Sub. Sistema	Modos de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha	Controles Atuais	O	S	D	RPN
SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E JATEAMENTO	Controles e Instrumentação	Equipamento não liga	Parada funcional	Não possui alimentação	Sem inspeção	2	10	6	120
		Equipamento não reconhece os programas	Parada funcional	CLP deprogramado	Sem inspeção	2	10	6	120
		CLP não apresenta alimentação	Parada funcional	Sistema elétrico defeituoso	Sem inspeção	4	10	6	240
		Aquecimento excessivo	Quebra de componentes	Ligação elétrica incorreta	Inspeção periódica (análise termográfica)	4	8	6	192
		Terminais elétricos soltos	Falhas intermitentes	Falha no aperto do terminal	Inspeção visual (periódica)	4	6	8	192
		Cabos elétricos descascados	Quebra de componentes	Choques mecânicos	Inspeção visual (periódica)	4	7	5	140
		Erro de comunicação do CLP	Parada funcional	Programas incorretos	Sem inspeção	2	10	8	160
		Cabos elétricos expostos	Quebra de componentes	Blindagem de proteção não instalada	Inspeção visual (periódica)	3	7	5	105
		Software desatualizado	Parada funcional	Falta de conhecimento na reprogramação	Sem inspeção	2	9	6	108
		Chave de alimentação desarmando	Perdas produtivas	Incapacidade elétrica	Sem inspeção	5	9	2	90
		Componentes elétricos soltos	Parada funcional	Falha no aperto após inspeção	Inspeção visual (periódica)	2	7	8	112
		Temporizadores fora do ponto	Parada funcional	Programação incorreta	Sem inspeção	2	8	7	112

APÊNDICE B - PLANOS DE MANUTENÇÃO

PLANO PREVENTIVO PARA JATO COM GRANALHA - MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE										
FREQUÊNCIA (horas)	ATIVIDADE	QUANTIDADE DE TÉCNICOS	RECURSOS FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	TEMPO NECESSÁRIO (horas)	SISTEMA DE ACELERAÇÃO DA GRANALHA	SISTEMA DE CIRCULAÇÃO E LIMPEZA DA GRANALHA	SISTEMA DE COLETA GEM DE PÓ	CABINE	SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E FIXAÇÃO DA PEÇA	CONTROLES E INSTRUMENTAÇÃO
8	Verificar funcionamento do sistema de segurança (botões de emergência, cabos dos transportadores)	2	Luvas, panos, paleta	0,5				X	X	X
	Verificar saída de granalha				X	X	X	X		
	Inspeccionar vibração das turbinas				X	X	X	X		
	Verificar mangueiras e tubulações				X	X	X	X	X	
	Verificar se não há entupimento ou falhas no sistema de descarte de pó				X	X	X	X		
	Esvaziar recipiente de coletor de poeira						X			
	Ruídos anormais em motores de acionamento, mancais				X	X	X	X	X	X
Inspeccionar se há sujeira nas mangueiras de retorno de granalha	X	X	X	X						
50	Verificar funcionamento de válvulas de granalha	2	Luvas, alinhador infravermelho, lanternas, pá e vassoura, máscara, aspirador de pó e ferramentas manuais	4	X	X	X	X		
	Verificar revestimento metálico da câmara de jateamento							X		
	Cortina de Granalha (regulado por comporta pêndulo)				X			X		
	Verificar passagem de granalha (desgaste ou entupimento)				X	X	X	X		
	Verificar nível de granalha no reservatório				X	X				
	Inspeccionar e limpar peneiras						X			
	Inspeccionar pás das turbinas				X			X		
	Inspeccionar dosador de granalha				X		X	X		
	Inspeccionar impulsor de turbinas				X		X			
	Verificar condições dos elementos filtrantes dos sistema de exaustão (filtros)						X	X		
	Limpar sistema de filtragem do painel elétrico				X	X	X			
Inspeccionar tensionamento dos cabos do sistema de segurança	X	X	X	X	X	X	X			
200	Analisar composição da mistura de granalha	2	Chapa 2X1,5m, luvas, máscara, lanterna, coletor de resíduos e ferramentas manuais	6	X	X				
	Inspeccionar tubos de admissão de granalha				X	X	X	X		
	Inspeccionar placas de revestimento das turbinas				X			X		
	Verificar ponto quente (ponto com maior incidência do feixe de jatos com granalhas)				X			X		
	Inspeccionar desgastes nas canecas ou afrouxamento						X			
	Inspeccionar desgastes no tambor de retorno e tambor de tração				X					
	Inspeccionar nível de óleo do sistema subrefil e repor se necessário				X	X	X	X	X	
	Verificar vedações da transmissão				X	X	X	X	X	X
Verificar nível de óleo do reservatório de transfers							X			
PLANO PREVENTIVO PARA JATO COM GRANALHA - MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE										
FREQUÊNCIA (horas)	ATIVIDADE	QUANTIDADE DE TÉCNICOS	RECURSOS FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	TEMPO NECESSÁRIO (horas)	SISTEMA DE ACELERAÇÃO DA GRANALHA	SISTEMA DE CIRCULAÇÃO E LIMPEZA DA GRANALHA	SISTEMA DE COLETA GEM DE PÓ	CABINE	SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E FIXAÇÃO DA PEÇA	CONTROLES E INSTRUMENTAÇÃO
1000	Verificar desgastes no transportador sem-fim	2	Luvas, máscaras, funil, lubrificantes, panos, ferramentas manuais	8		X				
	Inspeccionar desgastes em mancais do transportador sem-fim				X	X	X			
	Verificar funcionamento dos interruptores de segurança				X	X	X	X	X	X
	Verificar funcionamento dos botões e cabos de segurança				X	X	X	X	X	X
	Verificar condições das escovas de limpeza				X					
	Inspeccionar funcionamento e ajustes do sistema de regulagem hidráulica de alturas das escovas				X					
	Inspeccionar tensão e desgaste das correntes da escovas de limpeza				X					
	Inspeccionar tensão e desgastes da corrente do sem-fim				X	X	X	X		
	Verificar nível de óleo da transmissão				X	X	X	X	X	
	Inspeccionar vedações dos redutores				X	X	X	X	X	
2000	Inspeccionar afrouxamento de uniões móveis (reapertar se necessário)	2	Luvas, panos, máscara, coletor de resíduos, lanterna e lubrificantes	10	X	X	X	X	X	
	Revisar condições da carcaça de motores e motoredutores, substituir se necessário				X	X	X	X	X	
	Inspeccionar folgas mecânicas gerais, empenamento de eixos ou desalinhamento de conjuntos				X	X	X	X	X	
	Substituir óleo da transmissão das mesas de transporte transversal (óleo OMALA S2G680)				X	X			X	X
	Substituir óleo da transmissão do elevador de canecas (óleo OMALA S2G680)				X	X	X	X	X	X
	Substituir óleo da transmissão das escovas de limpeza (óleo OMALA S2G680)				X	X			X	X
	Substituir óleo da transmissão helicoidal (2) e do sistema de limpeza (óleo OMALA S2G680)				X	X			X	X
Substituir óleo da transmissão das esteiras de roletes externas (óleo OMALA S2G220)	X	X			X	X				
ANUAL	Substituir elementos filtrantes do coletor de pó;	2	Plataforma pantográfica, máscara, luvas, ferramentas manuais, megômetro, termômetro digital, peças sobressalentes	14	X	X	X	X	X	X
	Realizar análise de vibração em mancais, motores de acionamento (conjuntos maiores que executam função crítica junto ao equipamento);				X	X	X	X	X	X
	Substituir rolamentos menores, se necessário				X	X	X	X	X	X
	Inspeccionar toda estrutura metálica (enfatizar a inspeção de trincas, fraturas estruturais). Se necessário efetuar serviços de solda, reforçando a estrutura. Sempre que possível, compreender a causa raiz da situação;				X	X	X	X	X	X
	Megar o motor (verificar as condições de isolamento do motor);				X	X	X	X	X	X
	Inspeccionar condições dos acoplamentos, substituir se necessário;				X	X	X	X	X	X
	Realizar inspeção térmica junto aos painéis elétricos (identificar componentes danificados e substituí-los/aterramento				X	X	X	X	X	X
	Manter controle sobre atualizações e manutenções de CLP e painel em geral				X	X	X	X	X	X

APÊNDICE C - CHECK LIST

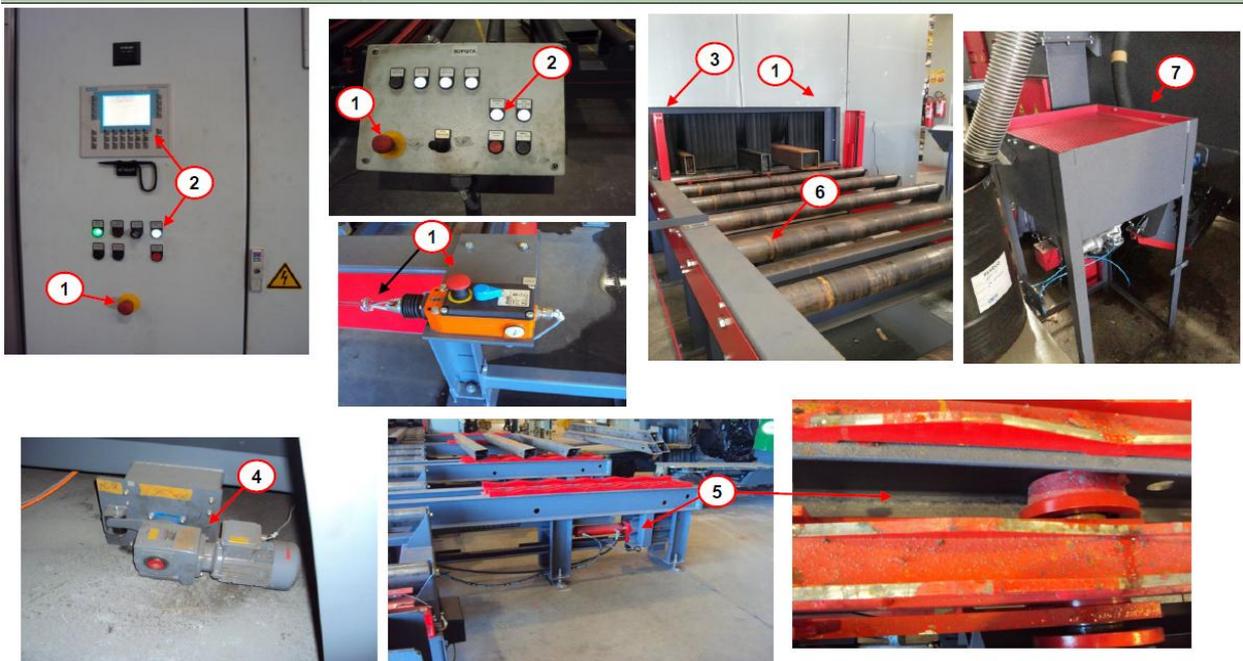
ATIVIDADES DE INSPEÇÃO DIÁRIA - JATO COM GRANALHA				Revisado por:	Aprovado por:	Data	Emitido
OBSERVAÇÕES	ITEM	ONDE	ATIVIDADE	MÉTODO	FERRAMENTA / EPI	TEMPO (H)	
	1	Botoeira	Sistema de segurança - Teste o funcionamento do botão de emergência (botão de emergência e cortinas). # Interrompa o funcionamento do equipamento pressionando o botão de emergência.	Visual/Manual		0:01:00	
	2	Painel de controle	Examinar a ocorrência de sujeira no painel de controle. # Inspeccionar o sistema de ventilação ou o tecido do filtro, caso necessitar limpar e ou solicitar troca o filtro do painel.	Visual/Manual	Panos, solução de limpeza	0:01:00	
	3	Cortinas de segurança	Limpar cortinas de segurança com papel algodão próprio. # Evitar choques bruscos para que não altere o posicionamento das cortinas. # Usar sempre papel algodão próprio, impedindo riscos ou danos maiores a lente da cortina.	Visual/Manual	Papel Algodão	0:01:00	
	4	Motoredutor	Verificar se não há vazamentos nos motoredutores. # Cabe também ver se há ruídos anormais ou folgas mecânicas grosseiras.	Visual/Manual/Auditivo	Panos, solução de limpeza	0:03:00	
	5	Transfer	Verificar funcionamento do <i>transefer</i> e limpar uma vez por semana # Verificar se não há vazamentos hidráulicos ou pneumáticos, folgas mecânicas e ruídos anormais	Visual/Manual/Auditivo		0:02:00	
	6	Esteira de Roletes	Verificar condições e funcionamento da esteira de rolete # Verificar ruídos anormais ou possíveis folgas (desgastes).	Visual/Manual/Auditivo		0:00:30	
	7	Reservatório	Verificar nível de granalha no reservatório repor granalha se necessário	Visual/Manual		0:02:00	
	8	Coletor	Verificar nível de pó no tambor coletor (Trocar tambor se necessário)	Visual/Manual		Audi	
	9	Equipamento	Verificar ruídos anormais	Auditivo		0:01:00	

Turnos	SEMANA								SEMANA								SEMANA								SEMANA								
	DOM	SEG	TER	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB			
T	1									1								1								1							
U	2									2								2								2							
R	3									3								3								3							
N	4									4								4								4							
O	5									5								5								5							
A	6									6								6								6							
	7									7								7								7							
	8									8								8								8							
	9									9								9								9							

NOME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T																																				
U																																				
R																																				
N																																				
O																																				
A																																				
B																																				

CHECK LIST - JATO COM GRANALHA

FOTOS - LOCAL DA ATIVIDADE (Seguir numeração indicativa)



ATIVIDADES DE INSPEÇÃO DIÁRIA - JATO COM GRANALHA										Revisado por:	Aprovado por:	Data	Emitido															
OBSERVAÇÕES	ITEM	ONDE	ATIVIDADE								MÉTODO	FERRAMENTA / EPI	TEMPO															
	10	Mangueiras	Verificar condições das mangueiras # Verificar se há mangueiras danificadas (vazamento de ar ou de óleo).								Auditivo/Visual		0:01:00															
	11	Chapas de proteção	Verificar porcas de fixação das chapas de proteção # Inspecionar se o conjunto porca/parafuso está posicionado corretamente junto as proteções								Visual		0:03:00															
	12	Flange distanciador	Verificar posicionamento da flange distanciador para o ajuste da escova interna chata								Visual		0:02:00															
REALIZAR O BLOQUEIO NA PORTA DE ACESSO A ÁREA INTERNA DO JATO DE GRANALHA ANTES DE REALIZAR AS ATIVIDADES A SEGUIR																												
	13	Chapas	Verificar desgaste das chapas de revestimento interno								Visual		0:04:00															
	14	Palhetas/Escova	Verificar desgaste das palhetas e da escova								Visual		0:02:00															
	15	Parafusos Turbinas	Verificar se os parafusos das turbinas estão apertados								Visual/Manual	Chave 19mm	0:05:00															
	16	Equipamento	Limpar o equipamento								Manual	Pano e solução de limpeza	0:03:00															
	17	Equipamento	Verificar se há sujeira no fosso # Se necessário solicitar ao supervisor para que realizem a limpeza								Visual/Manual		0:03:00															
Turnos	SEMANA							SEMANA							SEMANA							SEMANA						
	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB
TURNO A	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>										
	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>											
	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>											
	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>											
	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>											
	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>											
	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>											
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>																
NOME																												
TURNO B	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>	10	<input type="checkbox"/>											
	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>	11	<input type="checkbox"/>											
	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>	12	<input type="checkbox"/>											
	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>	13	<input type="checkbox"/>											
	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>	14	<input type="checkbox"/>											
	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>	15	<input type="checkbox"/>											
	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>	16	<input type="checkbox"/>											
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>	17	<input type="checkbox"/>																

CHECK LIST - JATO COM GRANALHA

FOTOS - LOCAL DA ATIVIDADE (Seguir numeração indicativa)

