

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

SAMUEL SANDRO VICENTE

**IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM UMA PONTE ROLANTE DE MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

SAMUEL SANDRO VICENTE

**IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM UMA PONTE ROLANTE DE MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Engenharia da Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM UMA PONTE ROLANTE DE MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS

por

SAMUEL SANDRO VÍCENTE

Esta monografia foi apresentada em 03 de novembro de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Carlos Henrique Mariano Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Membro Titular da Banca – UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho à minha esposa Danieli e meus filhos Leonardo e Ana Carolina pelo apoio e incentivo durante todo o decorrer dessa Pós Graduação e também pela compreensão que tiveram em todos os momentos em que estive ausente da minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela minha vida, minha saúde e minha família. Por ter me dado inteligência e sabedoria para poder concluir esse curso, por ter me abençoado em todos os momentos difíceis, sempre ter me protegido nessas viagens entre Joinville e Curitiba.

Agradeço ao meu gerente Lincoln Possada de Rezende por ter dado a oportunidade de realizar esta Pós Graduação, pelo incentivo, compreensão e apoio em todos os momentos, pela disponibilidade e todos os recursos necessários.

Aos meus mestres e professores da Reliasoft que dedicaram seu tempo e compartilharam seus conhecimentos comigo me proporcionaram um excelente ambiente de aprendizado.

Aos meus amigos pela amizade, parceria, companhia e apoio durante todo o curso, e em especial aos meus amigos que sempre estávamos no mesmo automóvel durante as viagens e proporcionaram momentos muitos agradáveis e felizes.

RESUMO

VICENTE, Samuel Sandro. **Implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma Ponte Rolante de Movimentação de Bobinas**. 2017. 69 fls. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Esse trabalho apresenta a aplicação da metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma ponte rolante de movimentação de bobinas na ArcelorMittal Vega. O objetivo é de utilizar a MCC para a revisão do atual plano de manutenção desse equipamento, além de disseminar a metodologia na equipe de manutenção e também servir como projeto piloto para ser replicado nas demais pontes rolantes da empresa. Para a realização dos estudos foi utilizada a metodologia da MCC definida no Plano Diretor de Manutenção da empresa, que contém todas as etapas da MCC, tabelas e classificações dos modos de falhas. Para o estudo também foram utilizados os manuais do equipamento, histórico de falhas e experiência da equipe. O estudo foi realizado até a etapa 6 da MCC e continuará com as demais etapas de acordo com o cronograma de implantação. Até o término dessa etapa do estudo foram determinados todos os modos de falhas, sua classificação quanto à criticidade, quais as tarefas de manutenção efetivas que devem ser aplicadas, a periodicidade e o agrupamento dessas tarefas. O novo plano de manutenção ficou mais efetivo devido ser elaborado utilizando a metodologia da MCC. A equipe de implantação teve durante o desenvolvimento do trabalho uma grande evolução no conceito e na aplicação da metodologia. Com base na qualidade e evolução do trabalho realizado como piloto na ponte rolante GH2, o estudo será replicado para as demais pontes rolantes existente na empresa, após serem concluídas as demais fases da implantação.

Palavras-chave: Manutenção Centrada na Confiabilidade. Plano Diretor de Manutenção. Ponte Rolante.

ABSTRACT

VICENTE, Samuel Sandro. Implementation of Reliability Centered Maintenance methodology in a coil handling crane. 2017. 69 fls. Monograph (Specialization in Reliability Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2017.

This project presents the application of the Reliability Centered Maintenance methodology in a coil handling crane at ArcelorMittal Vega. The objective is to use the RCM to review the current maintenance plan for this equipment, as well as to disseminate the methodology in the maintenance team and also serve as a pilot project to be replicated in the company's other overhead cranes. In order to carry out the studies, the RCM methodology defined in the Company's Maintenance Management Plan was used, which contains all the RCM steps, tables and classifications of failure modes. The equipment manuals, history of failures and team experience were also used for the study. The study was completed until step 6 of the RCM and will continue with the other steps according to the implementation schedule. Until the end of this stage of the study, all failure modes, their criticality classification, the effective maintenance tasks to be applied, the periodicity and the grouping of these tasks were determined. The new maintenance plan became more effective because it was developed using the RCM methodology. The implementation team had during the development of the work a great evolution in the concept and the application of the methodology. Based on the quality and evolution of the work carried out as a pilot in the GH2 crane, the study will be replicated for the other existing cranes in the company, after completing the other phases of the implementation.

Keywords: Reliability Centered Maintenance. Maintenance Management Plan. Overhead Crane.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Lay-out geral do site da ArcelorMittal Vega em S.F.S.....	13
Figura 2.1 – Desenho da Ponte Rolante GH2	20
Figura 3.1 – Evolução da Manutenção	30
Figura 3.2 – Procedimento de Implementação da MCC.....	33
Figura 3.3 – Fluxo de Decisão das Funções Significativas	37
Figura 3.4 – Níveis de Avaliação das Consequências.....	38
Figura 3.5 – Logica de Seleção das Tarefas de Manutenção	39
Figura 3.6 – Gráfico Intervalo P-F	40
Figura 4.1 – Organograma da estrutura da MCC	44
Figura 4.2 – Cronograma de Implementação da MCC.....	45
Figura 4.3 – Sistemas Funcionais da Ponte Rolante.....	46
Figura 4.4 – Capa do Manual de Operação e Manutenção de Ponte Rolante	47
Figura 4.5 – Desenho Geral da Ponte Rolante GH2	48
Fotografia 2.1 – Ponte Rolante GH2	20
Fotografia 2.2 – Sistema de Translação da Ponte – Rodas	21
Fotografia 2.3 – Sistema de Translação da Ponte – Para-choque e Motoredutor.....	22
Fotografia 2.4 – Sistema de Translação do Carro – Roda e Motoredutor	23
Fotografia 2.5 – Sistema de Translação do Carro – Transportador de Cabos	23
Fotografia 2.6 – Sistema de Elevação – Motor, Redutora, Freio e Dromo	24
Fotografia 2.7 – Sistema de Translação da Cabine – Cabine	25
Fotografia 2.8 – Sistema de Alimentação Elétrica – Barramento	26
Fotografia 2.9 – Sistema de Alimentação Elétrica – Painel Elétrico	27
Fotografia 2.10 – Sistema de Alimentação Elétrica – Pantógrafo	27
Quadro 4.1 – Planilha de Descrição Do Sistema	49
Quadro 5.1 – Resumo Modos de Falha.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Índice de Severidade.....	60
Tabela 4.2 – Índice de Ocorrência	61
Tabela 4.3 – Índice de Detecção.....	62
Tabela 4.4 – Tarefa de Manutenção Aplicável de Acordo com RCM	63

LISTA DE SIGLAS

MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality analysis
FMEA	Failure Modes, and Effects Analysis
MSG	Maintenance Steering Group
RCM	Reliability Centered Maintenance
PDM	Plano Diretor de Manutenção
FP	Função Principal
FF	Falha Funcional
NPR	Risk Priority Number

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	TEMA	12
1.1.1	Delimitação da Pesquisa	13
1.2	PREMISSAS E PROBLEMAS	14
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	JUSTIFICATIVA	15
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2	OBJETO DE ESTUDO	18
2.1	CONTEXTO OPERACIONAL DA PONTE ROLANTE GH2	18
2.2	DESCRIÇÃO DA PONTE ROLANTE GH2	19
2.3	SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPITULO	28
3	REFERENCIAL TEÓRICO	30
3.1	A EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	30
3.2	A ORIGEM DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE	31
3.3	A METODOLOGIA DA MCC	32
3.4	ETAPA 0 – ADEQUAÇÃO DA MCC	33
3.5	ETAPA 1 – PREPARAÇÃO	34
3.6	ETAPA 2 - SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES	34
3.7	ETAPA 3 – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS SEUS EFEITOS E SUA CRITICIDADE (FMECA)	35
3.8	ETAPA 4 – SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTE E CLASSIFICAÇÃO DOS SEUS MODOS DE FALHAS	37
3.9	ETAPA 5 – SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS	38
3.10	ETAPA 6 – DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS INICIAL E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO	39
3.11	ETAPA 7 – ELABORAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO	41
3.12	ETAPA 8 – ACOMPANHAMENTO E REALIMENTAÇÃO	41
3.13	SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPITULO	41
4	IMPLEMENTAÇÃO DA MCC NA PONTE ROLANTE GH2	43
4.1	ETAPA 0 – ADEQUAÇÃO DA MCC	43
4.2	ETAPA 1 – PREPARAÇÃO	44
4.3	ETAPA 2 – SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES	45
4.4	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DA MCC	48
4.5	SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPITULO	64
5	CONCLUSÃO	65
5.1	TRABALHOS FUTUROS	67
	REFERENCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do produto, a segurança de funcionários e terceiros, o atendimento aos requisitos ambientais já está totalmente incorporado nas empresas e tem seus processos de monitoramento e controle devidamente implantados. Esses parâmetros já não são mais diferenciais, mas questões de obrigatoriedade e necessidade vital a sobrevivência no mundo globalizado.

Em um cenário cada vez mais competitivo e com margens de lucro mais apertadas, a busca por melhor utilização dos recursos esta ganhando cada vez mais importância nas organizações e com isso o foco esta sendo direcionado para a Gestão de Ativos.

1.1 TEMA

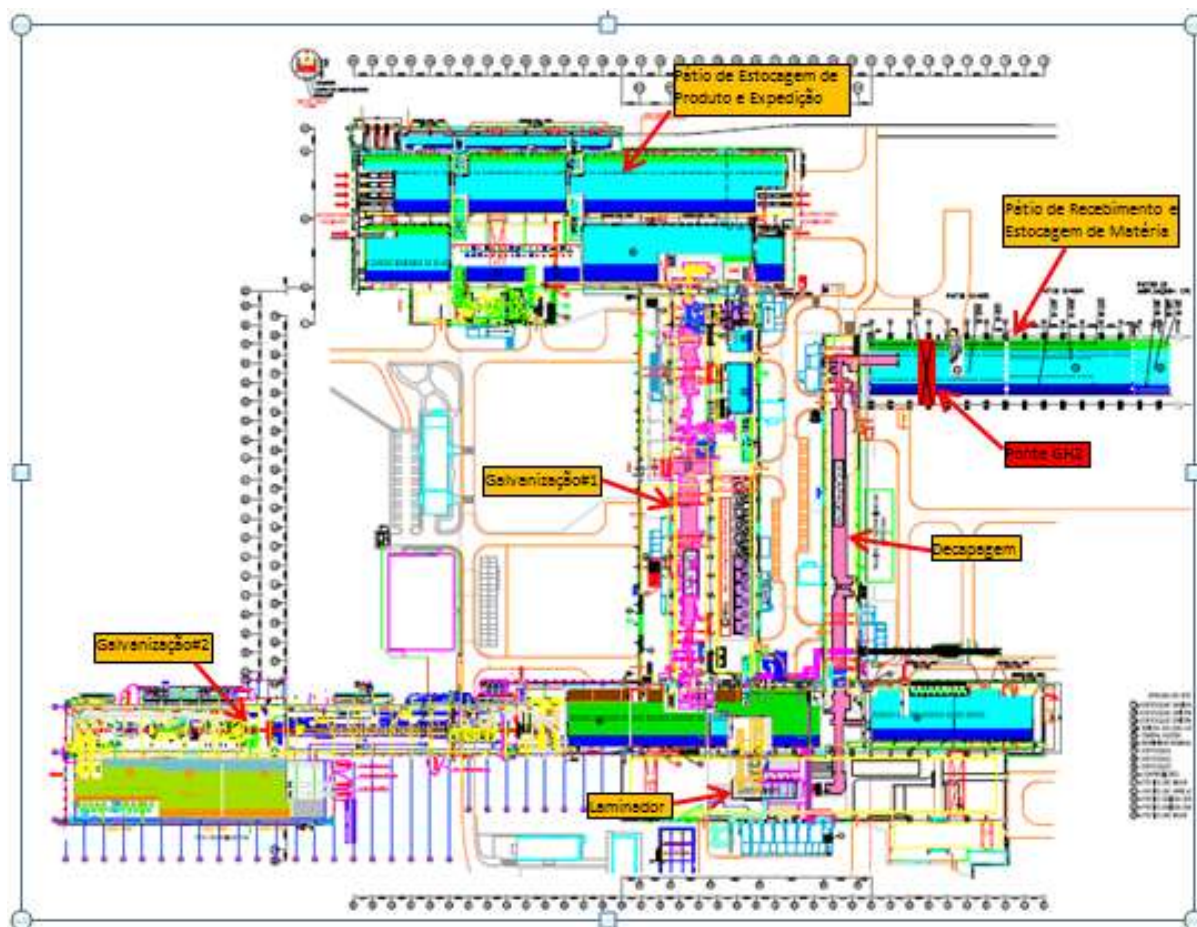
A busca por maior disponibilidade dos ativos para a produção, redução no número de paradas não programadas, redução de custo com sobressalentes, otimização das equipes de manutenção, fazem com que as empresas busquem constantemente a implementação de novas metodologias e ferramentas visando aumentar a confiabilidade dos equipamentos.

Diante desse cenário a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) foi a metodologia escolhida pela gestão da manutenção da ArcelorMittal para ser aplicada nas Pontes Rolantes

Esses equipamentos são responsáveis pela movimentação de bobinas e são de fundamental importância para os processos produtivos. Desde o recebimento da matéria prima, alimentação das linhas de produção, embalagem e expedição, todos esses processos são feitos com a utilização de Ponte Rolante, dessa forma uma parada não programa vem a impactar na produtividade e até mesmo na parada de uma linha de produção.

A aplicação da MCC será realizada na Ponte Rolante GH2 que é considerada uma das pontes mais importantes da fábrica devido a sua função de receber matéria prima e alimentar a primeira linha do fluxo do processo produtivo que é a linha de Decapagem.

Figura 1.1 - Lay-out geral do site da ArcelorMittal Vega em S.F.S



Fonte: o autor (2017).

A figura 1.1 mostra o *lay-out* do site da ArcelorMittal Vega, foram destacados na figura as seguintes linhas de produção: Decapagem, Laminador, Galvanização#1, Galvanização#2, e os pátios de recebimento e estocagem de matéria prima e o pátio de estocagem e expedição de produto final. Também foi destacada na figura 1 na cor vermelha a ponte rolante GH2, que é responsável por alimentar a linha de Decapagem que é o primeiro processo de produção da planta. Por esse motivo é a ponte mais importante do site.

1.1.1 Delimitação da Pesquisa

O Processo de Confiabilidade dos ativos preserva e melhora gradativamente a capacidade dos ativos para satisfazer os requisitos de desempenho ao melhor custo, sendo que a Excelência em Manutenção é atingida após a consolidação de valores fundamentais tais como: o estabelecimento de abordagem sistemática para

gerenciar e executar a manutenção, ferramentas e técnicas, liderança comprometida e gestão pró-ativa (ArcelorMittal, 2013, p3).

Em busca dessa Excelência existem várias ferramentas de análises de confiabilidade que são utilizadas para identificar e melhorar os índices de disponibilidade, manutenibilidade e confiabilidade de um sistema.

O estudo de MCC será aplicado em uma Ponte Rolante que é responsável pela alimentação de matéria prima no primeiro processo do fluxo produtivo, sendo que a mesma metodologia poderá ser aplicada nas demais pontes existentes e outras linhas de produção.

1.2 PREMISSAS E PROBLEMAS

A Ponte Rolante GH2 onde será aplicado o estudo de MCC é um dos equipamentos mais críticos para o processo de produção da ArcelorMittal devido a ser utilizado para alimentar com matéria prima (bobinas) a entrada do processo de Decapagem, que é a primeira linha do fluxo produtivo. Apesar de existirem duas pontes rolantes para atender essa linha, a segunda ponte não consegue atender com a mesma produtividade devido ao arranjo físico existente o que impossibilita a colocação de bobinas em todos os berços de alimentação.

Devido a essa configuração de lay-out a Ponte GH2 é a mais utilizada e a que tem impacto direto na produção, uma parada nessa ponte no mínimo gera uma slowdown na linha de Decapagem e dependendo do tempo do reparo pode vir gerar parada do processo de produção com grandes prejuízos financeiros.

Por se tratar de um equipamento crítico será aplicado a MCC. Os planos de manutenção existentes foram elaborados desde o start-up e se basearam apenas os manuais dos fabricantes, são planos que consomem um grande número de horas para atividades de execução, nenhum histórico de falha, poucas tarefas de inspeção e de manutenção preditiva. Por meio da aplicação dessa metodologia será elaborado e implementado um novo plano de manutenção com o objetivo de aumentar a confiabilidade e disponibilidade da Ponte Rolante GH2.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade na Ponte Rolante GH2 para a elaboração de um novo plano de manutenção.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir os integrantes da equipe que irão participar do estudo de MCC e fazer o planejamento das atividades
- Treinar e capacitar a equipe na metodologia MCC.
- Disseminar e nivelar o conhecimento técnico do equipamento entre os integrantes da equipe.
- Criar um novo modelo mental de manutenção onde o foco passa a ser manter as funções que o equipamento desempenha
- Levantar as falhas ocorridas no equipamento através do histórico no sistema de manutenção dos últimos cinco anos
- Comparar as novas atividades de manutenção propostas com o plano existente
- Validar o novo plano de manutenção com a equipe e inserir no sistema informatizado de manutenção
- Implementar o novo plano, acompanhar os resultados e efetuar os devidos ajustes onde necessário

1.4 JUSTIFICATIVA

O plano de manutenção existente foi elaborado em 2003 com base nos manuais do fabricante e experiência da equipe. Nesses planos existem muitas tarefas corretivas, pouco uso de técnicas de preditiva, que geram um grande volume de atividades que não necessariamente melhoram os índices de manutenção do equipamento. Ao longo do tempo foram realizadas algumas modificações e ajustes

para suprir necessidades pontuais que foram levantadas após análise de falhas de paradas e quebras do equipamento.

Nesse estudo será apresentada a utilização de uma ferramenta de análise quantitativa de confiabilidade denominada de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) que foi aplicada em um equipamento de grande importância no processo operacional da empresa ArcelorMittal. Os principais ganhos foram: priorização de da manutenção baseada por condição, aumento de atividades de manutenção preditiva e inspeção, eliminação de planos que não agregavam valor, verificação de planos que estavam duplicados.

Aplicando a metodologia da MCC para a Ponte Rolante GH2 será elaborado um novo plano de manutenção que ira proporcionar uma melhor utilização da mão-de-obra e a obtenção de melhores índices de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade do equipamento.

Por se tratar de um equipamento de fundamental importância para o processo de produção da ArcelorMittal foi escolhido essa ponte para ser a pioneira e posterior iremos aplicar a metodologia da MCC nas demais pontes da empresa.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada será a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), seguindo todas as suas etapas de implantação.

Para a realização do estudo de MCC será formada uma equipe multidisciplinar com inspetores, assistente técnico de confiabilidade, especialista de confiabilidade, nas disciplinas de conhecimento mecânico e elétrico.

Será realizada uma coleta de informações através do histórico dos últimos cinco anos de intervenção na Ponte Rolante GH2 registrados no sistema informatizado de manutenção.

Para os estudos serão utilizados desenhos, manuais de manutenção, planos de lubrificação, informações do software de manutenção, visitas em campo, fluxogramas e outras informações técnica que se fizerem necessárias durante o desenvolvimento do trabalho.

Os estudos serão conduzidos em reuniões previamente agendadas em salas de reuniões do prédio administrativo.

Para fazer o estudo será utilizado uma planilha padrão de FMECA desenvolvida pela ArcelorMittal Tubarão onde foram estabelecidos os critérios para pontuação de severidade, ocorrência e detecção que será usado para cada modo de falha.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será dividido em capítulos que abordarão os seguintes tópicos:

Capítulo 1 – Introdução: apresentação do tema, delimitação da pesquisa, premissas e problemas, objetivo geral e específico, justificativa e os procedimentos metodológicos.

Capítulo 2 – Será especificado onde o estudo será aplicado.

Capítulo 3 – Apresenta o referencial teórico da engenharia de confiabilidade que será aplicada

Capítulo 4 – Desenvolvimento do trabalho, como será conduzido os estudos, coleta de dados, resultados obtidos e comentários.

Capítulo 5 – Serão apresentadas as conclusões e considerações finais do trabalho, quais os resultados positivos ou negativos atingidos.

2 OBJETO DE ESTUDO

2.1 CONTEXTO OPERACIONAL DA PONTE ROLANTE GH2

A unidade Vega do grupo ArcelorMittal localizada em São Francisco do Sul – SC produz chapa de aço galvanizada e laminada à frio que atendem à diversos mercados dentre eles o segmento automobilístico.

A matéria prima utilizada nessa empresa são bobinas de aço laminado à quente que são produzidas na empresa matriz em Serra – ES, essas são transportadas através de barcaças até o porto de SFS. O transporte do porto até a Vega é feito por caminhões que foram projetados para transportar para esse tipo de produto, ou seja, bobinas de até 40 ton.

A bobina ao chegar à empresa é descarregada do caminhão e depositada sobre os berços de estocagem no pátio de matéria prima. Essa atividade de descarregamento e acondicionamento no pátio é feito com o uso de Ponte Rolante GH2 e GH1.

No pátio de estocagem de matéria prima são armazenadas as bobinas laminadas a quente que irão iniciar o fluxo produtivo através da linha de Decapagem, que é a primeira fase do processo. A alimentação de bobinas nessa linha é feita com o uso da ponte rolante GH2.

Existem no pátio de matéria prima duas pontes rolantes que estão sobre a mesma viga de rolamento que são responsáveis pelo recebimento e armazenamento de bobinas, e alimentação da linha de decapagem.

No processo normal a ponte GH2 é a responsável por alimentar a linha de decapagem com bobinas de até 40ton nos berços -2 ao 4 descarregar bobinas de caminhões e armazená-las nos berços dispostos no pátio de estocagem da fila A até a fila O, colunas 1 à 60 no nível zero e empilhamentos de bobinas no nível 1. A GH1 por descarregar bobinas dos caminhões e armazená-las no pátio entre a coluna 61 e 120. Como a movimentação de bobinas para o processo de produção é maior, a demanda pela GH2 é maior e conseqüentemente é a ponte mais solicitada e mais crítica para o processo produtivo. Caso haja uma falha na ponte GH2, a ponte GH1 ira fazer a alimentação da linha, porem com restrição de produtividade devido à configuração do lay-out que não permite que a ponte GH1 acesso todos os berços

de alimentação da linha devido a posição de garagem da ponte GH2, nessa situação é necessário reduzir o ritmo do processo de Decapagem e existirão perdas de produção. Caso a ponte GH1 entre em falha a ponte GH2 irá fazer o recebimento de bobina e também a alimentação da linha, e nesse caso existira apenas atraso no descarregamento dos caminhões não impactando na produção.

Pela GH2 ser a ponte mais utilizada e que possui maior impacto na produção em caso de falha, essa ponte foi escolhida para ser um projeto piloto de estudo da Manutenção Centrada na Confiabilidade.

Em nossa empresa existem outras 9 pontes rolantes que são similares a ponte GH2 e que são responsáveis pela movimentação das bobinas entre os processos produtivo, e também expedição. Dessa forma aplicando a metodologia da MCC nessa ponte se pretende expandir essa metodologia para as demais pontes e aumentarmos dessa forma a confiabilidades nos equipamento de movimentação de bobinas.

2.2 DESCRIÇÃO DA PONTE ROLANTE GH2

A Ponte Rolante GH2 foi fabricada em 2002 pela empresa Duraferro e comprada pela empresa no mesmo ano. O comissionamento e start-up foi em 2003 junto com a partida das linhas de processo da empresa.

Para a movimentação de bobinas é acoplado no ganho da ponte rolante uma tenaz eletromecânica que é um dispositivo que tem a função de prender a bobina á ponte e possibilitar seu manuseio. No estudo da MCC essa tenaz não será incluída junto com o estudo da ponte, visto que vai existir sempre uma tenaz em uso e outra reserva para cada ponte. Porém poderá ser realizado um estudo específico após finalizar a ponte rolante.

Seguem alguns dados técnicos da ponte rolante:

Capacidade total de carga sem tenaz: 45ton

Capacidade de carga com tenaz para bobinas: 40ton

Velocidade de translação da ponte: 120 m/min

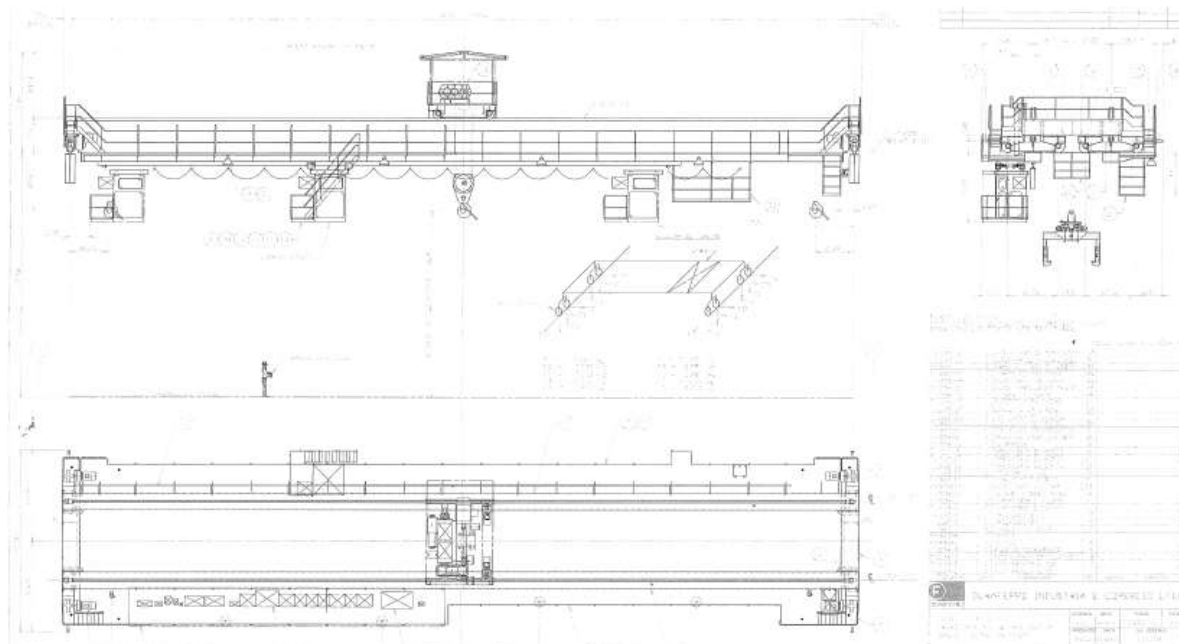
Velocidade de translação do carro da ponte: 80 m/min

Velocidade de translação da cabine da ponte: 40 m/min

Velocidade de elevação da carga: 20 m/min

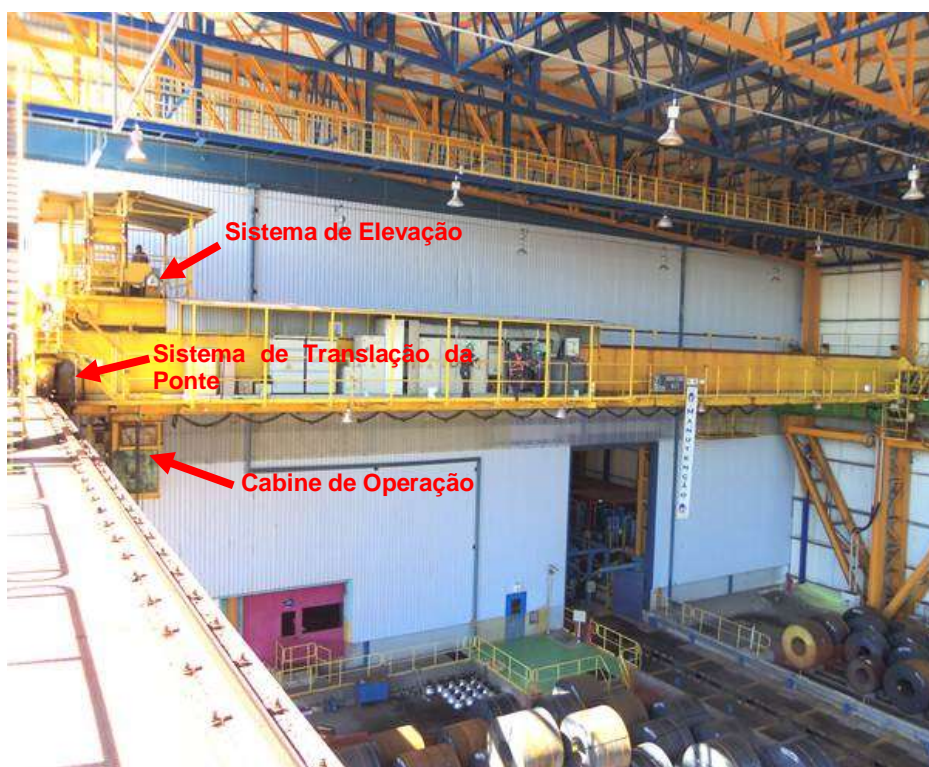
Na Figura 2.1 e Fotografia 2.1 pode-se ver um desenho e uma foto geral da ponte rolante GH2.

Figura 2.1 – Desenho da Ponte Rolante GH2



Fonte: o autor (2017).

Fotografia 2.1 – Ponte Rolante GH2



Fonte: o autor (2017).

A Ponte Rolante GH2 é composta de vários equipamentos mecânicos e elétricos que juntos compõe os sistemas responsáveis pela movimentação transversal da ponte, movimentação longitudinal da ponte, movimentação da cabine, elevação e abaixamento de bobina.

Para realizar o estudo da MCC o sistema ponte rolante será subdivido nos seguintes subsistemas:

Sistema de translação da ponte: tem a função efetuar a translação da ponte na velocidade de 120 m/min, essa movimentação permite transladar a carga no sentido longitudinal do pátio, é mostrado nas fotografias 2.2 e 2.3. O sistema é composto dos seguintes equipamentos:

Motoredutor N°1, N°2 N°3 e N°4

Roda motriz N°1, N°2 N°3 e N°4

Roda movida N°1, N°2 N°3 e N°4

Sensores anti-colisão entre pontes e entre a ponte e batente do galpão

Limites de redução de velocidades

Para-choques hidráulicos

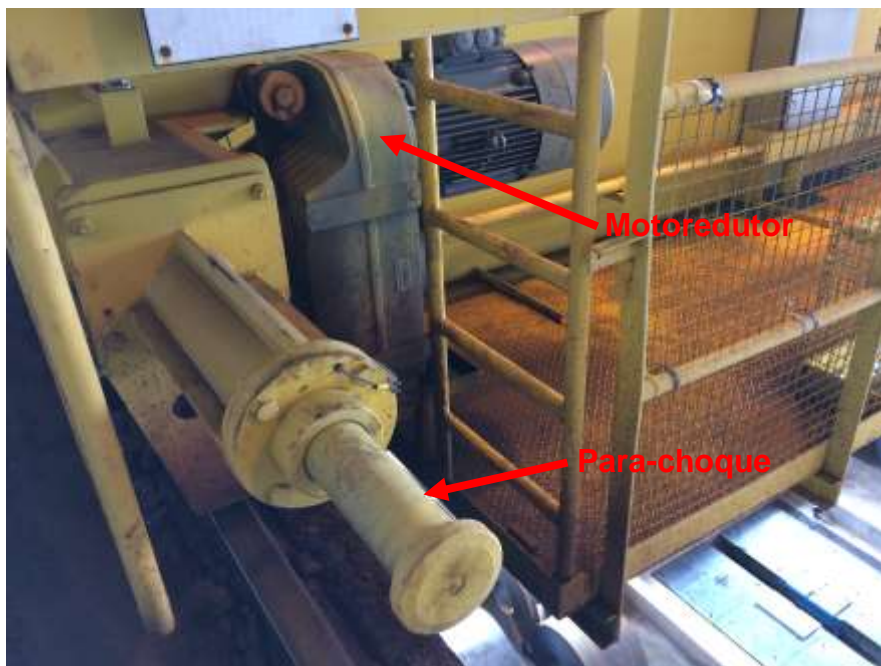
Vigas metálicas

Fotografia 2.2 – Sistema de Translação da Ponte – Rodas



Fonte: o autor (2017).

Fotografia 2.3 – Sistema de Translação da Ponte – Para-choque e Motoredutor



Fonte: o autor (2017).

Sistema de translação do carro da ponte: tem a função de efetuar a translação do carro da ponte na velocidade de 80 m/min, essa movimentação permite transladar a carga no sentido transversal do pátio, é mostrado nas Fotografias 2.4 e 2.5. O sistema é composto dos seguintes equipamentos:

Motoredutor do carro N°1 e N°2

Roda motriz do carro N°1 e N°2

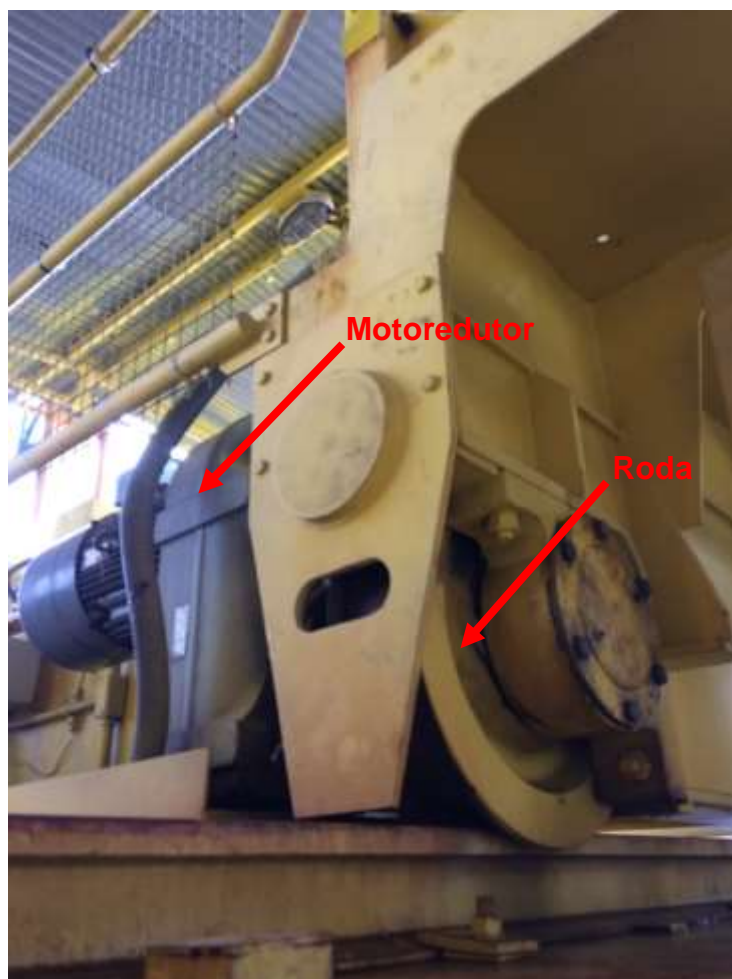
Roda movida N°1 e N°2

Trilhos de translação N°1 e N°2

Limites de redução e parada da translação do carro

Transportadores de cabos

Fotografia 2.4 – Sistema de Translação do Carro – Roda e Motoredutor



Fonte: o autor (2017).

Fotografia 2.5 – Sistema de Translação do Carro – Transportador de Cabos



Fonte: o autor (2017).

Sistema de elevação: tem a função de elevar e abaixar a bobina (carga) na velocidade de 20 m/min, é mostrado na Fotografia 2.6. O sistema é composto dos seguintes equipamentos:

Motor de elevação

Redutora

Sistema de freio N°1 e N°2

Eixo de transmissão

Dromo e cabo de aço

Conjunto moitão

Polias

Limites de parada de emergência superior da elevação

Limites rotativos de redução de velocidades e de parada

Sensores indutivos de sobre velocidade

Fotografia 2.6 – Sistema de Elevação – Motor, Redutora, Freio e Dromo



Fonte: o autor (2017).

Sistema de Translação da Cabine: tem a função de efetuar a translação da cabine de operação da ponte rolante na velocidade de 40 m/min, essa função movimentação da cabine permite que o operador tenha uma melhor visualização da carga a ser movimentada, dessa forma torna mais segura a movimentação da bobina, é mostrado na Fotografia 2.7. O sistema é composto dos seguintes equipamentos:

Cabine

Motoredutor de acionamento

Roda motriz

Roda movida

Trilhos

Transportador de cabos

Fotografia 2.7 – Sistema de Translação da Cabine – Cabine



Fonte: o autor (2017).

Sistema de Alimentação Elétrica para o Barramento: tem a função de fornecer energia elétrica para o barramento que fica na viga de rolamento da ponte rolante, é mostrado na fotografia 2.8. O sistema é composto dos seguintes equipamentos:

Chaves Seccionadoras

Painel elétrico

Barramento

Fotografia 2.8 – Sistema de Alimentação Elétrica – Barramento



Fonte: o autor (2017).

Sistema de Alimentação Elétrica para a Ponte Rolante: tem a função de fornecer energia elétrica para a ponte rolante a partir do barramento até o painel elétrico. Esse painel tem a função de fornecer energia elétrica para o circuito de elevação, circuito de translação da ponte, circuito de translação do carro, é mostrado nas fotografias 2.9 e 2.10. O sistema é composto dos seguintes equipamentos:

Pantógrafo

Painéis elétricos

Sistema Feston

Inversores de frequência

Componentes elétricos de alimentação de potencia e controle

Módulos de frenagem

Disjuntores e Fonte Retificadora

Fotografia 2.9 – Sistema de Alimentação Elétrica – Painel Elétrico



Fonte: o autor (2017).

Fotografia 2.10 – Sistema de Alimentação Elétrica – Pantógrafo



Fonte: o autor (2017).

Sistema de Acionamento dos Movimentos da Ponte Rolante: tem a função de garantir os movimentos de acionamento da ponte rolante feito pelo operador na cabine de operação, é mostrado na Fotografia 2.11. O sistema é composto dos seguintes equipamentos:

Botões de parada de emergência

Manetes

Chaves de alavanca

Fotografia 2.11 – Sistema de Acionamento da Ponte – Painel Controle



Fonte: o autor (2017).

Na Fotografia 2.11 é apresentado o painel de controle da ponte rolante onde todos os comandos de acionamento são realizados pelo operador da ponte.

2.3 SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPITULO

Nesse capítulo foi apresentado o objeto de estudo que será aplicada a MCC contextualizando a função da ponte rolante e seu grau de importância para o processo de produção. Foram mostrados quais os subsistemas que compõem a ponte rolante e quais suas respectivas funções.

Esse capítulo é de fundamental importância para que seja compreendido como será feito o estudo de MCC, quais os subsistemas que serão considerados, quais os principais componentes de cada subsistemas, para a compreensão dos próximos capítulos é de suma importância o conhecimento e entendimento desse capítulo.

No próximo capítulo será apresentado o referencial teórico da MCC, onde será descrito de forma resumida cada etapa para a implementação dos estudos, qual a importância de cada uma, bem como suas características e particularidades.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

A manutenção industrial desde sua origem pode ser acompanhada em sua evolução em quatro diferentes gerações, contextualizadas da seguinte forma na Figura 3.1:

Figura 3.1 – Evolução da Manutenção



Fonte: Adaptado de Rigoni (2009).

Primeira geração: abrange o período até a Segunda Guerra Mundial. Não existia prevenção contra falhas de equipamentos, ou seja, apenas ações corretivas, sem manutenção sistemática, eram feitos apenas os serviços de limpeza, lubrificação e pouco pessoal especializado.

Segunda geração: após a Segunda Guerra Mundial a demanda por itens de todos os tipos levou a um aumento da mecanização e a indústria começou a ter uma grande dependência das máquinas, com isso a manutenção consistia basicamente de revisões gerais dos equipamentos feitas a intervalos fixos. Devido ao alto custo de manutenção houve uma evolução nos sistemas de planejamento e controle da

manutenção e os profissionais focaram em meios para aumentar a vida útil dos itens.

Terceira geração: iniciou-se em meados da década de 70, se caracterizou pela aplicação de novas técnicas de manutenção como a preventiva baseada na condição, melhorias na gestão da manutenção, busca de maior disponibilidade dos equipamentos, projetos com ênfase muito maior da confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos, desenvolvimento de ferramentas de suporte às decisões como, equipes de trabalhos multidisciplinares.

Quarta geração: a partir de 2010 e atualmente, caracteriza-se pela utilização da Gestão do Ativo juntamente com a Gestão do Risco associado à ocorrência do evento, permitindo uma visão mais clara dos prejuízos a serem evitados e dos benefícios que podem ser alcançados no âmbito corporativo da gestão. (MORTELARI, SIQUEIRA, PIZZATI, 2014).

Na quarta geração também estão aplicadas a engenharia de confiabilidade, confiabilidade humana, aprimoramento de técnicas preditivas, uma visão holística da Gestão de Ativos, inteligência artificial aplicada à manutenção.

3.2 A ORIGEM DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A MCC teve suas raízes no início da década de 60 através do Maintenance Steering Group (MSG) realizado na indústria de aviação civil norte-americana com o objetivo de estabelecer um procedimento adequado de manutenção para reduzir os custos, reduzir o tempo em solo dos aviões e aumentar a confiabilidade dos voos.

Após os MSG 3 (1978) surge a Reliability Centered Maintenance (RCM – MCC) com Nowlan e Heap. A partir do início dos anos 80, a MCC passou a ser aplicada em demais setores como na indústria naval, na manutenção de submarinos nucleares, e também passou a ser aplicada em usinas nucleares no mundo todo. Atualmente é empregada nos mais diversos setores produtivos comprovando os seus resultados favoráveis. (SIQUEIRA, 2005).

A Manutenção Centrada na Confiabilidade é um processo para se determinar de forma sistemática e cientificamente o que deve ser feito para assegurar que os sistemas físico-operacionais continuem a atender as necessidades

de seus usuários. Dentre as ferramentas e metodologias de confiabilidades conhecidas a MCC se destaca por ser a única desenvolvida especificamente para determinar um plano claro e bem definido de ações para garantir a confiabilidade dos ativos, a saber, dos aviões. A MCC, portanto, é uma metodologia que foi desenvolvida para a gestão de ativos complexos e com alta criticidade. (MORTELARI, SIQUEIRA, PIZZATI, 2014).

Para homologação dos programas de MCC duas normas devem ser seguidas: a norma SAE JA1011 que diz o que fazer e SAE JA1012 determinam o que fazer e como fazer um programa de MCC, detalhando os critérios mínimos necessários e como devem ser interpretados esses para validação e homologação dos programas de MCC.

3.3 A METODOLOGIA DA MCC

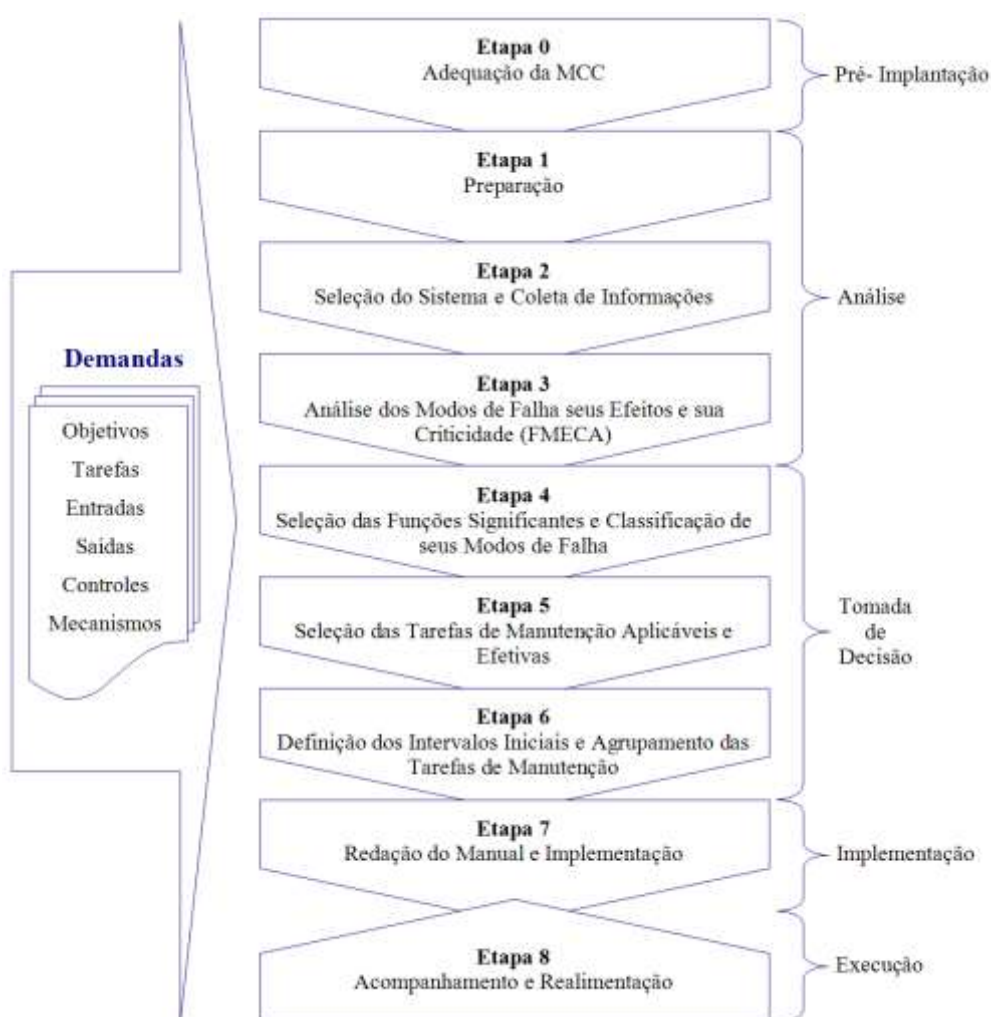
O método é formado por um conjunto de etapas bem definidas, as quais precisam ser seguidas de forma sequencial para responder as questões formuladas pela MCC e garantir os resultados desejados.

Para aplicar a metodologia da MCC será utilizado uma visão mais recente elaborada por Rigoni (2009), conforme figura 3.2.

Nessa parte teórica serão apresentadas todas as 9 etapas para a implementação da MCC, porem no capítulo 4 onde será apresentado o estudo realizado até a etapa 6, ficando as etapas 7 e 8 para serem realizadas após a conclusão dos estudos.

Na Figura 3.2 são apresentadas as etapas que são abordadas na metodologia da MCC.

Figura 3.2 – Procedimento de Implementação da MCC



Fonte: Adaptado de Rigoni (2009).

As etapas da MCC podem ser agrupadas e separadas na fase de pré-implantação, análise, tomada de decisão, implementação e execução, conforme é mostrado na Figura 3.2.

3.4 ETAPA 0 – ADEQUAÇÃO DA MCC

Nessa etapa o objetivo é avaliar como a empresa esta adequada aos critérios exigidos para a implantação da MCC. Serão avaliados critérios como disponibilidade da informação/recursos, condição e desempenho atual da manutenção, sistema computacional de suporte, cultura da manutenção, da empresa, como esta o gerenciamento estratégico da manutenção.

Para fazer essa avaliação é utilizado um formulário padrão com os critérios exigidos e será feita a aderência para cada um, ao final dessa etapa formulário estará preenchido e um diagrama radar.

Serão mapeados todos os pontos críticos e realizado um plano ações com prazos e responsáveis para que os mesmos sejam corrigidos e para que a implementação da MCC siga conforme os objetivos desejados e requisitos necessários.

3.5 ETAPA 1 – PREPARAÇÃO

Antes de iniciar qualquer análise de MCC, deve-se definir o grupo de pessoas que trabalhará no processo de implementação da MCC (MOUBRAY, 2000)

Nessa etapa é definida a equipe de implantação, o patrocinador interno, o facilitador, o nível de abrangência do estudo, alocação de recursos humanos e financeiros, treinamento, calendários das reuniões, cronograma. Também se define qual será o método para a implementação das etapas e qual a estratégia a ser usada.

3.6 ETAPA 2 - SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES

O objetivo dessa etapa é selecionar, detalhar e documentar o sistema que será escolhido para fazer a análise e implementação da MCC.

Para fazer a seleção do sistema, podem ser usados métodos quantitativos e/ou qualitativos. O sistema pode ser escolhido em função da sua significância para a segurança, disponibilidade ou economia para o processo.

A organização da coleta de informações deve conter: formulários de documentação, fotos dos sistemas, subsistemas e componentes, descrição dos sistemas e seus subsistemas, diagramas, manuais do fabricante, histórico de falha do sistema de informatizado de manutenção.

3.7 ETAPA 3 – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS SEUS EFEITOS E SUA CRITICIDADE (FMECA)

O objetivo dessa etapa é identificar as funções desempenhadas pelo sistema, as falhas associadas a cada função, os modos de falha e suas causas, os efeitos provocados pelas falhas e a avaliação da severidade desses efeitos.

Para se fazer a análise dos modos de falhas e seus efeitos utiliza-se um formulário de FMEA (*Failure Modes, and Effects Analysis*) quando se leva em conta a criticidade da falha utiliza-se um formulário de FMECA (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*). É uma ferramenta que compõe a MCC e que consegue estruturar e registrar o estudo. O objetivo do FEMECA é priorizar as atividades de manutenção aos itens mais críticos conforme avaliação (RIGONI, 2009).

As funções podem ser divididas em duas categorias: funções primárias e funções secundárias. De acordo com Moubray (2000, p.22), “a definição de uma função deve consistir de um verbo, um objeto e um padrão de desempenho”.

As funções primárias são aquelas ao qual o ativo ou sistema tem como propósito ao ser adquirido pela empresa, é o objetivo principal do ativo, pode ser uma função específica ou várias funções. As funções secundárias são geralmente menos óbvias que as primárias, mas a perda de uma função poderá acarretar em sérias consequências e as vezes mais severas que a função primária. Essas funções são designadas como ESCAPES que se referem as seguintes categorias:

- E – Environment (Integridade do Meio Ambiente)
- S – Safety (Segurança/integridade estrutural)
- C – Control (Controle/contenção/conforto)
- A – Appearance (Aparência)
- P – Protection (Dispositivos de proteção e sistemas)
- E – Economy (Economia/eficiência)
- S – Superflous (Supérfluo)

As Falhas Funcionais podem ser encaradas como uma negação das funções anteriormente definidas, ou seja, a incapacidade de um ativo/sistema/subsistema de executar uma função específica dentro dos padrões de desempenho desejados. As falhas podem ser classificadas em:

Falha Funcional: incapacidade de desempenhar a função; esse tipo de falha pode ser evidente, oculta ou múltipla.

Falha Potencial: indica a ocorrência de falha funcional, pode ser identificada e mensurável através de alguma condição.

O Modo de Falha indica como as falhas funcionais ocorrem de modo a permitir identificação do mecanismo de falha (SIQUEIRA, 2005). É a maneira como o sistema, item ou componente deixa de executar sua função ou desobedece às especificações. Considerando um processo MCC em conformidade com a SAE JA1011, então se faz a pergunta: “Que causa cada falha funciona (modo de falha)?” (MORTELARI, SIQUEIRA, PIZZATI, 2014).

Após o levantamento dos modos de falha deve-se avaliar qual a Causa dos Modos de Falha identificando por que o modo de falha ocorreu, quais as causas e o ideal é identificar a causa raiz se tiver. Fontes de informação sobre esses modos de falhas incluem pessoas que conhecem bem o ativo (operadores, mantenedores, usuários do mesmo equipamento), relatório de histórico técnico e bando de dados além de estudar os planos de manutenção já existentes.

Efeito do Modo de Falha - é o que acontece quando um modo de falha ocorre, são os efeitos que o sistema irá sofrer decorrente da falha. Os efeitos devem incluir toda informação necessária para dar amparo à avaliação das consequências de falha, tais como:

- há evidência que tenha ocorrido a falha (no caso de funções ocultas, o que aconteceria se ocorresse falha múltipla);
- ameaça à segurança ou ao meio ambiente;
- efeitos sobre a produção ou operação;
- impactos financeiros;
- danos secundários;
- ação corretiva requerida;

Análise da Criticidade – para se definir a criticidade pode ser utilizada uma matriz de risco levando em conta a frequência x severidade. Outra ferramenta é fazer uma análise através da determinação do NPR (*Risk Priority Number*) onde são avaliados os seguintes itens:

$$\text{NPR} = \text{Severidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção}$$

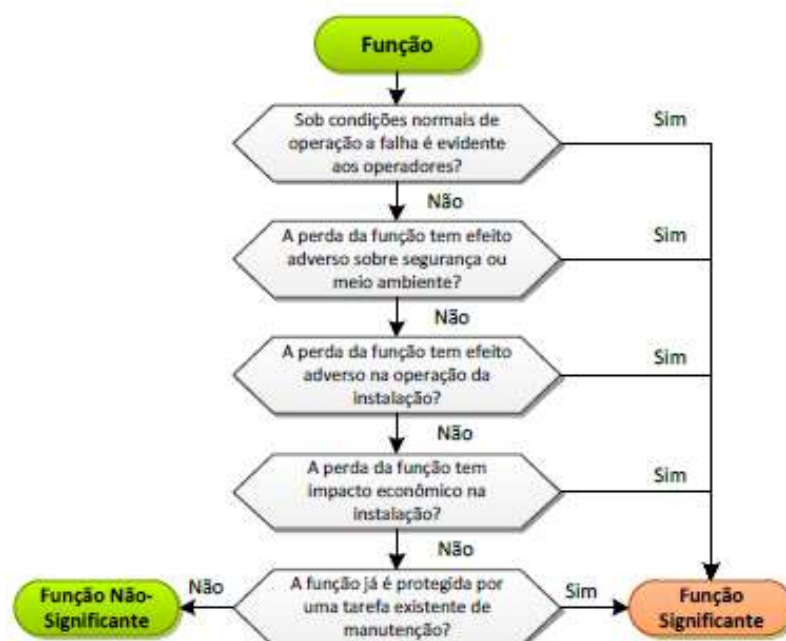
Existem condições normalizadas para se determinar a classificação de cada item que compõem o NPR através da norma SAE J1739/2002.

3.8 ETAPA 4 – SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTE E CLASSIFICAÇÃO DOS SEUS MODOS DE FALHAS

O objetivo nessa etapa é para cada função identificada na FMECA determinar se a falha funcional tem efeito significativo e caso positivo classificar seus modos de falhas levando em conta seus impactos quanto à: consequências em segurança e meio ambiente, operacionais, econômicas. Outro fator importante é se a falha é oculta para a equipe de operação.

Na Figura 3.3 é apresentada uma sugestão de fluxo de seleção de funções significante.

Figura 3.3 – Fluxo de Decisão das Funções Significativas



Fonte: Adaptado pelo autor de Siqueira (2009).

Na Figura 3.3 é apresentada uma sugestão para a classificação dos modos de falhas das funções significantes.

Figura 3.4 – Níveis de Avaliação das Consequências



Fonte: Adaptado pelo autor de Siqueira (2009).

A lógica de decisão apresentada na Figura 3.4 segue uma avaliação em três níveis, no primeiro nível é avaliado se o efeito do modo de falha é evidente ou não, no segundo nível é avaliada qual a consequência para a falha quanto à segurança, meio ambiente ou econômica. No terceiro nível é definido qual modo de falha deverá ser elaborada uma tarefa de manutenção.

3.9 ETAPA 5 – SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS

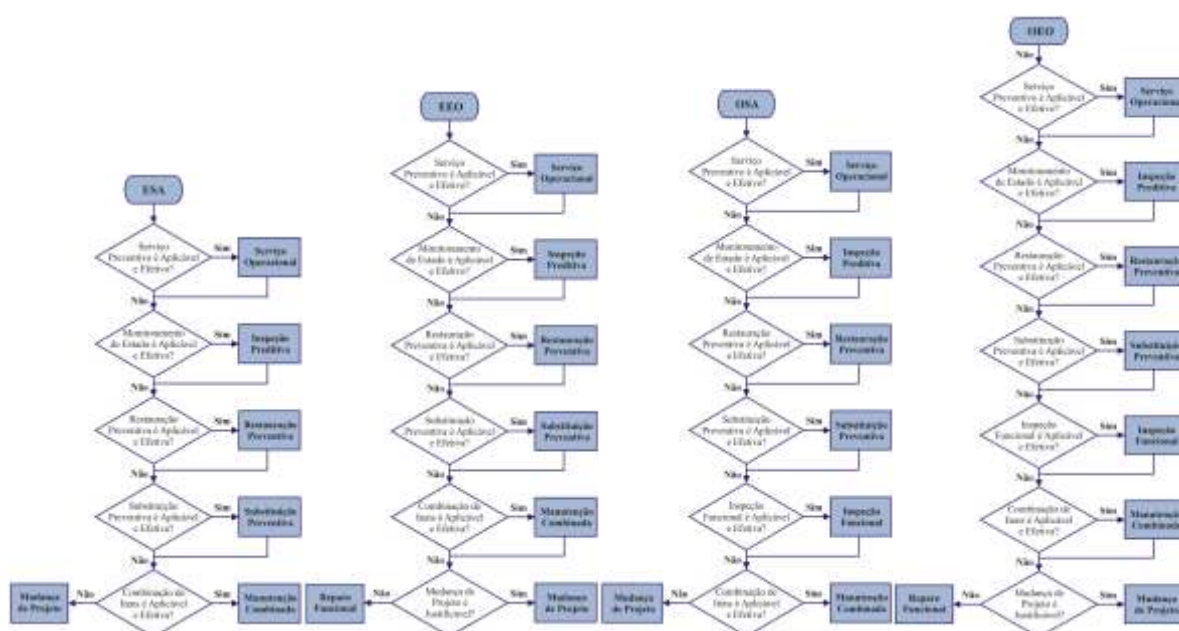
Nessa etapa o objetivo é determinar quais as tarefas de manutenção são aplicáveis e efetivas para cada uma das funções significantes identificadas e caracterizadas na etapa 4.

As tarefas de manutenção proposta podem ser: um serviço operacional realizado pelo próprio operador, inspeção preditiva, restauração preventiva,

substituição preventiva, inspeção funcional, manutenção combinada, reparo funcional (ran to failure), ou uma mudança no projeto.

Para se determinar a tarefa de manutenção aplicável e efetiva deve-se seguir um fluxo de decisão em função da classificação da consequência. A Figura 3.5 mostra uma lógica de decisão para auxiliar na seleção de tarefas de manutenção.

Figura 3.5 – Logica de Seleção das Tarefas de Manutenção



Fonte: Siqueira (2005).

Aplicando a lógica de decisão apresentada na Figura 3.5 será possível determinar quais as tarefas de manutenção aplicáveis para cada modo de falha de acordo com sua classificação ESA, OSA, EEO, EOE.

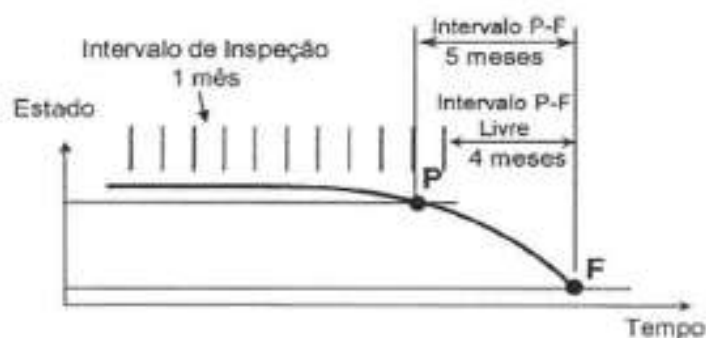
3.10 ETAPA 6 – DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS INICIAL E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO

O objetivo dessa etapa é definir a periodicidade das tarefas de manutenção selecionadas na etapa 5 e fazer o agrupamento destas atividades de forma a otimizar as ações da equipe de manutenção, aproveitando da melhor forma os recursos disponíveis.

As normas IEC 60300-3-11, SAE JA1011, SAE JA1012 recomendam a utilização de modelos estatísticos para se determinar os intervalos iniciais para a execução das tarefas de manutenção, porém se esses dados estiverem disponíveis, caso não exista essa disponibilidade de dados históricos de falhas a equipe de implantação da MCC deverá definir em consenso, através da experiência e conhecimento dos integrantes, dados e recomendações dos fabricantes, informações de sistemas similares (RIGONI, 2009).

Intervalo P-F é o intervalo mínimo para o espaço entre a descoberta de uma falha em potencial e a ocorrência de falha funcional. O intervalo P-F é também conhecido como período preventivo, o tempo que conduz à falha funcional ou período do aumento da falha. A figura 3.6 mostra um gráfico com intervalor P-F.

Figura 3.6 – Gráfico Intervalo P-F



Fonte: Internet (2012).

As tarefas de manutenção devem ser agrupadas de forma a aproveitar as oportunidades de execução para minimizar os custos e interferências no processo de produtivo. Para fazer esse agrupamento pode ser utilizado o conceito de rota de inspeção para otimizar o deslocamento dos inspetores e dessa forma reduzir o tempo inativo. Deve ser estabelecida uma estratégia de manutenção adequada em função de cada condição de processo e também da capacidade da equipe.

3.11 ETAPA 7 – ELABORAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO

O objetivo dessa etapa é a elaboração do manual de manutenção do sistema que foi realizado a MCC. Esse manual deverá conter uma descrição detalhada do sistema e seus componentes, projeto, manuais do fabricante, fotos, inclusão de todas as etapas anteriores, qual a política de manutenção para as funções não significativas. O manual deverá ser revisado e validado com assinatura por todos os membros da equipe de implementação e o gerente.

A implementação do programa da MCC deverá ser acompanhada pela equipe de implantação. Deverá ser elaborado um cronograma e definido a estratégia de implantação. É fundamental garantir a sistematização dos novos planos de manutenção através do cadastro no sistema informatizado da manutenção e a uma efetiva comunicação entre as partes envolvidas, planejadores, executantes, supervisores, especialista e gerentes das áreas envolvidas.

3.12 ETAPA 8 – ACOMPANHAMENTO E REALIMENTAÇÃO

O objetivo dessa etapa é acompanhar e realimentar o programa MCC implementado na etapa anterior. Esse acompanhamento será realizado através de indicadores de desempenho para verificar se a eficácia das tarefas de manutenção geradas no novo plano e também realizar alguns ajustes caso haja pontos de baixo ou pouco desempenho. Deverão ser previstas ações disciplinares e/ou corretivas para casos de descumprimento dos procedimentos aplicados.

Deve-se definir nessa etapa uma política de auditoria do programa baseado nas normas SAE JA1011 e SAE JA1012 a fim de validar o estudo realizado atende aos requisitos das normas e poder validar o programa de MCC aplicado.

3.13 SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPITULO

Nesse capítulo foram apresentados os conceitos teóricos da metodologia da MCC com o objetivo de dar um embasamento técnico com conceitos e o passo-a-

passo das etapas que devem ser sequencialmente cumpridas para a implantação de um programa de MCC em um determinado sistema produtivo.

Esse capítulo é fundamental para propiciar o entendimento e o acompanhamento do próximo capítulo devido à correlação que será apresentada entre a metodologia e o estudo real a ser aplicado.

No próximo capítulo será apresentado o estudo da MCC seguindo a teoria do capítulo anterior. Será apresentado como foi planejado e desenvolvido a aplicação prática de um estudo de MCC aplicado na ponte rolante GH-2 utilizada na movimentação de bobinas para alimentação de uma linha de produção, além de recebimento e acondicionamento dessas bobinas no pátio de estocagem de matéria prima.

4 IMPLEMENTAÇÃO DA MCC NA PONTE ROLANTE GH2

A utilização da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade para a revisão dos planos de manutenção das linhas de produção na ArcelorMittal é uma estratégia definida no Plano Diretor de Manutenção (PDM).

O PDM faz parte do planejamento estratégico da alta direção para atingir os objetivos e metas esta estabelecidas para a empresa. Nesse plano é feito o desdobramento dessas metas para a área de manutenção através do estabelecido de diretrizes gerais, definições de indicadores de desempenho de manutenção, critérios para definição de equipamentos críticos, critérios para sobressalentes, programas de manutenção, definição de matriz de competência, definição de funções da equipe de manutenção, tipos de manutenção, ferramentas da confiabilidade e auditorias.

De acordo com o critério de definição para equipamentos críticos, as pontes rolantes que movimentam bobinas são classificadas como equipamentos de índice de criticidade A. Conforme a estabelecido no PDM, a técnica para elaboração do plano de manutenção nesses equipamentos crítico deve ser a Manutenção Centrada na Confiabilidade.

Dentre as 12 pontes rolantes que foram classificadas como criticidade A foi escolhida a GH2 para ser a ponte piloto do estudo de MCC devido a ser a ponte que alimenta a primeira linha do fluxo de produção além de receber a matéria prima. O impacto de uma parada nessa ponte representa a maior perda de produção da empresa.

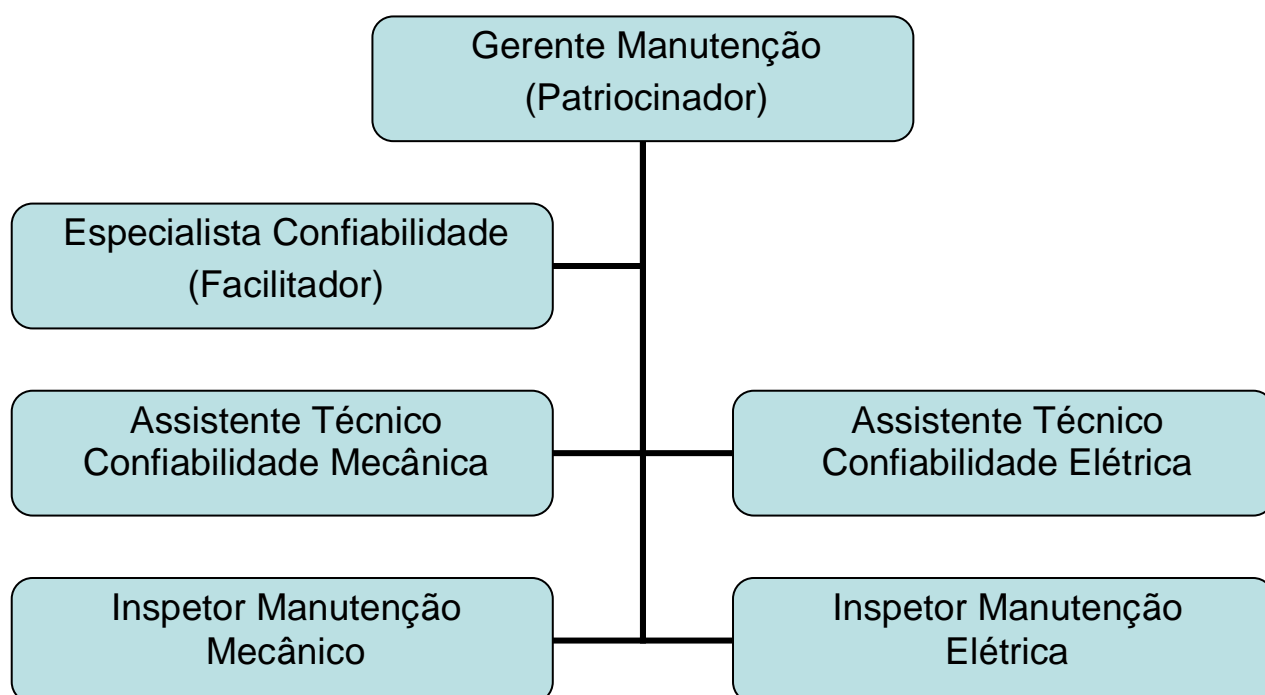
4.1 ETAPA 0 – ADEQUAÇÃO DA MCC

Como mencionado no item 4.0, a utilização da MCC na elaboração de planos de manutenção é a estratégia utilizada pela gestão da manutenção de acordo com as diretrizes do PDM. Dessa forma esta comprovado que a empresa conhece bem essa metodologia, bem como disponibiliza recursos necessários para que a mesma seja aplicada em seus equipamentos críticos.

4.2 ETAPA 1 – PREPARAÇÃO

A organização para a implantação da MCC foi estruturada conforme apresentado na Figura 4.1

Figura 4.1 – Organograma da estrutura da MCC



Fonte: o autor (2017).

Essa estrutura foi elaborada de forma a obter uma equipe com elevado conhecimento técnico e experiência em manutenção de pontes rolantes. A equipe é formada por pessoas que estão envolvidas nas tarefas de inspeção, execução de manutenção, assistência técnica de confiabilidade em pontes e o especialista em confiabilidade da área de pontes rolantes que é o facilitador.

Equipe de implantação:

- Assistente Técnico Confiabilidade Elétrica de Ponte Rolante
- Assistente Técnico Confiabilidade Mecânica de Ponte Rolante
- Inspetor Elétrico de Ponte Rolante
- Inspetor Mecânico de Ponte Rolante

Facilitador:

- Especialista em Confiabilidade

Patrocinador:

- Gerente Manutenção Central e Condomínio

Estratégia: Será realizado o estudo de MCC na ponte rolante GH2 como projeto piloto e depois serão elaborados novos estudos para as demais pontes classificadas como criticidade A.

Na Figura 4.2 é apresentado o cronograma com todas as etapas de implementação da MCC.

Figura 4.2 – Cronograma de Implementação da MCC

CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO MCC PONTE ROLANTE GH2 - AMV	2017												2018			
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR				
Etapa 0 - Adequação da MCC	■															
Etapa 1 - Preparação	■															
Etapa 2 - Seleção do Sistema e Coleta de Informações																
Etapa 3 - Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos na Criticidade (FEMECA)		■	■													
Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação dos seus Modos de Falha				■												
Etapa 5 - Seleção de Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas				■	■											
Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção						■										
Etapa 7 - Redação do Manual e Implementação							■	■								
Etapa 8 - Acompanhamento e Realimentação											■					■

Fonte: o autor (2017).

Reuniões: Serão realizadas duas reuniões semanais de 2h para cada especialidade sendo as segundas e quartas para a mecânica e terça e quinta para a elétrica, com o objetivo de poder conciliar as atividades de rotinas com o estudo da MCC.

4.3 ETAPA 2 – SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES

O sistema selecionado conforme descrito no item 4.0 é a Ponte Rolante GH2

Contexto Operacional:

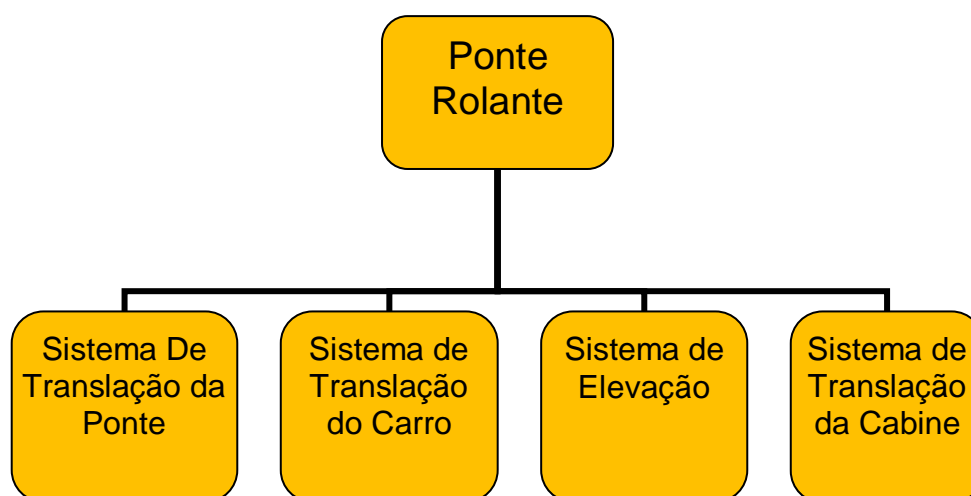
Alimentar a entrada da linha de decapagem com bobinas de até 40 toneladas, nos berços -2 ao 4; descarregar bobinas de caminhões e armazená-las nos berços dispostos no pátio, de fila A até fila O, colunas 1 a 60 no nível 0 e empilhamento de bobinas no nível 1. Possui sistema de acionamento proporcional por inversor de frequência, com limites de redução e parada para todos os movimentos. Em caso de falha na GH2 existe na mesma viga de rolamento a ponte GH1 que atende o abastecimento da linha com restrição no número de berços disponíveis devido a posição de garagem da GH2, com isso aumenta o tempo de abastecimento. Impactando tanto no volume de recebimento de matéria prima proveniente do porto bem como no abastecimento da linha tendo que operar em marcha lenta.

Fronteiras do Estudo:

Eletricamente serão abordados a partir do painel geral do barramento, o painel de garagem, barramento e pantógrafo, painel de alimentação de entrada da ponte e demais painéis e componente elétricos da ponte. Mecanicamente será abordado a partir das treliças que dão sustentação à viga de rolamento, a viga, o trilho e a ponte como um todo. Obs: nessa ponte será analisada a cabine como um subequipamento por ter seu acionamento independente da ponte, diferenciando-se assim das demais pontes.

Para melhor elaboração do estudo da MCC, foram criados os seguintes subsistemas conforme mostrado na Figura 4.3.

Figura 4.3 – Sistemas Funcionais da Ponte Rolante



Fonte: o autor (2017).

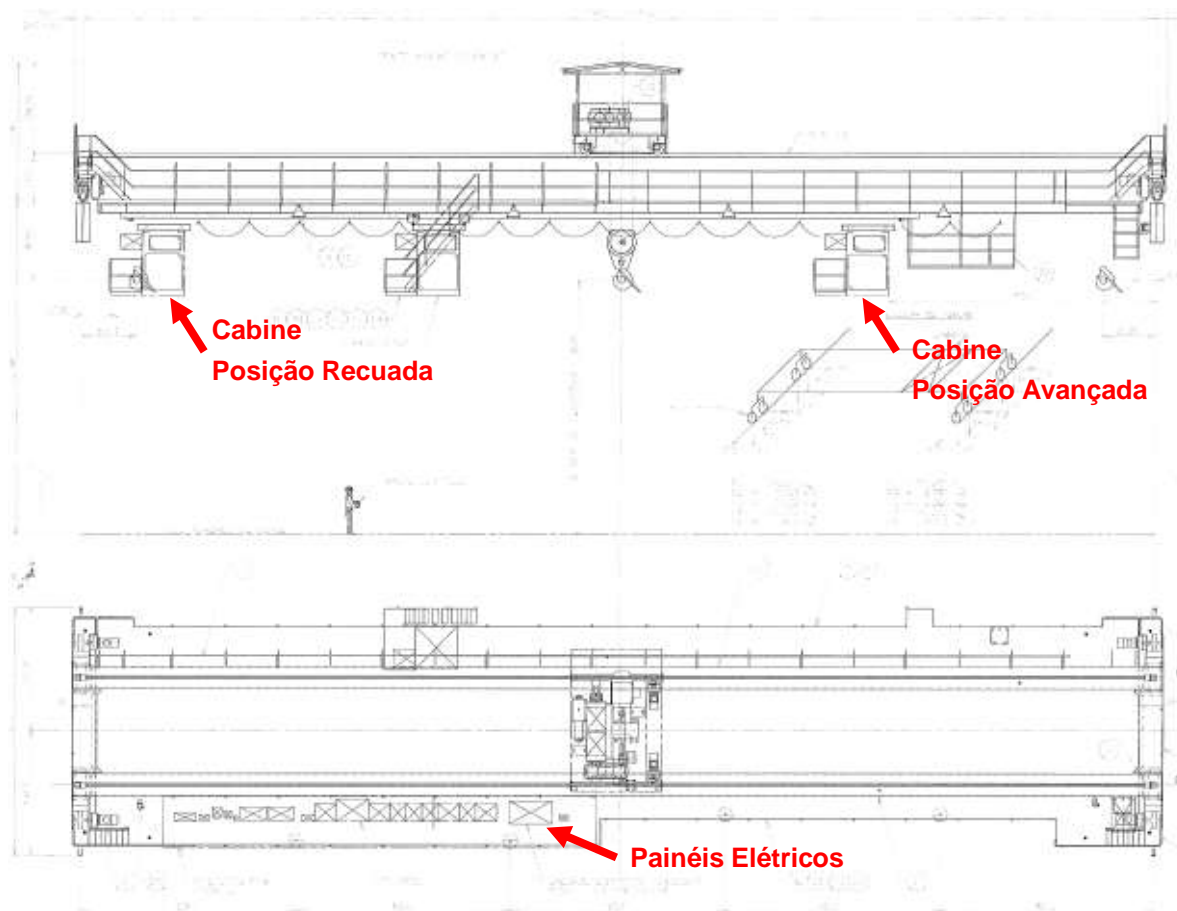
Para a coleta de informações foi utilizado o manual de operação e manutenção do equipamento conforme Figura 4.4 e os desenhos de projeto da ponte rolante. O desenho da geral da ponte rolante é mostrado na Figura 4.5.

Figura 4.4 – Capa do Manual de Operação e Manutenção de Ponte Rolante

 DURAFERRO Ind. e Comércio Ltda.		Manual de Operação e Manutenção	<small>ASSUNTO</small> Índice <small>NUMERO DA FOLHA</small>	
			3	
ÍNDICE				
PARTE I -	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	pág.	4	
	Dados Técnicos do Equipamento	pág.	5	
	Introdução	pág.	6	
	Instruções de Operação	pág.	10	
	Inspeção	pág.	15	
	Lubrificação	pág.	25	
	Lubrificação Centralizada – Eximport	pág.	29	
	Acoplamentos do Tambor	pág.	57	
	Dados Técnicos do Limite Rotativo - Eletrosil	pág.	67	
	Limite Contra Peso – Duraferro	pág.	72	
	Dados Técnicos dos Freios - Simec	pág.	73	
	Dados Técnicos dos Motoredutores - Sew	pág.	110	
	Dados Técnicos do Motor - Weg	pág.	155	
	Dados Técnicos do Redutor - Transmotécnica	pág.	156	
	Dados Técnicos dos Para-choques – Römer	pág.	159	
	Esquadro e Alinhamento	pág.	162	
	Torque nos Parafusos	pág.	163	
PARTE II -	CATÁLOGOS	pág.	164	
PARTE III -	PEÇAS DE REPOSIÇÃO	pág.	184	
PARTE IV -	DESENHOS DE CONJUNTO	pág.	205	
*Segue em anexo Manual do Motoredutor SEW				

Fonte: Duraferro (2003).

Figura 4.5 – Desenho Geral da Ponte Rolante GH2



Fonte: Duraferro (2003).

Os manuais e os desenhos do fabricante do equipamento foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho. Esses documentos permitiram um melhor entendimento do funcionamento e do projeto da ponte rolante.


Na Figura 4.5 é mostrado um desenho geral da ponte rolante definindo a posição dos painéis, posição recuada e avançada da cabine de operação.

4.4 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DA MCC

Para o desenvolvimento dos estudos de MCC ArcelorMittal, foram criados dois documentos padrões a serem utilizados que são:

Planilha de Descrição do Sistema: contem a definição das funções principais e secundárias e as falhas funcionais. No Quadro 4.1 estão apresentadas essas funções.

Quadro 4.1 – Planilha de Descrição Do Sistema

PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO SISTEMA				
	PONTE ROLANTE GH2 - PATIO DE BOBINA		Sistema Nº	Data de início
			PR GH2	10/04/2017
			Redator	Data de final
			Samuel	20/09/2017
CONTEXTO OPERACIONAL				
Cód.	FUNÇÃO PRINCIPAL (FP)	Cód.	FALHA FUNCIONAL (FF)	
FP01	Efetuar translação da ponte rolante GH2 com ou sem bobina na velocidade de 120 m/min (Trilhos de translação, rodas motriz e movida, motoredutores de acionamento, truques e celas, sistema de segurança).	FF01	Não efetuar translação da ponte rolante GH2 com ou sem bobina na velocidade de 120 m/min (Trilhos de translação, rodas motriz e movida, motoredutores de acionamento, truques e celas, sistema de segurança).	
FP02	Efetuar translação do carro da ponte rolante GH2 com ou sem bobina na velocidade de 80 m/min (Trilhos de translação, rodas motriz e movida, motoredutores de acionamento, sistema de segurança, Sistema FESTON, estrutura carro).	FF02	Não efetuar translação do carro da ponte rolante GH2 com ou sem bobina na velocidade de 80 m/min (Trilhos de translação, rodas motriz e movida, motoredutores de acionamento, sistema de segurança, Sistema FESTON, estrutura carro).	
FP03	Efetuar translação da cabine de operação da ponte rolante GH2 na velocidade de 40 m/min (cabine, motoredutor acionamento, trilhos, sistema FESTON)	FF03	Não efetuar translação da cabine de operação da ponte rolante GH2 na velocidade de 40 m/min (cabine, motoredutor acionamento, trilhos, sistema FESTON)	
FP04	Efetuar elevação com carga máxima de 40ton na velocidade de 20 m/min (Motor, redutora, freio, eixo transmissão, dromo, cabo de aço, conjunto moitão, polias)	FF04	Não efetuar elevação com carga máxima de 40ton na velocidade de 20 m/min (Motor, redutora, freio, eixo transmissão, dromo, cabo de aço, conjunto moitão, polias)	
Cód.	FUNÇÕES SECUNDÁRIAS (FS)	Cód.	FALHA FUNCIONAL (FF)	
FS01	Fornecer alimentação elétrica para o barramento. (Seccionadoras e barramentos).	FF01	Não fornecer alimentação elétrica para o barramento. (Seccionadoras e barramentos).	
FS02	Fornecer alimentação elétrica para ponte. (Pantografo e painéis, sistema FESTON).	FF02	Não fornecer alimentação elétrica para ponte. (Pantografo e painéis, sistema FESTON).	
FS03	Refrigerar cabine de operação na temperatura de 22°C. (Ar condicionado).	FF03	Não refrigerar cabine de operação na temperatura de 22°C. (Ar condicionado).	

Fonte: o autor (2017).

Formulário Padrão de Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC: nesse formulário estão contidas seguintes etapas:

ETAPA 3 – Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)

Nessa etapa é determinado o índice NPR (Risk Priority Number) de cada modo de falha. Para a determinação do NPR são utilizadas tabelas que foram desenvolvidas pela ArcelorMittal e estão no Plano Diretor de Manutenção (PDM) para serem aplicadas nos estudos de MCC desenvolvidos na empresa.

O NPR é calculado da seguinte forma abaixo:

$$\text{NPR} = \text{Severidade} \times \text{Ocorrência} \times \text{Detecção}$$

Severidade: critério adotado de acordo com a Tabela 4.1

Ocorrência: critério adotado de acordo com a Tabela 4.2

Deteção: critério adotado de acordo com a Tabela 4.3

ETAPA 4 – Seleção das Funções Significantes e Classificação dos seus Modos de *Falhas*

De acordo com o critério adotado no PDM existe uma regra para a determinação da ação de acordo com a classificação resultado obtido do NPR:

NPR < 79 = Risco Baixo → Aceita-se o Risco

NPR de 80 à 124 = Risco Médio → Propor Ação de Redução de Risco

NPR > 125 = Risco Alto → Definir de Ação Tarefa de Manutenção

ETAPA 5 – Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Para as função funções significantes determinadas na etapa 4 serão determinadas atividades de Manutenção Aplicáveis e Efetivas de acordo com o critério da Tabela Padrão do RCM – Tabela 4.4

ETAPA 6 – Definição dos Intervalos Inicia e Agrupamento das Tarefas de *Manutenção*

A definição dos intervalos foi definida de acordo com o manual de manutenção e operação do fabricante do equipamento e também em função do histórico de falhas e experiência da equipe de MCC.

O agrupamento das atividades seguem as seguintes regras:

- Por especialidade: mecânica e elétrica
- Por frequência da atividade: semanal, mensal, trimestral, etc.
- Por tipo de atividade: inspeção ou execução


Nessa monografia será apresentado o estudo realizado para o subsistema translação da ponte, que tem a seguinte função e falha funcional:

FP01 - Efetuar translação da ponte rolante GH2 com ou sem bobina na velocidade de 120 m/min (rodas motriz e movida, motoredutores de acionamento, truques e celas, sistema de segurança).

FF01 - Não efetuar translação da ponte rolante GH2 com ou sem bobina na velocidade de 120 m/min (rodas motriz e movida, motoredutores de acionamento, truques e celas, sistema de segurança).

Segue abaixo o Formulário Padrão de Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC

Formulário Padrão de Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC

	Equipe: Jeferson Streit, João Ferreira, Rangel Rufino, Marcos Magalhães.	Data: 20/09/2017
Responsável pela Análise: Samuel Vicente		Página / De: 1 / 7
Sistema: Ponte Rolante - GH2		Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Translação da Ponte		Id_Subsistema: 1

ETAPA 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)										ETAPA 4 - Seleção das Funções Significantes		ETAPA 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas		ETAPA 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção				
Id_Função	Função	Id_Falha_Funcional	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	NPR (S.O.D)	Causas do Modo de Falha	Tarefa Proposta Pela Matriz Decisão RCM	Consequência	ID - Tarefa	Tarefas Propostas Para Elaboração de Planos	Período	Unidade	Agrupamento de Tarefa	Centro de Trabalho Responsável
FP01	Efetuar translação da ponte rolante GH2 com ou sem bobina na velocidade de 120 m/min	FF01	Não efetuar translação da ponte rolante GH2 com ou sem bobina na velocidade de 120 m/min	MF01	Motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 vazando.	5	2	10	100	Vedações danificadas.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	10	Inspeccionar o motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 a fim de identificar possíveis vazamentos	1	SEM	10/20/30/40	Inspetor Mecânico
				MF02	Motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 com nível de óleo baixo.	5	2	10	100	Vedações danificadas.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	20	Conferir o nível de óleo do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4	1	SEM		

					MF03	Motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 com vibração anormal.	5	2	10	100	Nível de óleo baixo	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	30	Verificar se o nível de vibração do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 esta normal	1	SEM		
					MF04	Motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 com ruído anormal.	4	2	10	80	Nível de óleo baixo	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	40	Verificar se o nível de ruído do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 esta normal	1	SEM		
					MF05	Amortecedor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 desgastado.	6	2	10	120	Desgaste do amortecedor	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	50	Inspeccionar amortecedor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 quanto ao estado físico	3	MÊS	50/60	Inspetor Mecânico
					MF06	Parafuso de fixação do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 frouxo/quebrado.	5	2	10	100	Vibração	TAREFA SOB CONDIÇÃO	N	60	Inspeccionar parafusos de fixação do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 quanto ao aperto e estado físico	3	MÊS		
					MF07	Motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 travado.	5	1	5	25	Quebra engrenamento interno	NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA	O						
					MF08	Rolamento do mancal da roda motriz N°1/N°2/N°3/N°4 travado.	7	5	5	175	Falta lubrificação. de	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	70	Lubrificar mancais da roda motriz N°1/N°2/N°3/N°4 translação da ponte.	2	MÊS	100	Inspetor Mecânico

					MF021	Freio do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 da translação da ponte rolante GH2 com mola quebrada.	7	2	3	43	Desgaste, fadiga	NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA	O					
					MF022	Freio do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 da translação da ponte rolante GH2 sujo.	7	2	3	43	Poeira, graxa, óleo	NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA	O					
					MF023	Freio do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 do acionador da translação da ponte rolante GH2 desajustado.	7	3	3		Desgaste da lona, vibração.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	170	3	MÊS		Inspetor Mecânico
					MF024	Motor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 sujo.	1	5	10	50	Excesso de óleo, graxa, poeira e materiais particulados.	NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA	N					
					MF025	Motor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 com baixa isolamento para massa.	7	4	3	84	Envelhecimento do enrolamento, graxa do enrolamento proveniente de retentor interno do mancal rompido, sobrecargas intermitentes, sobreaquecimento devido temperaturas externas e falta de ventilação forçada	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	180	6	MÊS		Inspetor Elétrico

					MF026	Motor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 com mau contato caixa de ligação.	7	3	5	105	Vibração, Diminuição da área de contato, Falta de aperto.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	190	Realizar verificação do circuito do motor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 do acionador da translação da ponte rolante GH2.	3	MÊS		Inspetor Elétrico
					MF027	Motor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 queimado.	7	2	8	112	Sobrecargas, sobre tensão	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O		Atividade contemplada na Tarefa ID 180.				
					MF028	Freio do motor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 com bobina em curto.	7	2	3	42	Sobretensão, mau contato.	NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA	O						
					MF029	Freio do motor do motoredutor 5MR1/5MR2/5MR3/5MR4 com cabo rompido.	7	1	3	21	Vibração.	NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA	O						
					MF030	Sensor laser anti-colisão entre pontes GH2/GH1, fora de posição (5B3).	7	4	3	84	Falha de execução em caso de troca ou colisão contra o mesmo.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	200	Inspeccionar visualmente sensor laser anti-colisão entre pontes GH2/GH1, quanto a condição do sensor, cabos, aspecto de limpeza e fixação (5B3).	2	SEM	210/220/230/240	Inspetor Elétrico
					MF031	Espelho do sensor laser anti-colisão entre pontes GH2/GH1 sujo (5B3).	7	3	5	105	Poeira, graxa, óxido de ferro.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	210	Limpar espelho do sensor laser anti-colisão entre pontes GH2/GH1 sujo (5B3).	2	SEM		Inspetor Elétrico
					MF032	Sensor laser anti-colisão entre ponte GH2 e batente do galpão da garagem, fora de posição (5B4).	7	4	3	84	Falha de execução em caso de troca ou colisão contra o mesmo.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	220	Inspeccionar visualmente sensor laser anti-colisão entre ponte GH2 e batente do galpão da garagem, quanto a condição do sensor, cabos, aspecto de limpeza e fixação (5B4).	2	SEM		Inspetor Elétrico

					MF033	Espelho do sensor laser anti-colisão entre ponte GH2 e batente do galpão da garagem sujo (5B4).	7	3	5	105	Poeira, graxa, óxido de ferro.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	230	Limpar espelho do sensor laser anti-colisão entre ponte GH2 e batente do galpão da garagem sujo (5B4).	2	SEM		Inspetor Elétrico
					MF034	Limites de redução e parada da translação da ponte GH2 sentido garagem frouxo/fora da posição (5S3, 5S4).	7	3	5	105	Falha de execução em caso de troca ou colisão contra o mesmo.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	240	Inspecionar visualmente Limites de redução 5S3 e parada 5S4 da translação da ponte GH2 sentido garagem, quanto a condição dos limites, cabos, ajuste e fixação.	2	SEM		Inspetor Elétrico
					MF035	Limites de redução e parada da translação da ponte GH2 sentido garagem com mau conectado/danificado (5S3, 5S4).	7	3	5	105	Falha de execução em caso de troca ou colisão contra o mesmo.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O	250	Verificar estado dos Limites de redução 5S3 e parada 5S4 da translação da ponte GH2 sentido garagem, quanto a condição dos limites, cabos.	1	MÊS		Inspetor Elétrico
					MF036	Limites de redução e parada da translação da ponte GH2 sentido garagem desregulado (5S3, 5S4).	7	2	7	98	Vibração, falha de execução em caso de troca.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O		Atividade contemplada na Tarefa ID 240.				
					MF037	Limites de redução e parada da translação da ponte GH2 sentido garagem com mecanismo travado (5S3, 5S4).	7	2	7	98	Vibração, desgaste mecânico.	TAREFA SOB CONDIÇÃO	O		Atividade contemplada na Tarefa ID 250.				
					MF038	Limites de redução e parada da translação da ponte GH2 sentido garagem com cabo rompido (5S3, 5S4).	7	1	1	7	Vibração.	NENHUMA MANUTENÇÃO PROGRAMADA	O						

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado a Tabela 4.1 que define o índice de severidade para uma falha, a Tabela 4.2 que define o índice para a ocorrência e a Tabela 4.3 que define o índice para a detecção.

Tabela 4.1 – Índice de Severidade

TABELA DE ÍNDICES DE GRAVIDADE (SEVERIDADE), OCORRÊNCIA E DETECÇÃO - FMEA - EQUIPAMENTOS			
GRAU	GRAVIDADE (SEVERIDADE)	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	AGRAVANTES
1	MÍNIMA	A falha não causa efeito sensível no desempenho equipamento ou sistema.	Imperceptível
2	BAIXA	A falha provoca pequena disfunção no equipamento. Ligeira deteriorização no desempenho do equipamento	Insignificante
3			Reconhecido por pessoal experiente
4	MODERADA	A falha produz deteriorização no desempenho do equipamento ou exige retrabalho/reparo com perda à produção.	Afeta pouco desempenho
5			Perda de função secundária
6			Perda de função secundária com danos a outros componentes/sistemas
7	ALTA	Grande perda de produção devido ao equipamento ou sistema inoperante. Não afeta a integridade do usuário do equipamento.	Perda de função principal local. Impossibilita operar o equipamento.
8			Perda gradual de função principal com danos a outros equipamentos.
9	MUITO ALTA	Grande perda de produção devido ao equipamento ou sistema inoperante. Afeta segurança do usuário, danos irreversíveis, afeta Meio Ambiente	Perda gradual de função principal com sérios danos.
10			Perda súbita de função principal com sérios danos.

Fonte: ArcelorMittal (2017).

Tabela 4.2 – Índice de Ocorrência

GRAU	OCORRÊNCIA	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	AGRAVANTES
1	MÍNIMA	Mínima probabilidade de ocorrência. Históricos não apresentam este tipo de falha.	Extremamente remota
2	BAIXA	Baixa probabilidade de ocorrência. Raros casos são evidenciados em históricos.	1 vez a cada 5 anos
3			1 vez a cada 2 anos
4	MODERADA	Média probabilidade de ocorrência. Históricos apresentam alguns casos desta falha.	1 vez por ano
5			1 vez por semestre
6			1 vez por mês
7	ALTA	Alta probabilidade de ocorrência. Históricos em geral sempre apresentam este tipo de falha.	1 vez por semana
8			Algumas vezes por semana
9	MUITO ALTA	Muito alta probabilidade de ocorrência. Históricos em geral apresentam muitas falhas deste tipo.	1 vez ao dia
10			Várias vezes ao dia.

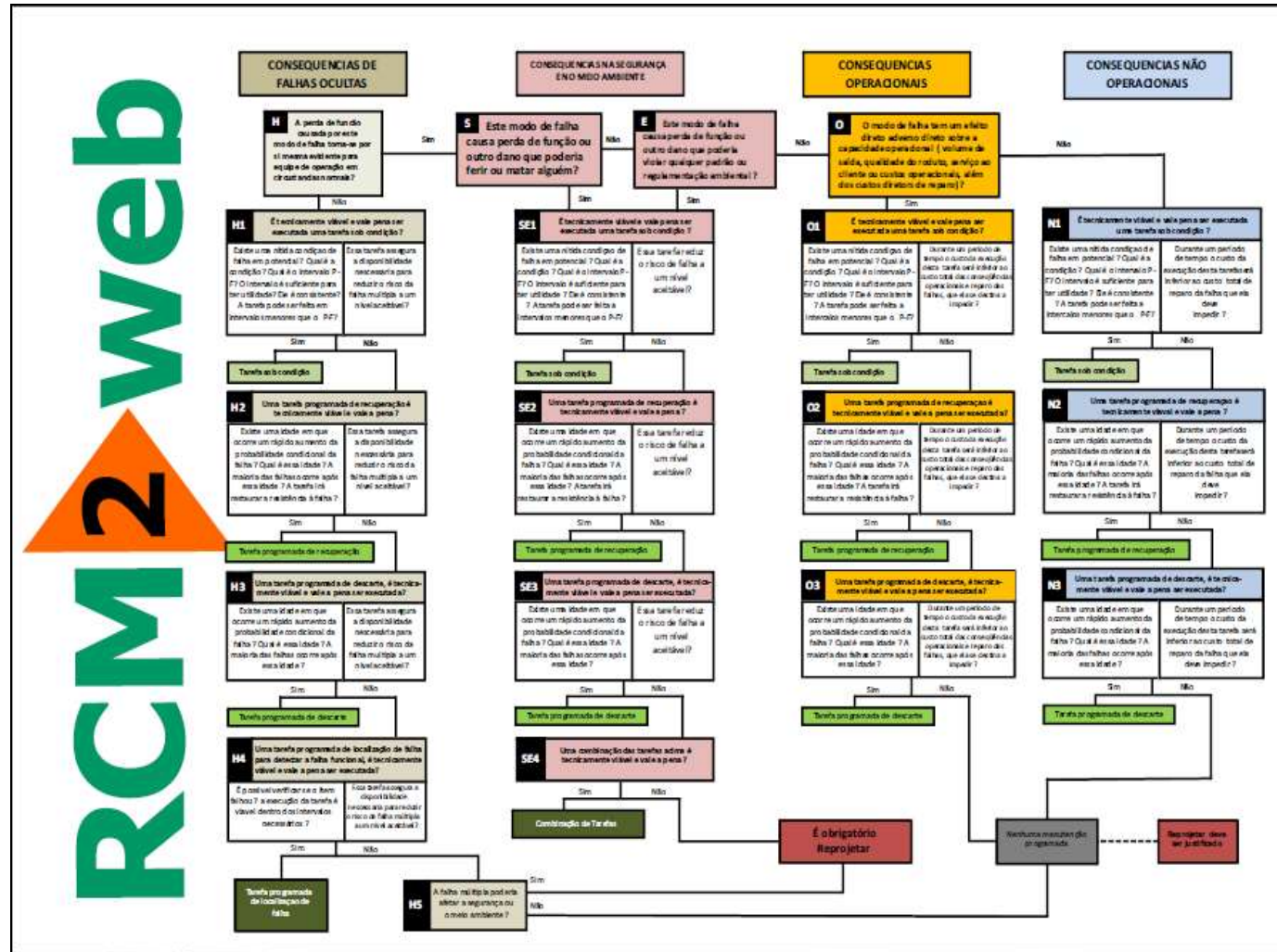
Fonte: ArcelorMittal (2017).

Tabela 4.3 – Índice de Detecção

GRAU	DETECÇÃO	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	AGRAVANTES
1	MUITO ALTA	Os controle detectam com certeza a falha. Controles confiáveis	Monitoramento = 100%
2	ALTA	Probabilidade muito alta dos controles atuais detectarem o modo de falha. Intervenção depende pouco do operador.	Monitoramento = 100%
3			Monitoramento < 100%
4	MODERADA	Probabilidade moderada dos controles atuais detectarem o modo de falha. Intervenção/Controle depende do operador.	Monitoramento = 100%
5			Monitoramento > 50% < 100%
6			Monitoramento < 50%
7	BAIXA	Probabilidade baixa dos controle atuais detectarem o modo de falha Intervenção/Controle depende muito do operador.	Monitoramento = 100%
8			Monitoramento < 100%
9	MÍNIMA	Probabilidade remota dos controles atuais detectarem o modo de falha Intervenção/Controle depende exclusivamente do operador.	Monitoramento = 100%
10			Monitoramento < 100%

Fonte: ArcelorMittal (2017).

Tabela 4.4 – Tarefa de Manutenção Aplicável de Acordo com RCM



Fonte: ArcelorMittal (2017).

Para a definição da criticidade do modo de falha foi utilizado a Tabela 4.1, 4.2 e 4.3, que estão no Plano Diretor de Manutenção. Para a definição da escolha da correta tarefa de manutenção a ser aplicada utilizou-se a Tabela 4.4 que é o padrão utilizado na ArcelorMittal para a elaboração de estudo de MCC.

4.5 SINTESE E CONCLUSÃO DO CAPITULO

Nesse capítulo foi apresentado o desenvolvimento do estudo da MCC do subsistema Translação da Ponte Rolante contemplando da Etapa 3 até a Etapa 6.

Foram apresentados quais os critérios utilizados para determinação da severidade, ocorrência e detecção dos modos de falhas determinados no Plano Diretor de Manutenção para a elaboração de estudos de MCC na ArcelorMittal, bem como os formulários e planilhas padrões utilizados para os estudos.

No próximo capítulo serão apresentados os resultados, conclusões e próximas fases do estudo.

5 CONCLUSÃO

O estudo piloto da Ponte Rolante GH2 seguiu rigorosamente os padrões da metodologia da MCC definidos no Plano Diretor de Manutenção (PDM) da ArcelorMittal Aços Planos. De acordo com o PDM a empresa deverá utilizar a MCC para definir os planos de manutenção de equipamentos de criticidade A, que é o caso dessa ponte rolante.

De acordo com o cronograma de trabalho, o estudo da MCC foi realizado até a etapa 6 para todos os subsistemas e suas respectivas funções principais e secundárias definidas no Quadro 4.1 – Planilha de Descrição do Sistema.

O resultado desse estudo foi mostrado no capítulo anterior onde foi apresentado no Formulário Padrão de Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC do subsistema Translação da Ponte contendo da etapa 3 à etapa 6. Os demais Formulários contendo os outros subsistemas foi optado por não serem apresentados nesse trabalho de monografia devido a serem planilhas muito grandes e não serem necessário para o entendimento da metodologia usada, visto que é a mesma do subsistema mostrado.

Segue no Quadro 5.1 um resumo dos quantitativos do estudo do subsistema translação da ponte:

Quadro 5.1 – Resumo Modos de Falha

Modos de Falha	Abertos	Tratados
Mecânico	23	17
Elétrica	15	11

Fonte: o autor (2017).

Conforme apresentado no Quadro 5.1, somente foram propostas atividades de manutenção para os modos de falhas que de acordo com o critério do PDM atingiram o NPR acima de 80.

As atividades de manutenção propostas e as respectivas definições dos intervalos foram definidas pela equipe do estudo levando em conta vários critérios como: recomendações do manual de operação e manutenção do equipamento, histórico de falhas, atual plano de manutenção, experiência da equipe.

Durante o desenvolvimento dos trabalhos a equipe responsável se mostrou muito motivada e comprometida em busca de realizar um trabalho que gerasse um excelente resultado em termos de qualidade, confiabilidade, e cumprimento dos prazos.

A experiência das pessoas e o clima de abertura para mudança e inovação criados pelo facilitador foram fundamentais para atingir o excelente resultado.

As principais dificuldades encontradas foram:

- 1) Baixa produtividade no início dos trabalhos devido à reunião ser muito curta de 2h em intervalos de cada 2dias. Isso se deve ao fato de ser necessária uma recapitulação da reunião anterior e perda da continuidade do raciocínio sobre determinado modo de falha e sua classificação quanto à criticidade.

Para resolver esse problema revisamos a estratégia de reunião para cada especialidade da seguinte forma, ao invés de 2dias por semana de 2h, mudamos para 1dia por semana com duração de 4h, sendo 1dia para a elétrica e 1dia para a mecânica. Dessa forma obteve-se uma maior produtividade nos estudos.

- 2) Definir a pontuação correta para cada modo de falha em termos de severidade, ocorrência e detecção. Os valores geraram dúvidas entre os membros da equipe devido a interpretações diferentes de cada um.

Para resolver esse problema realizamos uma videoconferência com a área de manutenção da ArcelorMittal Tubarão, empresa matriz que elaborou o PDM e as respectivas tabelas, visando o alinhamento dos critérios e consenso para definir o valor correto em cada grau. Dessa forma não houve mais dificuldades em determinar essa pontuação.

- 3) Histórico de falha dos equipamentos. Foi extraído do sistema de manutenção uma lista com todas as ordens de manutenção realizadas nos equipamentos da ponte rolante nos últimos 5 anos. A dificuldade foi em tratar essas informações. A solução foi imprimir todas as listas e verificar item por item manualmente através da leitura e contando as vezes em que houverem ocorrência em cada equipamento. Houve um tempo maior para fazer esse trabalho, porém devido a termos um novo sistema de manutenção que esta operando a partir de Jan/16, o histórico foi consultado no sistema antigo que é muito limitado.

- 4) Resiliência de alguns membros da equipe em adotar aplicar os novos conceitos da MCC. Foram feitas algumas novas reuniões de alinhamento da metodologia com todos os envolvidos e principalmente o apoio da gerencia nesse processo.

Esse projeto piloto foi desenvolvido com muito sucesso desde o inicio até a atual etapa que esta em elaboração. A qualidade do trabalho e o desenvolvimento da equipe foi uma crescente evolução durante as reuniões atingindo um elevado nível de compreensão da metodologia e maturidade para os membros da equipe.

Com base na qualidade e evolução desse trabalho, a equipe se mostra capacitada e confiante para finalizar o estudo da ponte rolante GH2 e para a realização da MCC nas demais pontes que serão iniciados em dezembro e com prazo para serem concluídos até final de 2018.

A aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade é uma das diretrizes determinadas pelo Plano Diretor de Manutenção da ArcelorMittal e sua aplicação é fundamental para o atingimento dos resultados esperados em termos de indicadores como UNPLANNED MAINTENANCE STOPPAGE RATIO (UMSR%), o que mostra a evolução da manutenção em busca da redução de falhas evitando as paradas de linhas e manutenção não planejadas.

Nesse alinhamento com as diretrizes esta a área de manutenção central e engenharia IVEM que é responsável pela manutenção e confiabilidade das pontes rolantes do site ArcelorMittal Vega.

Dessa forma a realização desse estudo inicial ira contribuir para atingirmos novos patamares de manutenção em ponte rolante, tendo como base a metodologia da MCC. Para mantermos a efetividade da metodologia é mandatório da aplicação de auditorias e plano de ação para as não conformidades encontradas, assim como a busca pela melhoria contínua e a utilização do PDCA.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Elaborar o manual de manutenção da ponte rolante GH2 e validar oficialmente com o supervisor de manutenção, gerente de área de manutenção,

especialistas de manutenção e inspetores. Esse documento deverá ser assinado por todos os responsáveis.

Assim que o manual estiver consolidado, todos os planos de manutenção serão inseridos no sistema informatizado de manutenção (SAP) e serão definidas as datas de início do ciclo de cada plano.

Durante a consolidação do manual será determinado que toda e qualquer alteração necessária no plano somente será realizada pela equipe de confiabilidade da área de ponte rolante, nesse caso o assistente técnico de confiabilidade e o especialista de confiabilidade.

A partir do início da geração das ordens de manutenção automática pelo SAP será feito um acompanhamento da efetividade da realização das mesmas pela equipe de manutenção, será avaliado se as tarefas de manutenção estão sendo efetivamente sendo executadas. Essa verificação será feita em forma de auditorias periódicas.

No mês de Jan/18 será feito uma reunião de follow-up com a equipe de manutenção para serem tratados os desvios e verificado a sugestão de melhorias ou ajustes no plano caso necessário. A metodologia para fazer qualquer revisão será através da modificação primeiramente no estudo de MCC de depois no plano de manutenção no SAP.

Após o mês de novembro quando será concluído todas as etapas da MCC para a ponte rolante GH2, serão iniciados os estudos para as demais 08 pontes que são responsáveis pela movimentação de bobinas em outros processos da ArcelorMittal Vega.

REFERÊNCIAS

ARCELORMITTAL AÇOS PLANOS. **Plano Diretor de Manutenção**. Vitória, 2013.

MORTELARI, Denis; SIQUEIRA, Kleber; PIZZATI, Nei. **O RCM na Quarta Geração da Manutenção de Ativos**. RG Editores, 2ª Edição, 2014.

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**, 2ed. Lutterworth, Inglaterra: Aladon Ltd, 2000.

RIGONI, Emerson. **Metodologia para implantação da manutenção centrada na confiabilidade: uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em Conhecimento e Lógica Fuzzy**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia, Florianópolis, 2009.

SIQUEIRA, Iony Patriota de.; **Manutenção Centrada na Confiabilidade –Manual de Implementação**, 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

LEVERETTE, J. C. **An Introduction to the US Naval Air System Command RCM Process and Integred Reliability Centered Maintenance Software**. In: RCM 2006 - The Reliability Centred Maintenance Managers' Forum. 2006. Anais...: p. 22-29.

NBR-5462. **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994. 37p.

TAVARES, Lourival Augusto. CALIXTO, Marcos. POYDO, Paulo R. **Manutenção Centrada no Negócio**, 1 ed. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 2005.