

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE APLICADA À  
MANUTENÇÃO**

**FABIO ROBERTO PEREIRA PINTO**

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE  
PARA MITIGAÇÃO DE FALHAS CRÔNICAS EM UM SISTEMA DE  
GARRAS PNEUMÁTICAS DE UMA LINHA DE ESTAMPARIA  
AUTOMOTIVA**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2012**

**FABIO ROBERTO PEREIRA PINTO**

Monografia submetida ao Programa de Pós-Graduação do Curso de Especialização em Engenharia de Confiabilidade Aplicada à Manutenção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção de grau de Especialista em Engenharia de Confiabilidade Aplicada à Manutenção.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

**CURITIBA**  
**2012**

**FABIO ROBERTO PEREIRA PINTO**

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE  
PARA MITIGAÇÃO DE FALHAS CRÔNICAS EM UM SISTEMA DE  
GARRAS PNEUMÁTICAS DE UMA LINHA DE ESTAMPARIA  
AUTOMOTIVA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade Aplicada à Manutenção, do programa de pós-graduação do curso de Especialização em Engenharia de Confiabilidade Aplicada à Manutenção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 26 de outubro de 2012.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof. Dr. Emerson Rigoni  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

---

Prof.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa pelo amor, dedicação e paciência.

À minha família pelo apoio durante a minha jornada da vida e por me ensinar o valor do trabalho e da persistência.

Aos meus amigos pelas alegrias compartilhadas.

Ao orientador Emerson Rigoni pelos seus valiosos ensinamentos e disposição.

À UTFPR pela excelência de ensino.

## RESUMO

PEREIRA PINTO, Fabio Roberto. **Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade para mitigação de falhas crônicas em um sistema de garras pneumáticas de uma linha de estamparia automotiva**. 2012. 106f. Monografia (Especialização em Engenharia de Confiabilidade Aplicada à Manutenção) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

O presente trabalho utiliza a metodologia preconizada da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), como apoio à tomada da decisão para determinar a melhor estratégia para elaboração de planos de manutenção. Tais planos serão aplicados a um sistema de garras pneumáticas de uma linha de estamparia de uma empresa multinacional do ramo de autopeças. A garra é um conjunto de componentes que formam um equipamento essencial para o processo de estampagem das partes integrantes da carroceria de um automóvel, pois sua função é de sustentar a peça durante a transferência de um ponto ao outro. Neste caso específico ela sustenta a peça desde a retirada do fardo de matéria prima, passando pelas prensas que dão a forma à peça até o processo final de depósito na esteira transportadora de produto acabado. É durante este processo que há várias microparasadas causadas pelas falhas de garras. Apesar do tempo de intervenção para correção das falhas serem em torno de alguns minutos, o montante final gera um impacto significativo na disponibilidade produtiva. Com isso, um embasamento teórico da MCC será desenvolvido correlacionando conceitos relevantes de manutenção e sua função estratégica para as empresas que buscam excelência em seu processo produtivo para atender as exigências do cliente e ao mesmo tempo se destacarem em um mercado cada vez mais acirrado do seguimento de fornecedores de autopeças.

**Palavras-chave:** Manutenção Centrada na Confiabilidade. Plano de Manutenção. Manutenção Industrial. Garras Pneumáticas.

## ABSTRACT

PEREIRA PINTO, Fabio Roberto. **Application of Reliability Centered Maintenance for mitigation of chronic failures in a system of pneumatic clutches of an automotive stamping line.** 2012. 106f. Monograph (Specialization in Reliability Engineering Applied to Maintenance) - Academic Department of Electrical Engineering, Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2012.

This study uses the methodology recommended the Reliability Centered Maintenance (MCC), as support for making the decision to determine the best strategy for development of maintenance plans. Such plans will be applied to a system of pneumatic clutches of a stamping line of a multinational company's auto sector. The claw is an assembly of components that form an equipment essential to the process of stamping the component parts of a car body, because its function is to hold the part during transfer from one point to another. In this particular case it holds the piece from the removal of the burden of raw materials, through the presses that give shape to the piece until the final process of filing the conveyor belt of finished product. It is during this process that there are several microparadas caused by failures claws. Despite the intervention time for correction of faults being around a few minutes, the final amount generates a significant impact on production availability. With this, a theoretical framework will be developed MCC correlating relevant concepts of maintenance and its strategic role for companies seeking excellence in its production process to meet the customer's requirements and at the same time stand out in a market increasingly fierce follow-up of parts suppliers.

**Keywords:** Reliability Centered Maintenance. Maintenance Plan. Industrial. Maintenance. Pneumatic Clutches.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Linha de prensas para estampagem de peças automotivas.....	16
Figura 2.2 – Garra pneumática instalada no robô.....	18
Figura 2.3 – Local de espera da garra para a próxima produção.....	19
Figura 2.4 – Local de armazenamento das garras pneumáticas. ....	20
Figura 2.5 – Robô retirando a chapa do fardo de matéria prima. ....	21
Figura 2.6 – Garra pneumática sustentando uma peça. ....	22
Figura 2.7 – Indicadores de performance da manutenção de garras. ....	25
Figura 2.8 – Indicador de perdas por falhas de garras.....	25
Figura 3.1 – Evolução da Manutenção. ....	27
Figura 3.2 – Curva da banheira. ....	33
Figura 3.3 – Padrões de taxas de falha. ....	34
Figura 3.4 – Procedimento de implementação da MCC.....	35
Figura 3.5 – Planilha de Análise de FMECA. ....	38
Figura 3.6 – Critério para classificar a severidade. ....	39
Figura 3.7 – Critério para quantificar a ocorrência. ....	39
Figura 3.8 – Critério para quantificar a probabilidade de detecção da causa da falha. ....	40
Figura 3.9 – Diagramas Lógicos de seleção. ....	41
Figura 3.10 - Lógica de seleção das tarefas de manutenção.....	42
Figura 3.11 – Modelo de formulário para definição dos intervalos das tarefas de manutenção. .....	43
Figura 4.1 – Planilha etapa 0. ....	46
Figura 4.2 – Cronograma de implantação da MCC.....	47
Figura 4.3 – Analogia entre MCC e FMEA. ....	49
Figura 4.4 – Pareto dos modos de falha da garra pneumática. ....	49
Figura 4.5 – Planilha etapa 4. ....	50
Figura 4.6 – Planilha da etapa 5. ....	51
Figura 4.7 – Planilha etapa 6. ....	52
Figura 4.8 – Exemplo de ordem de serviço. ....	54
Figura 4.9 – Instrução de serviço de manutenção de garras.....	55
Figura 4.10 – Alojamento de garras antes da aplicação da MCC.....	56
Figura 4.11 – Alojamento de garras após aplicação da MCC. ....	56
Figura 4.12 – (a) Identificação de garras antes e (b) após aplicação da MCC. ....	57

## LISTA DE SIGLAS

ATA	Air Transport Association of America
BSI	British Standards Institution
FAA	Federal Aviation Administration
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
IEC	International Electrotechnical Commission
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MSG	Maintenance Steering Group
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time to Repair
PAS	Publicly Available Specification
RCM	Reliability Centered Maintenance
SAE	Society of Automotive Engineers
SAP	Systems Applications and Product
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
TMPR	Tempo Médio Para Reparo



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	TEMA .....	10
1.1.1	Delimitação do Tema .....	11
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS .....	11
1.3	OBJETIVOS .....	12
1.3.1	Objetivo Geral .....	12
1.3.2	Objetivos Específicos.....	13
1.4	JUSTIFICATIVA.....	13
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
1.6	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	14
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
<b>2</b>	<b>PROCESSO PRODUTIVO EM ESTUDO.....</b>	<b>16</b>
2.1	Descrição do processo de estamparia automotiva.....	16
2.2	Processo de set up externo e interno das garras .....	18
2.3	Garras pneumáticas e seus modos de falhas .....	21
2.4	Manutenção das garras.....	23
2.5	Indicadores de desempenho das garras .....	24
<b>3</b>	<b>MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE .....</b>	<b>27</b>
3.1	EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO.....	27
3.1.1	Primeira Geração.....	27
3.1.2	Segunda Geração.....	28
3.1.3	Terceira Geração .....	28
3.1.4	Quarta Geração.....	28
3.2	ORIGEM DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE .....	29
3.3	NORMATIZAÇÃO DA MCC.....	30
3.4	DEFINIÇÕES E PADRÕES DE DESEMPENHO.....	31
3.4.1	Definições .....	31
3.4.2	Padrões de falhas.....	32
3.5	METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO .....	35
3.5.1	Adequação da MCC .....	36
3.5.2	Preparação.....	36
3.5.3	Seleção do Sistema.....	37
3.5.4	Análise dos modos das Falhas.....	37
3.5.5	Seleção das Funções Significantes e Classificação dos Modos de Falha .....	40
3.5.6	Seleção das Estratégias de Manutenção Aplicáveis e Efetivas .....	41
3.5.7	Definição das Periodicidades Iniciais das Atividades de Manutenção .....	42
3.5.8	Elaboração do Manual de Implantação .....	44
3.5.9	Acompanhamento e Realimentação.....	44
<b>4</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NO SISTEMA PROPOSTO .....</b>	<b>45</b>
4.1	ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO DA MCC.....	45
4.1.1	Etapa 0.....	45
4.1.2	Etapa 1.....	46
4.1.3	Etapa 2.....	47
4.1.4	Etapa 3.....	48

4.1.5 Etapa 4.....	50
4.1.6 Etapa 5.....	50
4.1.7 Etapa 6.....	51
4.1.8 Etapa 7.....	52
4.1.9 Etapa 8.....	53
4.2 RESULTADOS OBTIDOS .....	54
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>58</b>
5.1 RECOMENDAÇÕES .....	59
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE A – MANUAL DE IMPLANTAÇÃO DA MCC.....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE B – PLANO DE AÇÕES DO ESTUDO DA MCC.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE C – PLANILHA DO TESTE DE ADERÊNCIA.....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresentará o tema do trabalho, o problema de pesquisa, a justificativa para elaboração do projeto, a metodologia de pesquisa e o embasamento teórico.

### 1.1 TEMA

Com o aumento da concorrência e a inovação tecnológica do processo produtivo cada vez mais automatizado para atender a demanda com eficácia e qualidade é preciso que a organização reveja a estratégia de gestão de ativos a fim de garantir maior e melhor desempenho dos serviços de manutenção. Defini-se que a manutenção é a garantia de que o item físico continue a cumprir as funções desejadas, a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) é um processo usado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional (KARDEC; NASCIF, 2009).

As estratégias de manutenção evoluíram em função das necessidades impostas, com o objetivo de gerir os ativos físicos com maior eficácia. Atualmente se faz necessário haver uma gestão de ativos mais analítica do que aquela centrada somente nas orientações do fabricante e ou utiliza-se do conhecimento empírico do corpo técnico para determinar a melhor estratégia de manutenção. Isso não quer dizer que também não sejam válidas, porém a necessidade de estudos mais aprofundados dos comportamentos de falhas, dos modos como elas impactam no processo produtivo, necessitam de metodologias mais eficazes para o apoio na tomada da decisão e assim determinar a melhor estratégia a ser adotado para a gestão dos ativos.

Neste quesito a metodologia pela MCC tem um papel fundamental para desenvolver estudo mais elaborado e detalhado do comportamento de falhas orientado por procedimentos e normas que padronizam a sua aplicação (SIQUEIRA, 2005).

Os primórdios do conceito da MCC surgiram na área da aviação no final da década de sessenta com o objetivo de estabelecer um procedimento adequado de manutenção, redução de tempo de paralisação, redução de custo e aumento da segurança de vôo do Boeing 747. Batizado de MSG-1 (*Maintenance Steering Group*) ou Grupo Diretor de Manutenção coordenado pelos engenheiros Stanley Nowlan e Haword Heap funcionários da

empresa United Airlines que em 1978 publicaram o primeiro livro descrevendo a metodologia da RCM (*Reliability Centered Maintenance*) como é conhecida atualmente. Depois do MSG-1 seguiram-se dois outros grupos, o MSG-2 em 1970 e o MSG-3 em 1980 (SIQUEIRA, 2005). Os resultados positivos obtidos pelo setor da aviação levaram a uma rápida disseminação da MCC para outros setores da indústria, a exemplo geração de energia, petroquímicas, siderurgia, etc.

Em função disso, a responsabilidade a ser assumida pelas áreas de manutenção tende a ser bem mais abrangente. Essas áreas devem buscar a melhoria contínua no gerenciamento dos processos de trabalho. Assim, a manutenção representa uma das atividades fundamentais no processo produtivo e organizacional (MOUBRAY, 2001).

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Este trabalho terá como foco uma linha de prensas mecânicas onde são estampadas peças para automóveis. Esta linha de prensas está instalada em uma empresa do segmento de autopeças localizado na região metropolitana de Curitiba, no município de São José dos Pinhais.

O trabalho de pesquisa tem a finalidade apresentar uma proposta de estudo para implantar a MCC, objetivando a melhoria dos planos de manutenção efetuados nas garras pneumáticas.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

O aumento do volume de carros produzidos, em função do crescimento do poder aquisitivo e da facilidade do crédito na aquisição de um automóvel, levou as empresas do ramo automobilístico a aumentarem sua capacidade produtiva para atender a demanda crescente. Conseqüentemente as empresas fornecedoras de autopeças para as montadoras também tiveram um aumento em sua capacidade produtiva tendo que trabalhar vinte e quatro horas por dia e sete dias por semana ou até mesmo investir em novos equipamentos para não deixar de atender o aumento da demanda.

Atualmente os processos produtivos da empresa do ramo de autopeças em estudo contêm quatro linhas de prensas mecânicas da marca Schuler, uma das fabricantes mais conceituada no ramo de fabricação de prensas para estamparia pesada. Outra máquina que compõem as linhas de prensas são os robôs da marca ABB que fazem a transferência das peças entre as prensas durante o processo de estampagem. No robô é instalado um equipamento denominado de garra, este é composto por um perfil de alumínio que é a espinha dorsal da estrutura da garra, por antenas também de alumínio que são presas no perfil, e por ventosas, mangueiras e conexões pneumáticas que são fixadas nas antenas e no perfil para formar a garra. Esta garra tem a função de sustentar a peça durante todo processo desde a retira da chapa de aço do fardo de matéria prima, passando pelas prensas onde são estampadas na forma da peça propriamente dita, até serem depositadas na esteira transportadora de produto acabado onde são embaladas e enviadas para o cliente.

O problema é que este equipamento apresenta muitas falhas durante o processo produtivo, causando várias micro paradas, cujo somatório mensal evidencia a necessidade de ações para aumentar a disponibilidade da planta.

Atualmente as microparas são classificadas como falhas crônicas pela organização, pois estão impactando na disponibilidade produtiva. Mesmo tendo manutenção preventiva, inspeção de manutenção de primeiro nível realizada pelos operadores, ainda ocorrem muitas falhas causadas por motivos diversos.

Os fatos supracitados levaram a proposição um estudo analítico focado no levantamento das falhas funcionais, dos modos como estas falhas são causadas utilizando-se da metodologia proposta pela MCC para eliminar ou reduzir as falhas em níveis aceitáveis para a disponibilidade requerida o processo.

Com esse novo cenário é imprescindível que haja uma estratégia para redução das falhas, pois estas contribuem para a diminuição da disponibilidade da máquina, causando prejuízos tanto financeiro como para a imagem da organização.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Determinar a melhor estratégia para mitigar as falhas crônicas das garras de um robô de uma empresa de autopeças com base na metodologia proposta pela Manutenção Centrada na Confiabilidade.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Verificar a adequação da MCC para a empresa em pauta;
- Selecionar o sistema e obtendo dele as informações necessárias ao processo de implantação da MCC;
- Conduzir a Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA);
- Selecionar as funções significantes e classificar seus modos de falha;
- Selecionar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas;
- Definir os intervalos iniciais e agrupar as tarefas de manutenção;
- Validar o programa proposto com especialistas da área.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A proposta do estudo das falhas crônicas das garras utilizando-se da MCC visa atenuar os efeitos de indisponibilidade de máquina, que em alguns meses vêm se apresentando cada vez mais evidentes por constantes paradas de máquinas.

Todos esses problemas têm altos custos para empresa principalmente com a indisponibilidade de máquinas causadas pelas paradas imprevistas. O conhecimento técnico e empírico adquiridos ao longo do tempo e a constatação dos problemas com as falhas crônicas através dos históricos de falhas que a empresa vem se deparando, foi o que motivou a realizar um estudo para mitigar as falhas.

## 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto a sua classificação, esta pesquisa será de natureza científica aplicada explicativa, pois o tema que será desenvolvido tem como objetivo adquirir novos conhecimentos a partir da análise teórica de uma metodologia de análise de falhas.

Quanto a sua classificação e forma de coleta de dados será uma pesquisa bibliográfica qualitativa do tipo pesquisa de campo onde se pretende identificar o grau de dificuldade para implantação de uma metodologia nova no ambiente organizacional.

## 1.6 EMBASAMENTO TEÓRICO

Para a elaboração deste trabalho será necessário aprofundar os conhecimentos mediante do estudo dos seguintes assuntos:

- Evolução da manutenção;
- Utilização de *software* dedicado;
- Engenharia de confiabilidade;
- Metodologias de análise de falhas;
- Manutenção Centrada na Confiabilidade.

Os materiais utilizados para este estudo são manuais, livros específicos de engenharia de manutenção, engenharia de confiabilidade, teses e dissertações sobre o assunto, artigos e demais documentos pertinentes ao assunto.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A seguir é apresentada uma breve explicação sobre como está estruturado este trabalho.

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO - Apresenta o tema do trabalho, o problema de pesquisa, a justificativa para elaboração do projeto, a metodologia de pesquisa e o embasamento teórico.

Capítulo 2 – PROCESSO PRODUTIVO EM ESTUDO - Este capítulo apresenta uma breve revisão teórica sobre o processo produtivo onde o estudo será realizado e os índices de confiabilidade inerentes.

Capítulo 3 – MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE - Este capítulo apresenta os conceitos desta metodologia e sua aplicabilidade no campo da manutenção.

Capítulo 4 – ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE – Este capítulo apresenta a proposta de implantação da metodologia em um sistema piloto.

Capítulo 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS – Este capítulo avalia se os objetivos foram atingidos e propor novos temas a serem pesquisados para complementação deste trabalho.



## 2 PROCESSO PRODUTIVO EM ESTUDO

### 2.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE ESTAMPARIA AUTOMOTIVA

Atualmente os processos produtivos da empresa do ramo de autopeças em estudo contêm quatro linhas de prensas mecânicas da marca Schuler, uma das fabricantes mais conceituada no ramo de fabricação de prensas para estamparia pesada. Outra máquina que compõem as linhas de prensas são os robôs da marca ABB que fazem a transferência das peças entre as prensas durante o processo de estampagem. As linhas são compostas por quatro a seis prensas dispostas em linha conforme pode ser vista na figura 2.1 um exemplo de uma linha contendo cinco prensas.



**Figura 2.1 – Linha de prensas para estampagem de peças automotivas.  
Fonte: Autoria própria.**

Este sistema é altamente automatizado necessitando somente um operador para tomar conta da linha e dois técnicos de manutenção para atender eventuais falhas que venham a ocorrer durante o processo produtivo.

Nos robôs são instalados os equipamentos denominados de garras pneumáticas. Este sistema da garra pneumática é composto por vários componentes, dentre eles estão: o perfil de alumínio que é a espinha dorsal da garra, as antenas também de alumínio que são fixadas no

perfil, o esquadro que garante a perpendicularidade da antena com o perfil, o conjunto de ventosas é composto pelas ventosas, haste e em alguns casos também por molas. Este conjunto é fixado diretamente nas antenas. Também tem as conexões, as mangueiras e os cilindros pneumáticos, este é usado em casos específicos que auxiliam o robô no posicionamento da peça durante o depósito da mesma.

A trava de limite para posicionamento da garra e o sensor para detecção de dupla chapa. Este último somente é utilizado no robô 1 que retira as chapas de aço do fardo de matéria prima. Para melhor entendimento da aplicação e da importância das garras no processo produtivo de autopeças, será explicada detalhadamente a função e a falha funcional deste equipamento.

A função da garra é a sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B. Trazendo esta definição da função para a realidade do processo de estampagem de peças, a função das garras é sustentar a chapa de aço batizada internamente como *blank*, desde a retirada do fardo de matéria prima, passando pelas prensas onde são estampadas e ganham a forma da peça propriamente dita, até serem depositadas na esteira transportadora de produto acabado.

A garra é uma parte integrante de um conjunto composto pelo robô e pelo gerador de vácuo, pois quem garante a transferência é o robô, o gerador de vácuo garante à sucção da peça e a garra a sustentação.

A não sustentação da peça gera a falha funcional que pode ter várias causas, estas causas também denominadas de modo de falhas serão identificadas no estudo de implementação da MCC, realizado na etapa 3 utilizando como ferramenta de auxílio à planilha de Análise dos Modos de Falha seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA). A etapa 3 será visto com mais detalhes no capítulo 4 deste trabalho de pesquisa.

Para melhor entendimento do que foi mencionado anteriormente, a figura 2.2 mostra uma garra pneumática instalada ao robô.



**Figura 2.2 – Garra pneumática instalada no robô.  
Fonte: Autoria própria.**

## 2.2 PROCESSO DE SET UP EXTERNO E INTERNO DAS GARRAS

O processo de *set up* é um termo técnico muito utilizado nas indústrias que significa preparar uma máquina, uma linha de máquinas ou uma ferramenta para iniciar o processo

produtivo. Para as garras não é diferente, no *set up* externo um operador de produção busca a garra no local de armazenamento e leva para o ponto de espera que ficam distribuídos ao longo da linha em frente a porta que dá acesso ao robô para facilitar a troca das garras conforme mostrado a seguir na figura 2.3.



**Figura 2.3 – Local de espera da garra para a próxima produção.  
Fonte: Autoria própria.**

Cada tipo de peça a ser produzida requer uma garra específica. Todo este trabalho é

realizado com a linha em produção, pois desta forma garante-se maior agilidade com o preparo antecipado da garra para a próxima produção de outro modelo de peça.

Na figura 2.4 pode ser visto o local de armazenamento das garras pneumáticas. Neste exemplo elas estão alojadas ao lado da linha para facilitar a preparação da mesma para produção.



**Figura 2.4 – Local de armazenamento das garras pneumáticas.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Após colocar as garras em frente aos robôs, estas são inspecionadas para certificar-se que não há nenhuma anomalia que possa contribuir para uma falha durante a produção das peças. Para efetuar a inspeção a produção utiliza uma ficha com as tarefas descritas denominado de *check list set up* externo.

Após ser efetuado a preparação e verificação das garras para a próxima produção das peças, estas garras ficam aguardando para serem substituídas. Finalizando a produção de certo de modelo peça, as garras que estavam montadas nos robôs são retiradas e armazenadas e, aquelas que foram preparadas são montadas nos robôs manualmente pela equipe da operação. Este processo de montagem das garras nos robô é denominado de *set up* interno de garras.

### 2.3 GARRAS PNEUMÁTICAS E SEUS MODOS DE FALHAS

A garra é uma parte integrante de um conjunto composto pelo robô e pelo gerador de vácuo, pois quem garante a transferência é o robô, o gerador de vácuo garante à sucção da peça e a garra a sustentação. A não sustentação da peça gera a falha funcional que pode ter várias causas, também denominadas de modo de falhas.

Em função do sistema de preparação e de substituição das garras nos robôs serem realizadas de forma manual, já existe um grande passivo de introdução de modos de falhas durante este processo. Atualmente várias falhas ocorrem no início ou arranque da produção por falta de atenção, má execução da inspeção durante o *set up* externo da garra e também pela falta de procedimentos mais consistentes que garantam que todas as possibilidades de falhas possam ser contidas ou minimizadas antes de iniciar a produção.

Na figura 2.5 pode ser visto a linha em produção com o robô retirando a chapa de aço do fardo de matéria prima e, logo a frente outro robô depositando a chapa de aço dentro da prensa para ser estampada.



**Figura 2.5 – Robô retirando a chapa do fardo de matéria prima.  
Fonte: Autoria própria.**

Outro fator importante que está relacionado com a contribuição das falhas operacionais na execução do *set up* interno e externo das garras, é a falta de treinamentos periódicos, uma vez que nesta área há um elevado *turn over*, ou seja, a rotatividade das pessoas integrantes da equipe operacional é alta. Geralmente um operador de produção não fica muito tempo efetuando a atividade de preparação das garras, mesmo já tendo um bom tempo de experiência no processo, ele é substituído por outro que nem sempre recebe um treinamento adequado para assumir a função, e quando recebe, não é feita uma reciclagem para aprimorar a sua atividade.

Como há uma elevada taxa de falhas motivadas pelas mais diversos modos de falhas que ocorrem e, dentre eles os mais comuns são: Conexão pneumática solta ou danificada, mangueira pneumática mal conectada, ventosa solta, ventosa rasgada, falta de ventosa, esta muitas vezes é causada pela operação retirar uma ventosas de uma garra do armazém e não informar a manutenção para efetuar a reposição da mesma. Situação também muito comum é o não travamento da garra no robô durante o *set up* interno, instalação errada da garra no robô, já que em cada robô são instaladas garras diferentes.

Para melhor entendimento do que foi comentado anteriormente, a figura 2.5 mostra uma garra pneumática instalada no robô.



**Figura 2.6 – Garra pneumática sustentando uma peça.  
Fonte: Autoria própria.**

## 2.4 MANUTENÇÃO DAS GARRAS

Atualmente uma das tarefas de manutenção realizadas nas garras, consiste somente de uma inspeção superficial efetuada pela equipe de operação durante a preparação das garras para entrar em produção. Esta inspeção é realizada sistematicamente, porém as tarefas executadas não contemplam todos os itens das garras e, na maioria das vezes somente é preenchido o *check list* para cumprimento da rotina. Desta forma a probabilidade da falha aumenta e, isso é constatado com a alta taxa de falhas existente atualmente. Outro fator negativo que contribui com esta situação é a falta de registros consistentes sobre o estado de conservação das garras encontrada no momento da inspeção. Entre elas estão: se foi encontrado alguma componente danificado, o que feito para sanar o problema, se a intervenção foi realizada antes ou após as garras entrarem em produção. Todas estas informações são muito importantes para criar ações focadas na causa raiz problema e não somente nos sintomas.

A outra forma de manutenção é realizada pelos técnicos de manutenção que é denominada de inspeção preventiva. Nesta técnica é criado um plano de manutenção que é gerenciado por sistema informatizado denominado SAP (*Systems Applications and Product*). No SAP há um módulo específico para o uso manutenção onde são cadastrados os equipamentos, os locais de instalação, as peças de reposição e também são registrados todas as intervenções realizadas nos ativos.

No plano de manutenção são inseridos alguns dados básicos tais como: a periodicidade que se deseja realizar a manutenção, o código da localização de instalação, o código do equipamento, tempo que este plano ficará ativo, as tarefas que serão realizadas e o tempo de intervenção. Desta forma as ordens de serviços podem ser criadas automaticamente e também pode se ter uma projeção de quantas manutenções será realizada em um período de pré-determinado, podendo ser dias, meses ou anos e também em qual dia da semana será programada a intervenção. Com o plano de manutenção é possível trabalhar de forma planejada.

Mesmo contando com um sistema informatizado para auxiliar no planejamento e controle das atividades de manutenção, ainda há falhas tanto na execução do serviço realizado pela manutenção como na própria ordem de serviço.

A má execução está relacionada com a falta de um procedimento de como executar a manutenção das garras, pois as tarefas relacionadas na ordem de serviço informam o deve ser



feito, mas não como deve ser realizadas. A falta desta informação compromete a padronização e a qualidade dos serviços executados, pois cada técnico de manutenção, mesmo sendo experiente executará a manutenção conforme os seus critérios.

No que se refere a ordem de serviço, as tarefas descritas não abrangem todos os modos de falhas que ocorrem nas garras, causando uma fragilidade no serviço de manutenção realizado e conseqüentemente não garantirá o bloqueio dos modos de falha.

Para mudar este cenário atual, e tornar a manutenção de garras eficaz tanto por parte da operação como da manutenção no capítulo quatro será apresentado o procedimento de implementação da metodologia da MCC para otimização da manutenção das garras.

## 2.5 INDICADORES DE DESEMPENHO DAS GARRAS

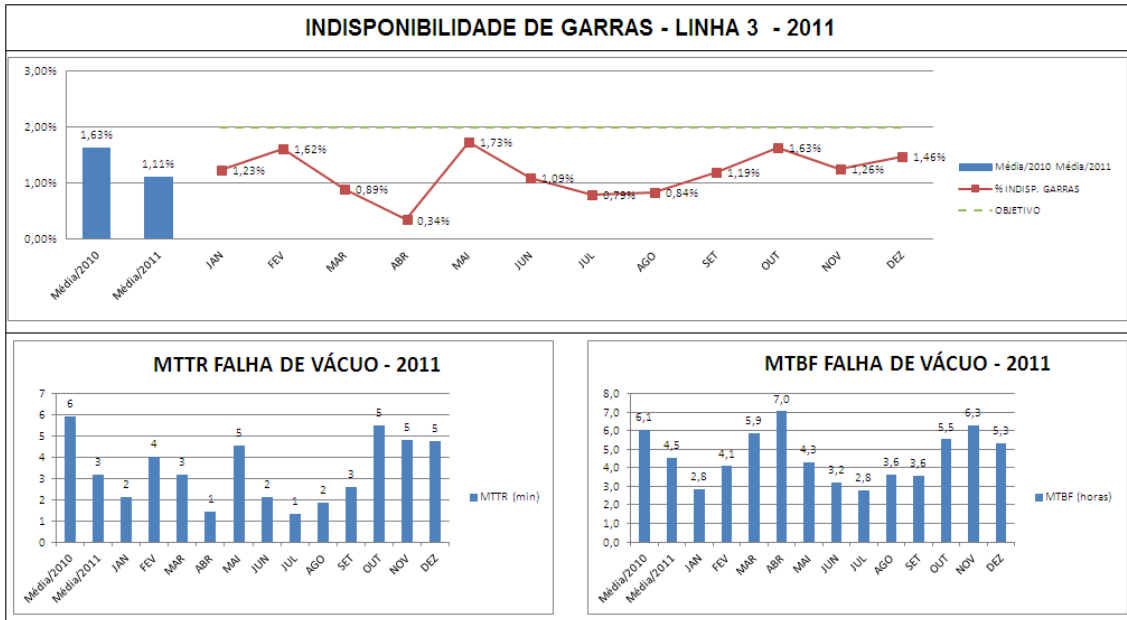
Atualmente é utilizado para avaliar o desempenho da manutenção realizada nas garras, o indicador de indisponibilidade que mede o percentual de tempo indisponível contribuído pelas falhas das garras em função do tempo real de produção.

Também são utilizados outros dois indicadores muito utilizados pela manutenção, o Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) ou do inglês *Mean Time Between Failures* (MTBF) é uma medida básica de confiabilidade e o Tempo Médio para Reparos (TMPR) ou do inglês *Mean Time to Repair* (MTTR). Já este indicador mede o grau da mantabilidade, ou seja, é uma medida que informa a facilidade ou a dificuldade que o mantenedor tem em efetuar o reparo de um equipamento.

Segundo Kardec e Nascif (2009), o TMPR ou MTTR é um indicador importante para manutenção, pois está ligado ao desempenho no que depende da:

- Facilidade do equipamento ou sistema ser mantido;
- Capacitação do técnico de manutenção em fazer a intervenção;
- Característica de organização e planejamento da manutenção.

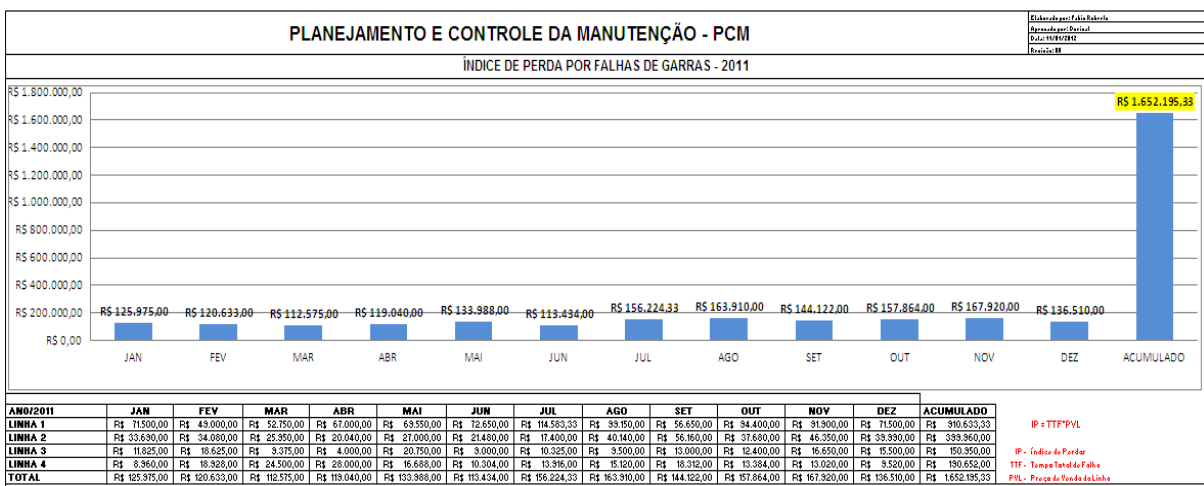
A explicação mencionada anteriormente pode ser melhor compreendida através da figura 2.7 onde é mostrado o modelo de indicadores de performance da manutenção atualmente utilizados na empresa objeto de deste estudo.



**Figura 2.7 – Indicadores de performance da manutenção de garras.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Para evidenciar que as falhas de garras aparentemente tendo um baixo impacto na disponibilidade do processo produtivo, como pode ser visto na figura 2.7 acima, onde a média de dois mil e onze ficou abaixo dos dois por cento, optou-se por elaborar um indicador que evidenciasse que havia um grande potencial econômico com a redução das falhas de garras.

Este indicador denominado de índice de perdas por falhas de garras mensura quantitativamente o quanto a empresa está perdendo em termos valores reais mensalmente nas quatro linhas de prensas com as falhas de garras. A figura 2.8 mostra que a empresa onde realizou-se este trabalho de pesquisa perdeu no ano de dois mil e onze mais de um milhão e seiscentos mil reais com as falhas de garras.



**Figura 2.8 – Indicador de perdas por falhas de garras.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Com este indicador foi possível evidenciar para a alta gerência a necessidade de criar

um grupo de trabalho e efetuar um estudo para minimizar as consequências das falhas de garras. Este foi o ponto de partida para a empresa tomar uma ação e apoiar a criação de um grupo de trabalho para realização do estudo. A partir daí viu-se a oportunidade de utilizar a metodologia preconizada da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), como apoio à tomada da decisão para determinar a melhor estratégia para elaboração e otimização de planos de manutenção.

### 3 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

#### 3.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

Segundo Kardec e Nascif (2009) a partir de 1930, a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações conforme mostrado na figura 3.1.

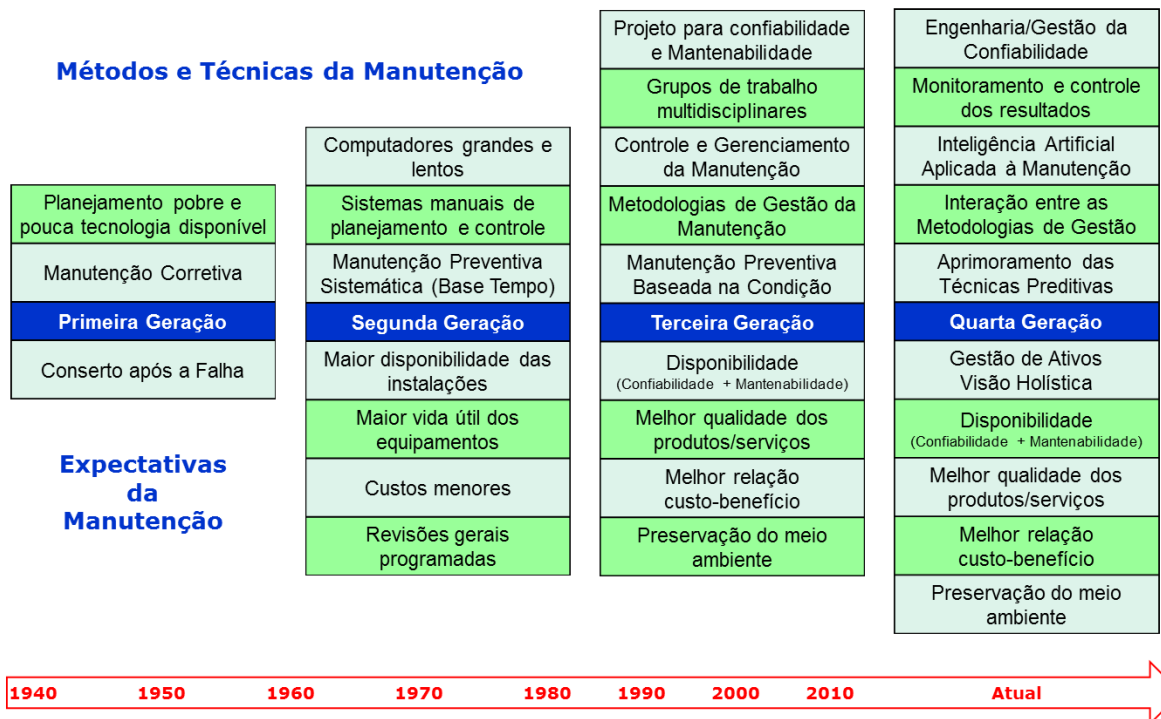


Figura 3.1 – Evolução da Manutenção.

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

##### 3.1.1 Primeira Geração

A primeira geração abrange o período antes da segunda guerra mundial, quando a indústria era pouca mecanizada e os equipamentos eram simples e superdimensionados.

Aliado a tudo isso, devido à conjuntura econômica da época, a questão da produtividade não era prioritária. Conseqüentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada. Apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era fundamentalmente corretiva não programada (KARDEC; NASCIF, 2009).

### 3.1.2 Segunda Geração

A Segunda Guerra Mundial provocou profundas alterações na relação das indústrias com a sociedade. A demanda por bens de todos os tipos aumentou, ao passo em que o suprimento de mão-de-obra industrial não mais atendia à demanda. Em resposta a esta nova realidade, a indústria foi impulsionada a elevar sistematicamente o nível de mecanização dos seus processos produtivos. Máquinas cada vez mais complexas passaram a equipar as indústrias, iniciando o processo irreversível de dependência (MOUBRAY, 2001).

### 3.1.3 Terceira Geração

A Terceira Geração teve início na década de 1970, sendo fundamentalmente caracterizada pelo significativo aumento do consumo de produtos industrializados e a conseqüente dependência da sociedade pelos processos industriais. Desta forma, as faixas operacionais tornaram-se cada vez mais estreitas, aumentando a importância do processo de manutenção (SIQUEIRA, 2005).

Moubray (2001) salienta que os fatores que motivaram o surgimento da terceira geração da manutenção foram: as novas expectativas quanto aos itens físicos com a confiabilidade, disponibilidade, integridade ambiental, segurança humana e ao aumento dos custos totais de manutenção.

### 3.1.4 Quarta Geração

Para Mortelari; Siqueira e Pizzati (2011) a quarta geração da manutenção é marcada pelo advento de documentos como o PAS-55 (*Publicly Available Specification*), publicado pelo BSI (*British Standards Institution*), este novo documento juntamente com a utilização da MCC visa maximizar a eficácia de um ativo, minimizando os efeitos da probabilidade de falhas. A partir deste contexto a quarta geração tende a utilizar a gestão de ativos juntamente com a gestão de riscos permitindo uma visão mais ampla dos prejuízos a serem evitados, e dos benefícios que podem ser alcançados em um âmbito corporativo de gestão.

### 3.2 ORIGEM DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A MCC teve suas origens na década de 50, como resultado de vários estudos de confiabilidade desenvolvidos pela indústria da aviação civil americana. Na década de 60 alguns conceitos da MCC ganharam importância na indústria aérea nos Estados Unidos da América (MOUBRAY, 2001).

Esta situação provocou a formação de um grupo de pesquisa liderado por engenheiros da United Airlines com o objetivo de avaliar os métodos de manutenção mais adequados à linha de aeronaves 747. O grupo foi formado em 1968 e ficou conhecido como *Maintenance Steering Group* (Grupo Direcionador da Manutenção). Seu relatório final (MSG-1) tornou-se um clássico da literatura técnica sobre manutenção ao introduzir conceitos de uma nova metodologia para definição das tarefas de manutenção com base na confiabilidade. Esta metodologia foi denominada posteriormente de *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) e sua aplicação garantiram a certificação do Boeing 747 para operação comercial em dezembro de 1969. Dentre os componentes do grupo MSG-1, destacaram-se os engenheiros Stanley Nowlan e Haword Heap que escreveram um livro descrevendo a metodologia MCC em 1978 (MOUBRAY, 2001; SIQUEIRA, 2005).

Os resultados positivos obtidos pelo setor da aviação comercial levaram à rápida disseminação da MCC para outros setores da indústria, a exemplo da construção civil, geração de energia, indústria petroquímica, siderurgia e mineração. Para atender este mercado emergente, versões ligeiramente diferentes da metodologia original foram desenvolvidas tendo como base o relatório MSG-3. Esta variedade de propostas revelou a necessidade de uma padronização da metodologia. A Sociedade Americana de Engenheiros Automotivos (SAE), em atendimento a uma solicitação do governo americano, publicou em 1999 a norma SAE JA1011: *Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance Processes*. Esta norma descreve os critérios mínimos que qualquer processo deve atender para que possa ser considerado como MCC. Em 2002, estes critérios foram detalhados através da publicação da norma SAE JA1012: *A Guide to the Reliability-Centered Maintenance Standard* (MOUBRAY, 2001; SIQUEIRA, 2005).

### 3.3 NORMATIZAÇÃO DA MCC

Segundo Siqueira (2005), devido às similaridades dos requisitos de segurança com a indústria aeronáutica, a MCC foi também inserida na indústria elétrica e nuclear. Em 1981, dez anos após as interações iniciais da *United Airlines* com a marinha americana, a MCC foi adotada na manutenção de submarinos nucleares.

A rápida disseminação da motivou o desenvolvimento de versões ligeiramente diferentes da versão original de Nowlan e Heap (1978). Sua adaptação ao chão de fábrica, além da introdução de questões ambientais motivou Moubrey (2001) a propor modificações na lógica MCC, chamando esta versão de RCM2.

O esforço internacional de normatização da MCC iniciou-se com a publicação, em março de 1999, da norma IEC 60.300-3-11 *Dependability Management - part 3-11: Application Guide Reliability Centred Maintenance*. Em agosto do mesmo ano foi publicada a norma internacional SAE JA1011 *Evaluation Criteria for Reliability Centered Maintenance Process*, contendo os critérios mínimos para que a metodologia aplicada seja chamada de manutenção centrada na confiabilidade na visão da SAE (*Society of Automotive Engineers*).

Esta norma decorreu de uma solicitação do governo americano à SAE, em 1995, para substituição da norma correspondente da força aérea ATA MSG3 - *Air Transport Association of América*. Em janeiro de 2002, estes critérios foram detalhados com a publicação da norma SAE J1012 (*A Guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) Standard*), que detalha cada um dos itens da norma SAE JA 1011.

Simultaneamente o relatório ATA MSG-3 continua sendo referência na elaboração dos programas de manutenção da indústria aeronáutica, tendo sido revisado em 2007 pela FAA (*Federal Aviation Administration*) (RIGONI, 2009).

Os critérios contidos no padrão SAE estão baseados nos processos e conceitos de RCM de três documentos:

- 1) O livro de Nowlan e Heap de 1978, “Manutenção Centrada em Confiabilidade”,
- 2) A norma militar MIL-STD-2173(AS) (Requisitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade de Aviões da Marinha, Sistemas de Armamentos e Equipamento de Suporte) e seu sucessor, Manual 00-25-403 de Gerenciamento do Comando de Sistemas Aero-Navais dos Estados Unidos (Diretrizes de Processos de Manutenção Centrada em Confiabilidade para a Aviação Naval).
- 3) Manutenção Centrada em Confiabilidade RCM2 de John Moubrey.

Estes documentos são considerados os documentos da MCC disponíveis mais amplamente aceitos e amplamente utilizados.

Qualquer processo MCC deverá assegurar que todas as sete perguntas sejam respondidas satisfatoriamente e que sejam respondidas na seqüência mostrada abaixo:

- a) Quais são as funções e padrões desempenho associados, desejados, de desempenho do ativo na(s) função(ões) operacional(is) em seu contexto atual?
- b) De que forma ele pode falhar ao deixar de cumprir suas funções (falha funcional)?
- c) O que causa cada falha funcional (modos de falha)?
- d) O que acontece quando ocorre cada falha (efeitos da falha)?
- e) Qual é a importância de cada falha (conseqüências da falha)?
- f) O que deve ser feito para prever ou prevenir cada falha (tarefas pró-ativas e intervalos das tarefas)?
- g) O que deve ser feito caso uma tarefa pró-ativa adequada não possa ser encontrada (ações padrão)?

### 3.4 DEFINIÇÕES E PADRÕES DE DESEMPENHO

#### 3.4.1 Definições

O objetivo do processo da MCC é desenvolver um conjunto de políticas que reservam as funções do ativo ou sistema em consideração os padrões de desempenho que sejam aceitáveis para o seu proprietário ou usuário (MOUBRAY, 2001). Como resultado, o processo MCC começa por identificar todas as funções do ativo em seu contexto operacional.

Para melhor compreensão dos termos técnicos inerentes da metodologia da MCC, a norma SAE JA 1011 estabeleceu algumas definições conforme descritas a seguir:

As funções podem ser divididas em duas categorias: funções primárias e secundárias.

- Função principal ou primária, motivo por que uma organização adquire um ativo ou de sistema específico para cumprir uma função ou várias funções. Estes são conhecidos como funções primárias do ativo.
- Funções secundárias são tarefas necessárias para que a função primária seja alcançada. As funções secundárias são geralmente menos óbvio que as



funções primárias. Mas a perda de uma função secundária pode ainda ter consequências graves, por vezes, mais grave do que a perda de uma função primária. Como resultado, as funções secundárias necessitam frequentemente mais atenção do que a função primária, para que eles também devam ser claramente identificados.

Segundo a NBR-5462-1994, falha é o término da capacidade de um item em desempenhar a função para qual foi projetado. Esta norma ainda classifica a falha em quatro tipos: graduais, parciais, por defeito ou completas.

“Para os objetivos da MCC, as falhas são classificadas de acordo com o efeito que provocam sobre a função do sistema a que pertencem em duas categorias” (SIQUEIRA, 2005).

- Falha funcional é definida pela incapacidade de um item desempenhar uma função dentro dos limites desejados de performance.
- Falha potencial é definida com uma condição identificável e mensurável que indica uma falha funcional pendente ou em processo de ocorrência.

Segundo a classificação adotada pela MCC as falhas funcionais são categorizadas em três formas distintas de acordo com sua visibilidade:

- Falha evidente - a qual é detectada pela equipe de operação
- Falha oculta – uma falha que não é detectada pela equipe de operação durante o trabalho normal.
- Falha múltipla – uma combinação de falha oculta mais uma segunda falha ou evento que a torne evidente.

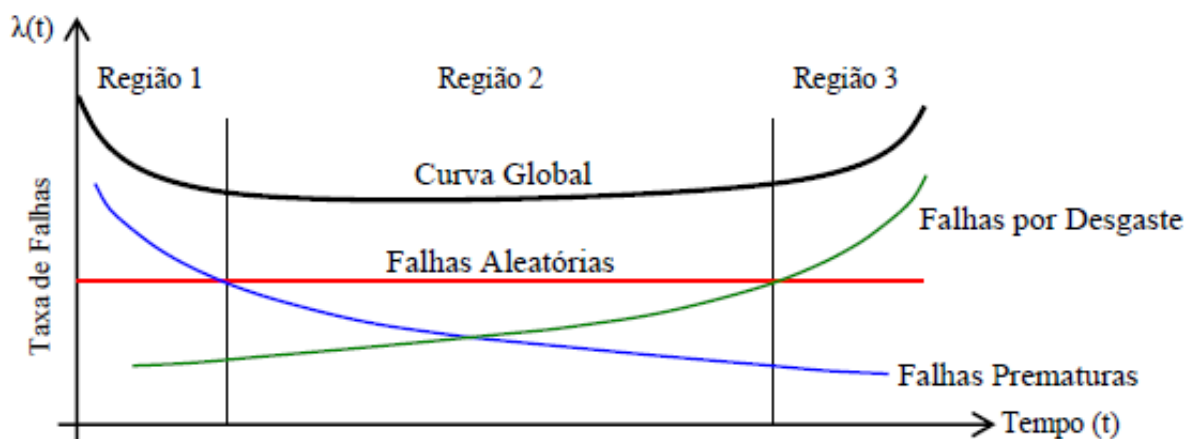
Esta classificação é adotada pela MCC para definir a melhora de manutenção. Para falhas evidentes, a estratégia deverá necessariamente prevenir a consequência de uma falha simples; já para falhas ocultas, a estratégia deverá concentrar-se em prevenir a consequência de falhas múltiplas. Em última análise, algumas falhas devem ser prevenidas, outras devem ser permitidas. A MCC postula que as consequências da falha determinem a atitude correta. Antes, porém, elas devem ser identificadas (SIQUEIRA, 2005).

### 3.4.2 Padrões de falhas

Uma das grandes contribuições da MCC resultou da constatação de que a maior parte dos componentes dos sistemas atuais não apresenta sintomas de falhas por desgastes. Os

estudos efetuados por Nowlan e Heap comprovaram que um percentual de 89% dos defeitos verificados eram oriundos de componentes cujos mecanismos de falha não apresentavam taxas de falhas crescentes (SIQUEIRA, 2005).

A figura 3.2 apresenta a curva característica da vida de um equipamento também conhecida como curva da banheira. Esta curva foi considerada por muito tempo como padrão para o comportamento de falha dos equipamentos em sua maioria, mas a partir do estudo de confiabilidade realizado pela United Airlines este padrão de curva evoluiu para mais cinco padrões de taxa de falhas (KARDEC; NASCIF, 2009)



**Figura 3.2 – Curva da banheira.**  
**Fonte: Rigoni (2009)**

A região 1 é conhecida como mortalidade infantil ou falhas prematuras causadas por componentes com defeitos de fabricação ou deficiência de projeto. Essas falhas também podem ser oriundas de problemas de instalação ou montagem

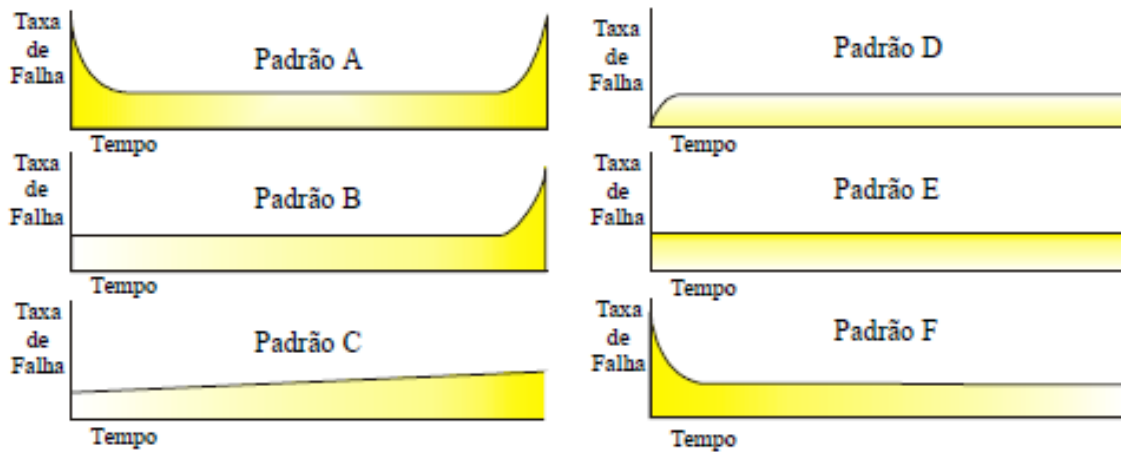
A região 2 é conhecida como vida útil ou falhas aleatórias, neste caso a taxa de falhas é constante ao longo do tempo.

A região 3 é conhecida como envelhecimento ou falhas por desgaste, onde há um aumento considerável na taxa de falhas decorrente do desgaste natural.

Os seis tipos de curvas de falhas adotadas pela MCC são utilizados para caracterizar a vida dos equipamentos e, não apenas a curva da banheira. O conceito de que quanto mais velho os equipamentos forem, mais falhas ocorreram não é verdadeiro (MOUBRAY, 2001).

Acreditava-se nisso pela freqüente associação do aumento de número de ciclos de desgastes com o tempo.

As seis curvas das taxas de falhas são vistas na figura 3.3



**Figura 3.3 – Padrões de taxas de falha.**  
**Fonte: Adaptado de Moubray (2001)**

Para melhor entendimento será abordada uma breve análise das curvas apresentadas no figura 3.2.

a) O padrão A é a curva da banheira, por este padrão há uma elevada ocorrência de falhas no início da do ciclo de vida do equipamento denominada de mortalidade infantil, seguida de uma frequência de falha constante e um aumento da taxa de falha devido ao desgaste ou degradação do equipamento.

b) O padrão B apresenta uma probabilidade constante de falha seguida de uma zona de desgaste acentuado ao final da vida útil.

c) O padrão C apresenta um aumento lento e gradual na probabilidade de falha sem que haja uma identificação no período da degradação.

d) O padrão D sugere uma baixa taxa de falhas quando o equipamento ou o sistema é novo, seguido de um rápido aumento até chegar a um nível constante.

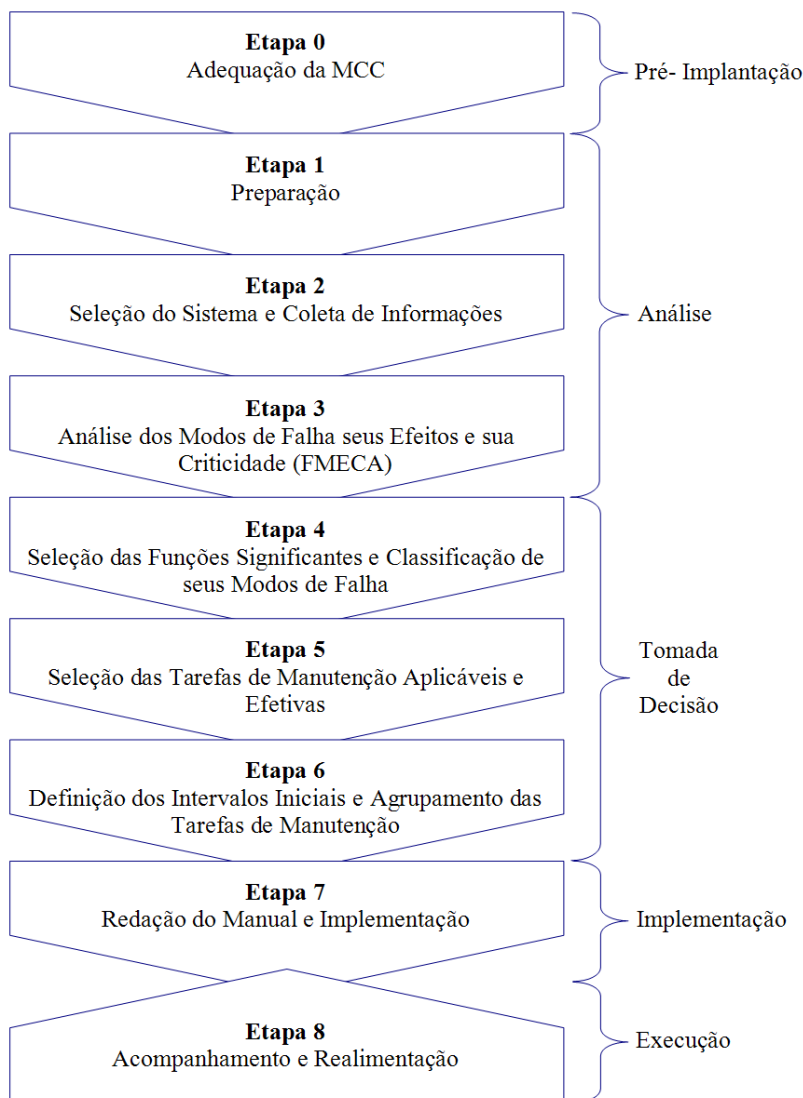
e) O padrão E apresenta uma probabilidade de falha constante em todo o período da vida útil do equipamento.

f) O padrão F apresenta alta probabilidade de falha no início da operação do equipamento e cai para uma situação constante de taxa de falhas.

### 3.5 METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo apresenta a metodologia adotada neste trabalho de pesquisa. Segundo Rigoni (2009), algumas metodologias de implementação da MCC propostas por normas e por bibliografias são divergentes entre si quando comparados. Contudo, faz-se necessário uma nova abordagem onde sejam inseridas etapas que não foram contempladas anteriormente e, desta forma possam contribuir positivamente para o sucesso de uma implementação da MCC.

Visando a utilização de uma abordagem mais recente, optou-se por utilizar a metodologia de implementação da MCC proposta por Rigoni (2009). Para implementação da metodologia da MCC adotou-se uma estrutura composta por nove etapas conforme mostrado na figura 3.4.



**Figura 3.4 – Procedimento de implementação da MCC.**  
**Fonte: Adaptado de Rigoni (2009).**

### 3.5.1 Adequação da MCC

A etapa de adequação da MCC tem o objetivo de verificar se a gestão da manutenção fundamentada na MCC é a mais adequada para a empresa ou sistema, considerando suas disponibilidades e limitações. Para isso é necessário comparar e verificar o grau de aderência das características da empresa/sistema com as exigências de um programa da MCC, mediante a participação de especialistas em MCC, especialistas no sistema candidato e pessoas pertencentes aos níveis gerenciais da empresa (RIGONI, 2009).

### 3.5.2 Preparação

O objetivo desta etapa é elaborar um planejamento para implementação da MCC, onde será definida a abrangência do programa da MCC, os custos envolvidos, a estratégia e implantação, a formação da equipe de implantação, treinamentos e toda a infra-estrutura necessária para a realização do estudo.

Para Moubrey (2001), entre os fatores que mais afetam a qualidade final da análise do estudo da MCC, é a habilidade do facilitador é o mais importante. Isto se aplica tanto à qualidade técnica da análise quanto a condução sem perder o foco do estudo. Para alcançar um padrão razoável, o facilitador do estudo da MCC tem que ser competente em algumas áreas-chave. Estes podem ser divididos em 5 conjuntos de habilidade principais como se segue:

- Aplicar a lógica da MCC;
- Gerenciar a análise do conteúdo do estudo;
- Gerir o tempo das reuniões;
- Garantir que a equipe não perca o foco do estudo;
- Preparar toda a logística para as reuniões.

Antes da primeira reunião, o facilitador deve coletar informações básicas sobre o ativo / processo. Isto inclui diagramas de fluxo, manuais de operação, históricos de falhas e intervenções, manual do equipamento, e qualquer outro documento que venha agregar valor ao estudo.

Se aplicado corretamente, os rendimentos do estudo da MCC trazem resultados

muito rapidamente. No entanto, nem todas as aplicações da MCC dão o seu pleno potencial, alguns chegam a atingir pouco ou nenhum resultado. Segundo Moubray (2001) algumas das principais razões pelas quais isso acontece são de natureza técnica, mas a maioria é organizacional.

Os problemas que surgem se uma análise de MCC é realizada a um nível muito simplório, deixando de fora do estudo alguns pontos fundamentais para se obter resultados positivos. No outro extremo está uma análise muito aprofundada, que geralmente leva muito mais tempo do que deveria, isso resulta em um grande aumento na papelada e a qualidade das decisões deteriora-se. Como resultado, as pessoas começam a achar o processo tedioso e perdem o interesse. Isso geralmente é resultado de treinamento insuficiente ou demasiadamente pesado (MOUBRAY, 2001).

### 3.5.3 Seleção do Sistema

O objetivo desta etapa é identificar e documentar o sistema que será submetido à análise e implantação da MCC. Nesta etapa devem ser coletadas e reunidas todas as informações técnicas sobre o ativo selecionado com o objetivo de delimitar e identificar suas fronteiras.

Outro fator relevante para a seleção do sistema é a criticidade do sistema ou subsistema para o processo produtivo e os custos excessivos de manutenção para manter o sistema disponível (SMITH; HINCHCLIFFE, 2003).

### 3.5.4 Análise dos modos das Falhas

Nesta etapa será utilizada como apoio a metodologia da Análise dos Modos de Falhas seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA). O objetivo é identificar e documentar todas as funções do sistema selecionado, as falhas funcionais, seus respectivos os modos de falha, os efeitos adversos, as causas do modo de falha e, por fim, fazer uma avaliação da criticidade.

Segundo Zaians (2003), a FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) foi originalmente desenvolvida de pelas forças armadas norte-americanas e procedimentada na norma militar MIL-P-1629. FMEA é uma técnica analítica utilizada na área de engenharia.

Para Kardec e Nascif (2009), a principal diferença entre FMEA e FMECA reside no fato que a primeira reside em uma técnica mais ligada ao aspecto qualitativo, enquanto que a segunda inclui uma análise crítica utilizada para classificar os modos de falhas em função da probabilidade de ocorrência o que torna este método quantitativo.

Rigoni (2009), diz que FMECA é uma técnica analítica com o propósito de identificar, priorizar e eliminar as falhas potenciais de um sistema, processo ou projeto antes que atinjam o usuário final.

Na figura 3.5 mostra um modelo de planilha de FMECA usado neste trabalho.

Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)														
Responsável pela Análise: Fabio Roberto		Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)								Data:06/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:				
Auditado por:										Página 1 de 5				
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3										Id_sistema: 1				
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)										Id_subsistema: 1.1				
Id_Função	Função	Id_Falha_Funcional	Falha Funcional	Id_Modo_de_Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Controle (C)	Controles Atuais	Detectável (D)	RPN(S)(D)
						Local	Sistema	Planta						
1	Primária: Sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B	1	Não sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B	1.1	Ventosa rasgada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Colisão da ventosa; Desgaste natural; Manuseio incorreto; Falha na manutenção	5	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	10
				1.2	Mangueira rasgada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Colisão; Desgaste natural; Falha na manutenção	4	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	5	40
				1.3	Conexão quebrada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Colisão; Manuseio incorreto; vida útil; Falha na manutenção	6	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	12
				1.4	Falta de ventosa	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Falta de peça de reposição; Utilizar ventosa de uma garra montada (Desmantelar)	3	Controle de estoque/Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	6
				1.5	Ventosa errada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Falta de peça de reposição; Utilizar ventosa de uma garra montada (Desmantelar)	2	Controle de estoque/Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	10	40
				1.6	Ventosa solta	Robô da linha 3	Parada intermitente da linha	Tempo 10 min.	6	Trava quebrada; montagem incorreta; Falha de manutenção	1	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	6

**Figura 3.5 – Planilha de Análise de FMECA.**

Fonte: Autoria própria.

Alguns conceitos que devem ser explanados para melhor aproveitamento da utilização da planilha FMECA.

- Função - é aquilo que o proprietário ou usuário de um ativo físico ou sistema quer que ele faça. Ainda segundo Siqueira (2005), para a MCC a função é classificada em quatro categorias principais: função principal, função secundária, função auxiliar e função supérflua.
- Falha funcional - incapacidade de um item desempenhar sua função dentro dos padrões desejados de desempenho.
- Modo de Falha - um evento único que causa uma falha funcional.
- Efeito da Falha - o que acontece quando um modo de falha ocorre.
- Severidade – determina o nível de gravidade dos efeitos da falha.

Algumas normas e bibliografias sugerem modelos para quantificar a severidade do efeito da falha conforme exemplo da figura 3.6.

Severidade (S) do Efeito do Modo de Falha	Impacto na Função devido à Severidade dos Efeitos do Modo de Falha	Classificação
Perigoso Sem Aviso	Impacto na segurança, saúde ou meio ambiente. A falha ocorrerá sem aviso.	10
Perigoso Com Aviso	Impacto na segurança, saúde ou meio ambiente. A falha ocorrerá com aviso.	9
Muito Alto	Impacto muito alto. A Função é perdida e é necessário um longo período de tempo para restauração da normalidade.	8
Alto	Impacto alto. Parte da Função é perdida e é necessário um longo período de tempo até a restauração da normalidade.	7
Moderado	Impacto moderado. Parte da Função é perdida e é necessário um período de tempo moderado até a restauração da normalidade.	6
Baixo	Impacto baixo. A Função é prejudicada necessitando ser verificada.	5
Muito Baixo	Impacto moderado. Parte da função é prejudicada necessitando ser verificada.	4
Pequeno	Impacto reduzido. A falha demora algum tempo para ser reparada, mas não afeta a função.	3
Muito Pequeno	Impacto insignificante. A falha pode ser reparada rapidamente.	2
Nenhum	Não se verificam efeitos na segurança, saúde ou meio ambiente.	1

Figura 3.6 – Critério para classificar a severidade.

Fonte: Rigoni (2009).

- Causas do modo de falha - descreve o porquê ocorreu o modo de falha do ativo.
- Ocorrência – determina a frequência da ocorrência da causa do modo de falha.

Da mesma forma que a severidade, também na ocorrência algumas normas e bibliografias sugerem modelos para quantificar a ocorrência da causa do modo de falha conforme exemplo da figura 3.7.

Probabilidade de Ocorrência (O) da Causa da Falha	Taxa de Falha ( $\lambda$ ) Provável ao Longo do Ciclo de Vida	Classificação
Muito Alta: Falhas Persistentes	$\geq 100$ por mil itens	10
	50 por mil itens	9
Alta: Falhas Frequentes	20 por mil itens	8
	10 por mil itens	7
Moderada: Falhas Ocasionalmente	5 por mil itens	6
	2 por mil itens	5
	1 por mil itens	4
Baixa: Relativamente Poucas Falhas	0,5 por mil itens	3
	0,1 por mil itens	2
Remota: Falha Improvável	$\leq 0,01$ por mil itens	1

Figura 3.7 – Critério para quantificar a ocorrência.

Fonte: Rigoni (2009).

- Controles Atuais – são as medidas preventivas e de detecção existentes para evitar os modos de falha.



- Detecção – definida pelo grau dificuldade que a operação e ou a manutenção

tem em detectar as causas dos modos de falha antes que ocorra a falha funcional.

Da mesma forma que a severidade e a ocorrência, também na detecção algumas normas e bibliografias sugerem modelos para quantificar a detecção da causa da falha conforme exemplo da figura 3.8.

Chances de Detecção (D)	Critério para avaliar a Probabilidade de Detecção (D) da Causa da Falha	Classificação
Quase Impossível	Os dispositivos de controle existentes não irão detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha. Ou não existe um dispositivo de controle relacionado com esta causa/mecanismo.	10
Muito Remota	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito remota.	9
Remota	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é remota.	8
Muito Baixa	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito baixa.	7
Baixa	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é baixa.	6
Média	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é moderada.	5
Moderadamente Alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é moderadamente alta.	4
Alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é alta.	3
Muito Alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito alta.	2
Quase Certa	A possibilidade que os dispositivos de controle existentes detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é quase certa.	1

**Figura 3.8 – Critério para quantificar a probabilidade de detecção da causa da falha.**

Fonte: Rigoni (2009).

O índice de prioridade da FMECA é conhecido como NPR (Número de Prioridade de Risco) e é obtido pelo produto dos fatores de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D).

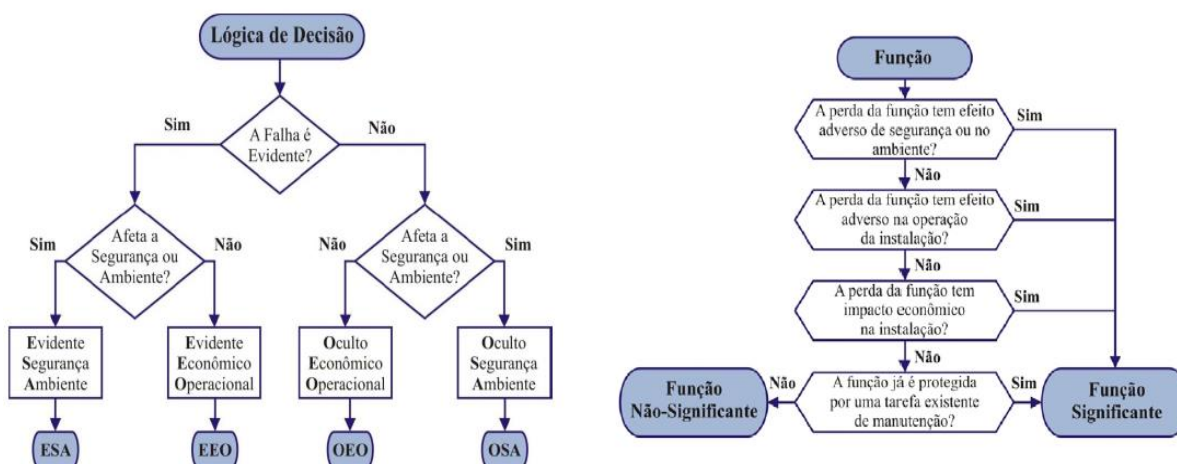
Quanto maior o valor do NPR, maior será a criticidade do modo de falha associado para o processo de manutenção.

### 3.5.5 Seleção das Funções Significantes e Classificação dos Modos de Falha

Nesta etapa a metodologia da MCC busca categorizar os efeitos da falha com base nos impactos gerados em aspectos relacionados a restrições de operação do sistema, riscos à segurança física, danos ao meio ambiente e à economia do processo. Esta classificação tem como objetivo priorizar o tratamento das falhas funcionais, centrando a atenção do processo

de manutenção na prevenção dos modos de falha (SIQUEIRA, 2005).

Para auxiliar na seleção das funções significantes, e na tomada de decisão durante o processo de categorização dos modos de falha é utilizada os dois diagramas lógicos mostrados na figura 3.9.



**Figura 3.9 – Diagramas Lógicos de seleção.**  
Fonte: Siqueira (2005)

### 3.5.6 Seleção das Estratégias de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

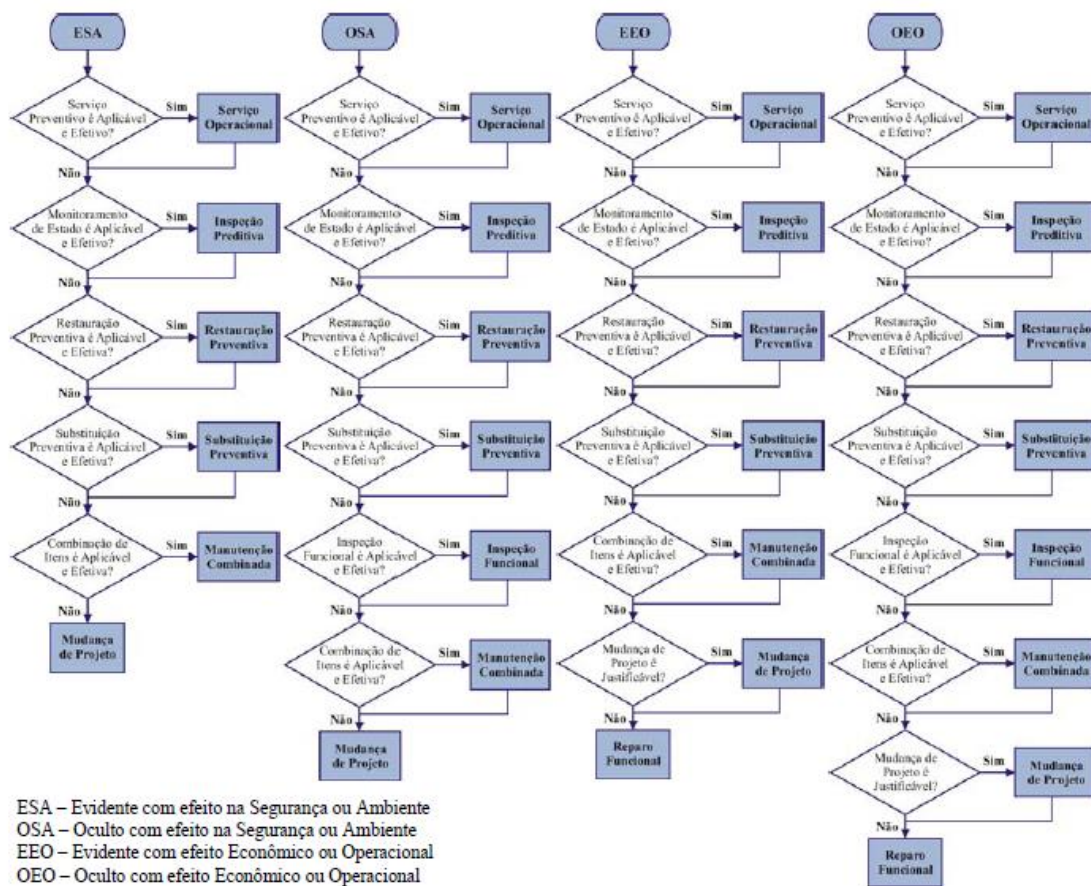
Na etapa de seleção das tarefas de manutenção o objetivo é determinar quais as tarefas de manutenção são aplicáveis e efetivas para cada uma das funções significantes identificadas e caracterizadas na anterior. A MCC sugere algumas estratégias de manutenção programas dando preferência às atividades consideradas básicas e obrigatórias (SO), seguidas pelas de menor custo (IP) até as de maior investimento (RP, SP e IF) (SIQUEIRA, 2005).

Entre as atividades definidas pela MCC estão:

- Serviço Operacional (OP) – São tarefas caracterizadas pela alta frequência e baixa complexidade de execução, não exigindo qualificação técnica podendo ser realizado pela operação.
- Inspeção Preditiva (IP) – Consiste em verificação programada utilizando de instrumentos de medição e ou pelos os cinco sentidos humanos como objetivo de detectar e monitorar a evolução de uma falha potencial a fim de corrigi-la antes da falha funcional.

- Restauração Preventiva (RP) – Consiste na correção programada do defeito ou desgaste para prevenir a falha funcional.
- Substituição Preventiva (SP) – Consiste na troca programada de um item, componente com a vida útil predefinida.
- Inspeção Funcional (IF) – É uma verificação programada visando encontrar uma falha que já tenha ocorrido, porém não perceptível pela equipe de operação.

Para auxiliar a tomada de decisão na escolha das tarefas em função da sua categoria é utilizada a lógica de seleção das tarefas de manutenção mostrada na figura 3.10 abaixo.



**Figura 3.10 - Lógica de seleção das tarefas de manutenção.**  
 Fonte: Siqueira (2005).

### 3.5.7 Definição das Periodicidades Iniciais das Atividades de Manutenção

O objetivo desta etapa é definir a periodicidade inicial das atividades de manutenção selecionadas na etapa anterior e agrupar estas atividades de forma estratégica para otimizar as ações da equipe de manutenção.

Tanto a norma SAE JA1011 quanto a IEC 60300-3-11 recomenda a utilização de métodos estatísticos para determinar os intervalos iniciais de execução das tarefas de manutenção, contudo não havendo esta disponibilidade, cabe a equipe de estudo definir a periodicidade das tarefas de manutenção com base no conhecimento heurístico dos mantenedores, no consenso, nos dados fornecidos pelos fabricantes e no histórico de falhas (RIGONI, 2009).

Para Siquiera (2005) muitos modelos e teorias são propostos para determinar a frequência de manutenção com vários níveis de adequação para atender as necessidades e particularidades de cada processo. A lista a seguir pode ser identificada os modelos mais usuais encontrados nas literaturas pertinentes:

- Exploração da idade;
- Diagrama de influencia;
- Árvore de eventos;
- Teoria dos jogos;
- Teoria bayesiana;
- Processos markovianos;
- Decisões multicritérios.

Para melhor entendimento da etapa 6 na figura 3.11 pode ser visto o modelo de formulário utilizado neste trabalho de pesquisa.

<b>Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)	Data: 12/04/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Auditado por:		Página 1 de 8
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3		Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)		Id_Subsistema: 1.1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Tempo execução da tarefa	Equipe Responsável
1	1	1.1	1.1.1	A Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	6min	Produção
				B Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação das ventosas)	Todo set up	A	6min	Produção
				C Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção
				D Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação das ventosas)	Semanal	C	10min	Manutenção (Automação)

**Figura 3.11 – Modelo de formulário para definição dos intervalos das tarefas de manutenção.**  
Fonte: Adaptado de rigoni (2009).

### 3.5.8 Elaboração do Manual de Implantação

O objetivo desta etapa é redigir o manual de implementação do sistema ao qual a MCC será aplicada incluindo: descrição detalhada do sistema e suas partes componentes, o critério para seleção do sistema, a equipe do estudo, os patrocinadores do estudo, o cronograma, a metodologia de implantação, considerações e conclusões das etapas anteriores, a política de manutenção para os itens cujas funções foram definidas como significantes na etapa 4. Planejar, estruturar e implementar as ações propostas pelo programa da MCC, levando em conta as necessidades e limitações da empresa/sistema e a estratégia de implementação.

O ponto fundamental é a garantia da sistematização dos novos planos de manutenção através do adequado cadastramento no sistema informatizado da manutenção e a realização de um plano de comunicação entre as partes envolvidas, a exemplo de executores, supervisores, planejadores e gerentes.

Rigoni (2009) recomenda que na fase elaboração do manual de implementação da MCC haja um planejamento e uma gestão adequada para evitar a dispersão da equipe de estudo, e garantir que a mesma esteja engajada até a finalização da implementação do programa da MCC no sistema de gestão da manutenção da empresa/sistema.

### 3.5.9 Acompanhamento e Realimentação

O objetivo desta etapa é fazer o acompanhamento das ações implantadas através de indicadores de performance para que seja possível visualizar a eficácia destas ações, e também efetuar a revisão do estudo caso haja alguma modificação no sistema estudado ou evidencie-se resultado com baixa ou nenhuma eficácia.

Nesta etapa também é definida uma política de auditoria baseada nas normas SAE JA 1011 e SAE JA 1012 a fim de validar que o estudo realizado atendeu os requisitos mínimos exigidos pelas normas e, este possa ser chamado de Manutenção Centrada na Confiabilidade.

## **4 IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NO SISTEMA PROPOSTO**

### **4.1 ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO DA MCC**

Este capítulo aborda as etapas da metodologia preconizada da Manutenção Centrada na Confiabilidade, como apoio à tomada da decisão para determinar a melhor estratégia para elaboração de planos de manutenção e propor tarefas que podem ser aplicáveis e efetivas para mitigação das falhas crônicas do sistema de garras pneumáticas de uma linha de estamperia de autopeças.

Segundo Rigoni (2009), um procedimento de implementação das etapas deve auxiliar na elaboração de uma metodologia para implementar a MCC, onde cada etapa pressupõe requisitos de entrada e fornecem saídas que serão utilizadas nas etapas seguintes.

Já para Siqueira (2005), em cada etapa é utilizada ferramentas de modelagem distintas para responder e documentar os critérios de cada uma das sete questões da MCC, assim denominadas:

- 1 - Quais as funções a preservar?
- 2 - Quais as falhas funcionais?
- 3 - Quais os modos de falha?
- 4 - Quais os efeitos da falha?
- 5 - Quais as consequências das falhas?
- 6 - Quais as tarefas aplicáveis e efetivas?
- 7 - Quais as alternativas restantes?

#### **4.1.1 Etapa 0**

O objetivo desta etapa é efetuar um diagnóstico da empresa/sistema onde se pretende implementar a MCC para avaliar o nível de aderência que esta terá e, a partir daí elaborar

melhor estratégia de implementação. O teste de aderência foi realizado cinco pessoas dos departamentos de manutenção e produção. Na figura 4.1 mostra o resultado parcial do questionário aplicado neste teste.

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 1 (C1) – Disponibilidade e da Informação/Recursos	Q1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis.	10	8		
	Q2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção.	8	8		
	Q3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.	8	8		
	Q4	O planejamento estratégico da empresa, com relação à manutenção, está documentado de forma auditável e contempla a manutenção e a implantação da MCC	7	8	Ainda não foi implantado a manutenção centrada na confiabilidade	Elaborar estudo de viabilidade para implantação da MCC
Critério 2 (C2) – Condição e Desempenho Atual da Manutenção	Q1	O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenção Baseada na Condição é significativo quando comparado à Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo) ou Corretiva.	9	8		
	Q2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada para o desempenho de sua função.	8	8		
	Q3	Historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares.	9	8		
	Q4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção quando comparados a outros sistemas similares.	9	8		

**Figura 4.1 – Planilha etapa 0.**

**Fonte: Autoria própria.**

O resultado completo do teste de aderência pode ser visto no apêndice C.

#### 4.1.2 Etapa 1

A Etapa de preparação tem como objetivo a formação da equipe de trabalho e a elaboração da estratégia para implantação da MCC.

Destacam-se nesta etapa a seleção do corpo técnico e as designações do facilitador e do patrocinador. O facilitador deve possuir sólidos conhecimentos na metodologia MCC e ter habilidades em coordenar grupos de trabalho. Também é responsabilidade do facilitador: elaborar o cronograma das reuniões, alocar os recursos humanos, administrar o tempo, gerenciar conflitos e documentar de forma auditável cada etapa do estudo.

O patrocinador deve ser preferencialmente o gerente responsável pelo desempenho do equipamento analisado, pois sua principal função é de disponibilizar os recursos (humanos e financeiros) necessários ao bom andamento dos trabalhos. Este apoio gerencial é de fundamental importância para o desenvolvimento do projeto, principalmente nos momentos de concorrência de prioridades na realização de atividades na área operacional.

Já a equipe de estudo deve ser selecionada com base na qualidade do conhecimento sobre o equipamento e experiência de trabalho. A diversidade de pontos de vista deve ser garantida para a formação de uma equipe multifuncional. A seleção deve contemplar pessoas





Na empresa onde realizou-se este trabalho de pesquisa há quatro linhas de prensas onde são produzidas as peças automotivas vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana. Cada linha de prensas tem uma capacidade específica de produção diária em função do modelo e tamanho da peça, contudo as quatro linhas juntas produzem em média trinta mil peças por dia.

A seleção do sistema para efetuar o estudo proposto neste trabalho de pesquisa foi em função da necessidade de reduzir a indisponibilidade de produção motivada pelas falhas de garras que atualmente são consideradas como falhas crônicas. Outro fator que contribuiu para a diretoria apoiar a realização de um trabalho inédito na organização utilizando-se da metodologia da MCC, foi o levantamento quantitativo efetuado no ano de 2011 com as perdas na disponibilidade causadas pelas falhas de garras. As perdas ultrapassaram um milhão e seiscentos mil reais nas quatro linhas de prensas.

Neste contexto foi identificada a necessidade de se fazer um estudo mais aprofundado das causas das falhas crônicas das garras e optou-se por uma estratégia de selecionar uma área piloto onde está instalada uma das quatro linhas de prensas denominada de linha três.

Optou-se pela estratégia de um projeto piloto pelas seguintes circunstâncias: as quatro linhas de prensas são do mesmo fabricante, têm o mesmo contexto operacional, trabalham sob as mesmas condições ambientais e utilizam os mesmos sistemas de garras pneumáticas.

Desta forma é possível obter resultados mais rápidos, os custos com a implementação das ações são bem menores, a mudança de cultura exigida é mais bem absorvida, pois a quantidade de pessoas envolvidas é reduzida.

#### 4.1.4 Etapa 3

Nesta etapa foi necessário efetuar um treinamento com a equipe de estudo para nivelar o grau de conhecimento, pois alguns integrantes não conheciam a metodologia da FMECA aplicada na MCC, e aqueles que já conheciam tiveram dificuldade em diferenciar as metodologias, pois a FMEA é muito utilizada no processo da empresa onde realizou-se este

estudo. O motivo desta dúvida foi em função que a particularidade existe entre a metodologia da FMECA aplicada na MCC e a metodologia tradicional da FMEA é quase imperceptível.

As dúvidas foram esclarecidas utilizando-se de uma analogia simples conforme pode ser vista na figura 4.3.

### Analogia entre MCC e FMEA

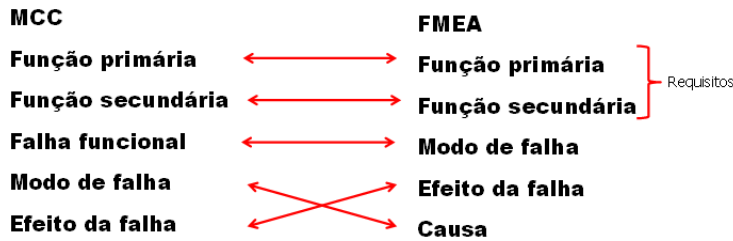


Figura 4.3 – Analogia entre MCC e FMEA.  
Fonte: Autoria própria.

Conforme abordado no capítulo 3, nesta etapa foi utilizada a planilha de FMECA para identificar as funções do sistema e delimitá-las, assim como registrar toda a análise dos modos falha realizados durante as reuniões. Neste estudo foram identificados e priorizados vinte e nove modos de falha que contribuem direta e indiretamente para a falha funcional das garras e consequentemente de todo o sistema.

Na figura 4.4 pode ser visto os modos de falha resultado desta etapa na forma de gráfico de pareto.

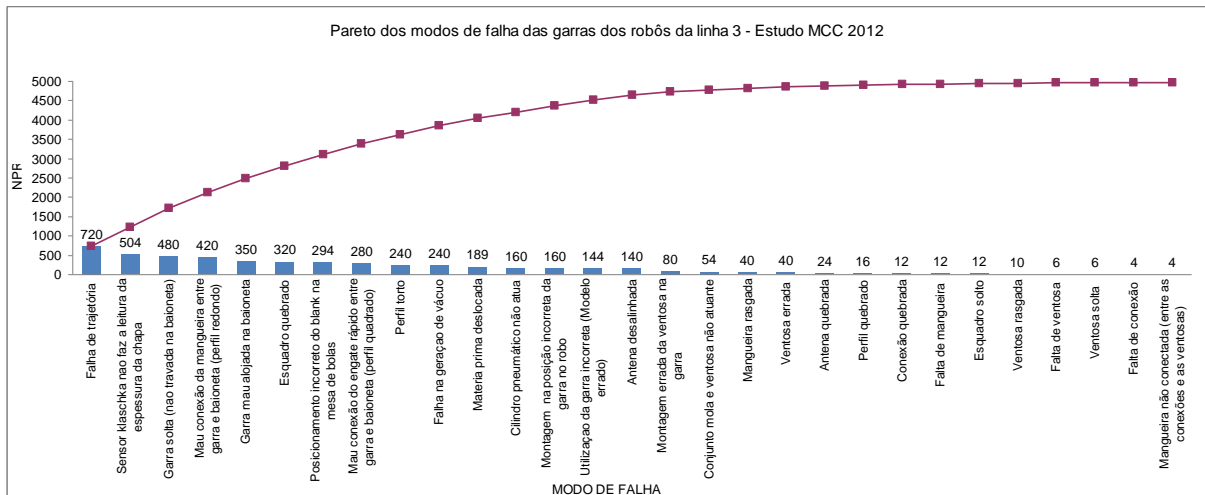


Figura 4.4 – Pareto dos modos de falha da garra pneumática.  
Fonte: Autoria própria.

No apêndice A pode ser visto com mais detalhes as planilhas da FMECA e o gráfico de pareto.

#### 4.1.5 Etapa 4

Nesta etapa os integrantes da equipe foram treinados, já que cada etapa do estudo completada pela MCC há particularidades específicas que necessitam ser bem esclarecidas e entendidas por toda a equipe de estudo.

Esta etapa foi fundamenta nos critérios estabelecidos no capítulo 3 deste trabalho de pesquisa e utilizou-se dos diagramas lógicos proposto pela IEC 60300-3-11 para auxílio na tomada de decisão onde busca-se por categorizar os efeitos da falha com base nos impactos gerados em aspectos relacionados a restrições de operação do sistema, riscos à segurança física, danos ao meio ambiente e à economia do processo conforme exemplificado na figura 4.5 o resultado da etapa de seleção das funções e classificação dos modos de falha.

Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)	Data:06/02/2012 Revisão: 00 Reisado por:
Auditado por:		Página 1 de 3
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3		Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)		Id_Subistema: 1.1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha é Evidente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha afeta a Segurança e/ou o Meio Ambiente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha tem consequências Econômicas e/ou Operacionais?	Categoria ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional
1	1	1.1	Ventosa rasgada	Sim	Não	Sim	EEO
		1.2	Mangueira rasgada	Sim	Não	Sim	EEO
		1.3	Conexão quebrada	Sim	Não	Sim	EEO
		1.4	Falta de ventosa	Sim	Não	Sim	EEO
		1.5	Ventosa errada	Sim	Não	Sim	EEO
		1.6	Ventosa solta	Sim	Não	Sim	EEO
		1.7	Falta de conexão	Sim	Não	Sim	EEO
		1.8	Falta de mangueira	Sim	Não	Sim	EEO

**Figura 4.5 – Planilha etapa 4.**

Fonte: Autoria própria.

Os demais resultados desta etapa podem ser vistos com mais detalhes no apêndice A.

#### 4.1.6 Etapa 5

Da mesma forma que na etapa anterior, a equipe também foi treinada para a determinação das atividades de manutenção aplicáveis e efetiva utilizando-se da lógica de seleção de atividades proposta pela IEC 60300-3-11 já abordada no capítulo 3.

Esta etapa foi uma das mais debatidas pela equipe e vários paradigmas foram eliminados e outros esclarecidos no que diz respeito às tarefas operacionais. A equipe também pode identificar a pobreza das tarefas recomendadas e das falhas existentes na forma de execução nas atividades realizadas atualmente.

Na figura 4.6 é demonstrado o modelo utilizado nesta etapa para selecionar as tarefas de manutenção.

Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Engº processo)	Data: 06/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Auditado por:		Página 1 de 5
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3		Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)		Id_Subsistema: 1.1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis								Tarefa Proposta	Id_Tarefa
				Serviço Operacional	Inspecção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspecção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto	Reparo Funcional		
1	1	1.1	Ventosa rasgada (EEO)	S	S							Operacional: Criar uma FTP para as garras para o setup externo, Treinamento (reciclagem anual), Acompanhamento dos gestores. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.1.1
		1.2	Mangueira rasgada (EEO)	S	S							Operacional: Criar uma FTP para as garras para o setup externo, Treinamento (reciclagem anual), Acompanhamento dos gestores. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.2.1
		1.3	Conexão quebrada (EEO)	S	S							Operacional: Criar uma FTP para as garras para o setup externo, Treinamento (reciclagem anual), Acompanhamento dos gestores. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.3.1
		1.4	Falta de ventosa (EEO)	S								Operacional: Criar FTP para check list de setup externo, acompanhamento dos gestores. Determinar estoque de segurança.	1.4.1
		1.5	Ventosa errada (EEO)	S	S							Identificar as ventosas. Criar projetos de garras. Determinar estoque de segurança. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.5.1
1	1	1.6	Ventosa solta (EEO)	S	S						Manutenção: Revisar tarefas da preventiva de garras. Operacional: Criar FTP para check list de setup externo, acompanhamento dos gestores.	1.6.1	

**Figura 4.6 – Planilha da etapa 5.**

**Fonte: Autoria própria.**

O resultado completo desta etapa pode ser visto com mais detalhes no apêndice A.

#### 4.1.7 Etapa 6

O objetivo desta etapa é definir a periodicidade inicial das atividades de manutenção selecionadas na etapa anterior e agrupar estas atividades de forma estratégica para otimizar as ações da equipe de manutenção.

Tanto a norma SAE JA1011 quanto a IEC 60300-3-11 recomenda a utilização de métodos estatísticos para determinar os intervalos iniciais de execução das tarefas de manutenção, contudo não havendo esta disponibilidade, cabe a equipe de estudo definir a periodicidade das tarefas de manutenção com base no conhecimento heurístico dos mantenedores, no consenso, nos dados fornecidos pelos fabricantes e no histórico de falhas.

Neste caso o intervalo das tarefas foi determinado com base no histórico de falhas e cada *set up* de máquina, pois neste momento é realizada a preparação das garras para a próxima produção conforme já comentado no capítulo 2. A figura 4.7 mostra o resultado parcial da etapa 6.

Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)	Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Auditado por:		Página 1 de 8
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3		Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)		Id_Subistema: 1.1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Tempo execução da tarefa	Equipe Responsável	
1	1	1.1	1.1.1	A Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	6min	Produção	
				B Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação das ventosas)	Todo set up	A	6min	Produção	
				C Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção	
				D Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação das ventosas)	Semanal	C	10min	Manutenção (Automação)	
			1.2	1.2.1	A Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção
					B Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação da mangueira)	Todo set up	A	3min	Produção
					C Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção
					D Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação da mangueira)	Semanal	C	7min	Manutenção (Automação)
		1.3	1.3.1	A Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção	
				B Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação das conexões)	Todo set up	A	3min	Produção	

**Figura 4.7 – Planilha etapa 6.**

**Fonte: Autoria própria.**

#### 4.1.8 Etapa 7

O objetivo desta etapa é redigir o manual de implementação do sistema ao qual a MCC será aplicada incluindo: descrição detalhada do sistema e suas partes componentes, o critério para seleção do sistema, a equipe do estudo, os patrocinadores do estudo, o

cronograma, a metodologia de implantação, considerações e conclusões das etapas anteriores, a política de manutenção para os itens cujas funções foram definidas como significantes na etapa 4. Planejar, estruturar e implementar as ações propostas pelo programa da MCC, levando em conta as necessidades e limitações da empresa/sistema e a estratégia de implementação.

O ponto fundamental é a garantia da sistematização dos novos planos de manutenção através do adequado cadastramento no sistema informatizado da manutenção e a realização de um plano de comunicação entre as partes envolvidas, a exemplo de executores, supervisores, planejadores e gerentes.

#### 4.1.9 Etapa 8

O objetivo desta etapa é fazer o acompanhamento das ações implantadas através de indicadores de performance para que seja possível visualizar a eficácia destas ações, e também efetuar a revisão do estudo caso haja alguma modificação no sistema estudado ou evidencie-se resultado com baixa ou nenhuma eficácia.

Nesta etapa também é definida uma política de auditoria baseada nas normas SAE JA 1011 e SAE JA 1012 a fim de validar que o estudo realizado atendeu os requisitos mínimos exigidos pelas normas e, este possa ser chamado de Manutenção Centrada na Confiabilidade.

## 4.2 RESULTADOS OBTIDOS

Com resultado da implantação da MCC foram propostas trinta e oito ações conforme listadas no plano de ações do apêndice B. Contudo somente algumas ações foi possível apresentar neste capítulo, já que a maioria delas ainda estava em processo de implantação e outras não haviam sido iniciadas.

Na figura 4.8 é mostrado um exemplo de ordem de serviço extraída do SAP para a manutenção preventiva das garras antes da implantação da MCC.

```

                                ORDEM DE MANUTENÇÃO

NºPlano      Tipo de Manutenção      Descrição      Data de liberação
Preventivo  Manutenção preventiva GPAPM 7 AUT GARRAS ASSOALHO TRAS VW ARENA25.05.2012
478000966
NOTIFICAÇÃO OPERÁRIOS      AUTOR OM:      17:26:17
                                TipoAtvMnt:

Localização Técnica      Equipamento      Máquina Parada      Posto de Trabalho      Responsável
GPA-EL2-300-002      75-102-300/002      Sim      Não      ZPMMN1 / GPA

GARRA ASSOALHO      GARRA ASSOALHO      MANUTENÇÃO
SINTOMAS      /      /
CAUSA      /      /

Estado da Instalação      Antes      Depois

                                517500009499
                                |||||
                                TRABALHOS REALIZADOS
R/Noper      Elemento a controlar      Trabalh.      1,0H
0010INSPECIONAR VENTOSAS
0020INSPECIONAR CONEXOES PNEUMATICAS
0030INSPECIONAR PERFIL
0040INSPECIONAR BRACOS DAS VENTOSAS
0050INSPECIONAR PARAFUSOS
0060INSPECIONAR MANGUEIRAS
0070INSPECIONAR IDENTIFICACAO DA GARRA
0080INSPECIONAR SENSOR KLASHKA
0090INSPECIONAR ALOJAMENTO DAS GARRAS

                                NOTIFICAÇÃO OPERÁRIOS
SAP Operário      Nome      Horas      Início      Fim

Código de material      MATERIAIS      Denominação      Quantidade Reservada
                                NOTIFICAÇÃO SUBCONTRATADOS
SAP OperárioCódigo      Nome      Horas
  
```

















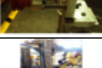



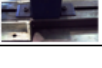

ordem: 517500009499 Pagina 1 de 1

**Figura 4.8 – Exemplo de ordem de serviço.**  
**Fonte: Autoria própria.**

É perceptível que se trata de uma ordem de serviço muito simples com algumas tarefas a serem executadas, porém não informa nenhuma recomendação, instrução ou cuidados que devem ser tomadas durante a execução do serviço.

Após a implantação da MCC foi recomendado em uma das ações que seria necessário elaborar uma instrução de trabalho a fim de padronizar a execução do serviço realizado pelo mantenedor e, ainda garantir que alguns cuidados fossem tomado durante e após a realização do serviço.

A figura 4.9 mostra um modelo da instrução de serviço para a manutenção das garras.

INSTRUÇÃO DE TRABALHO PONTO À PONTO MANUTENÇÃO DE GARRAS DOS ROBÔS					DATA: 14/06/2012 REV. 00 PÁGINA 1 DE 1
Item	Fotos Ilustrativas	Tipo Ação	O que fazer?	Como fazer?	Recomendações e Cuidados com a Segurança/Meio Ambiente
1			Ver se não tem furo ou rasgos, ressecamento, ou sujeira;	Inspeccionar visualmente; Apalpar a ventosa; limpar a ventosa;	Descartar em "Não-recicláveis";
2			Verificar aperto; Verificar se não há trinca conector 90°;	Ver se não há trincas, se esta bem conectado; Com chave de boca 12 mm apertar;	Descartar em "Não-recicláveis";
3			Verificar se não há esmagamento; Verificar se não esta muito curta; ver se esta bem conectado;	Inspeccionar visualmente; Olhar se não há rasgos e ressecamento;	Descartar em "Não-recicláveis";
4			Verificar funcionamento das molas (ver se a mola esta cansada); ver se anel fixação esta bem preso;	Empurrando a ventosa em direção à antena; Inspeccionar visualmente o anel; lubrificar molas;	Descarte em "Metais";
5			Verificar parafusos de fixação;	Com chave allen 5 mm, conferir aperto	Descarte em "Metais";
6			Verificar aperto trava do perfil; Verificar engates rápidos e apertar conexão; Ver se não há trincas e amassos;	Inspeccionar visualmente; Com chave allen 5 mm apertar trava; Manusear os engates rápidos;	Descarte em "Metais";
7			Verificar aperto parafusos de fixação;	Com chave allen 5 mm, conferir aperto;	Descarte em "Metais";
8			Verificar condição cilindro, fixação, mangueiras 8 mm e 6 mm;	Testar curso total do cilindro;	Buscar reutilização;
9			Verificar molas, cabo e conector eletricos, ventosa;	Testando item a item do sensor;	
10			Verificar código garra;	certificar-se da existencia da identificação;	
11			Verificar se esta travado na base;	Com chave allen 8 mm conferir aperto.	Descarte em "Metais";
OBSERVAÇÕES:					
Elaborado por: Paulo Andrade		Revisado por: Fabio Roberto		Aprovado por: Dorival Ferreira	

**Figura 4.9 – Instrução de serviço de manutenção de garras.**

**Fonte: Autoria própria.**

Outra ação implantada foi na melhoria da identificação, da armazenagem e da gestão a vista das garras. Um dos modos de falhas identificados na etapa 3 foi a utilização do modelo errado da garra que só era percebido após a linha entrar um funcionamento e ocorrer a falha, pois cada peça produzida uso um modelo específico de garra, e se a garra correta não estiver



instalada certamente a falha ocorrerá.

Esse fato ocorria com alta frequência em função de não haver uma identificação de qualidade nas garras, Outro ponto que contribuía com esta falha está relacionada com armazenamento garra em local errado, já que cada garra tem o seu local de armazenagem específico conforme mostrado na figura 4.10 antes da implantação da ação recomendada pelo estudo da MCC. Todos os alojamentos eram iguais facilitando à armazenagem a garra no local errado.

Já na figura 4.11 é possível visualizar que cada família de garra foi identificada com cores diferentes para dificultar a armazenagem incorreta da mesma, e se mesma assim a garra for colocada no local errado ficará evidente para a equipe de operação.



**Figura 4.10 – Alojamento de garras antes da aplicação da MCC.**  
Fonte: Autoria própria.

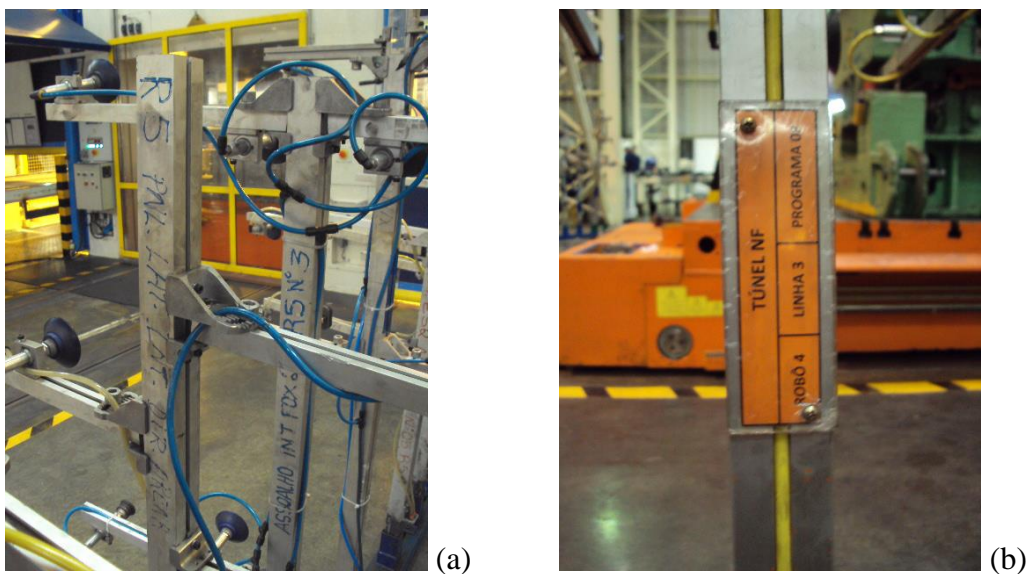


**Figura 4.11 – Alojamento de garras após aplicação da MCC.**  
Fonte: Autoria própria.

Na figura 4.12 também é demonstrado o resultado antes e depois da implantação da ação da MCC. Na figura (a) a garra está identificada com tinta de marcador industrial, que

com o tempo apagava e o pessoal da operação identificava novamente. Contudo, havia muitas marcações que confundia o pessoal da operação que executava a preparação das garras para a próxima produção e fatalmente ocorria a falha já no início da produção.

A figura (b) mostra o resultado da identificação da garra após a implantação da ação da MCC. Desta forma não há poluição com várias identificações rasuradas no corpo da garra, facilitando a identificação da pela de forma padronizada.



**Figura 4.12 – (a) Identificação de garras antes e (b) após aplicação da MCC.**  
**Fonte: Autoria própria.**

De forma geral durante o desenvolvimento do trabalho constatou-se que o plano de manutenção fruto da aplicação MCC é um importante processo de documentação e muito robusto. Suas tarefas voltadas para a manutenção pró-ativa estão diretamente ligadas a evitar ou reduzir a probabilidade de falha no equipamento.

Sua aplicação deve ser reavaliada conforme experiência técnicas e operacionais acumuladas que permitem reavaliar o resultado das ações a partir de dados objetivos e consistentes.

A equipe que participou de sua do estudo e da implantação das ações validou o resultado, ressaltando que a metodologia MCC conduz o grupo a propor ações de manutenção focadas nos modos de falha e seus efeitos, sem perder de vista as condições operacionais.

A constatação de que cada tarefa de manutenção proposta possui um objetivo específico que consolidou o conceito de aplicabilidade da metodologia da MCC no sistema proposto.

A implementação da MCC não se esgota na formulação do plano de manutenção. A MCC é um processo contínuo onde o plano é periodicamente revisado em função dos dados de falhas e de reparos, que devem ser continuamente coletados de forma consistente e

mantidos em um banco de dados. A importância deste banco de dados de falha e de reparo de onde se possam extrair as vantagens potenciais da MCC, particularmente no que concerne à determinação dos intervalos mais apropriados para a realização das diversas tarefas de Manutenção Preventiva - MP.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante salientar que a inexistência desse banco não inviabiliza a implementação da MCC, pois assim mesmo, esta metodologia traz vantagens substanciais sobre o processo tradicional menos estruturado de planejamento da MP. Outro fator preponderante para se obter resultados positivos é a aceitação do trabalho, o apoio pela alta gerência e o comprometimento de todos os envolvidos com o resultado final da empresa.

Durante o período de estudo da MCC foi possível identificar os pontos fracos e os pontos forte conforme comentados a seguir:

### Pontos fortes:

Pessoal da equipe comprometido com estudo;

Conhecimento aprofundando do sistema em estudo;

Visão sistêmica da rede causal das falhas;

Conhecimento dos pontos vulneráveis do processo de *set up* interno e externo das garras;

Objetivos e metas aceitos e difundidos.

### Pontos fracos:

Ausência de integrantes da equipe nas reuniões;

Alteração dos membros da equipe original;

Ausência de um líder da produção na equipe de estudo.

## 5.1 RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho de pesquisa, algumas ações e novos temas de pesquisa são vislumbrados objetivando a complementação do que foi desenvolvido até o momento.

Para isso algumas recomendações sugeridas de forma a enriquecer o tema que não se esgota com este trabalho.

- Aplicar distribuições estatísticas para determinar o intervalo ótimo dos atividade de manutenção;
- Desenvolver uma sistemática para incorporar análise de risco para os modos de falha das garras;
- Desenvolver uma sistemática para incorporar o estudo de confiabilidade humana nas atividades de manutenção.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

KARDEC, Alan; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção função estratégica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MOUBRAY, J. **Reliability centered maintenance**. 2 ed. Nova York: Editora Industrial Press, 2001.

MOTELARI, Denis; SIQUEIRA, Kleber; PIZZATI, Nei. **O RCM na quarta geração da manutenção de ativos**. São Paulo: RG Editores, 2011.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability Centered Maintenance**. National Technical Information Service, USA, Report n.AD/A066-579, 1978.

RIGONI, Emerson. **Metodologia para implantação da manutenção centrada na confiabilidade: uma abordagem fundamentada em sistemas baseados em conhecimento e lógica fuzzy**. 2009. 342 f. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SAE JA1011. **Evaluation Criteria for Reliability Centered Maintenance (RCM) Processes**. Society of Automotive Engineers, 1999.

SAE JA1012. **A Guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) Standard**. Society of Automotive Engineers, 2002.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade manual de implementação**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SMITH, Anthony M.; HINCHCLIFFE, Glenn R. **RCM - gateway to world class maintenance**. Editora Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. 2003. 219 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

**APÊNDICE A – MANUAL DE IMPLANTAÇÃO DA MCC**

# **MANUAL DE IMPLANTAÇÃO MCC**

**SÃO JOSÉ DOS PINHAIS**

**2012**

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 2 de 41

## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	4
2	OBJETIVO DO ESTUDO.....	5
3	ORGANIZAÇÃO FUNCIONAL DA IMPLANTAÇÃO DA MCC.....	5
3.1	Coordenação.....	5
3.2	Equipe .....	5
4	DESCRIÇÃO DO SISTEMA PILOTO EM ESTUDO .....	6
4.1	Sistema de garras pneumáticas da linha 3.....	6
5	METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DA MCC .....	8
5.1	Etapa 1 - Preparação .....	9
5.1.1	Equipe de Implantação.....	9
5.1.2	Patrocinador Interno .....	9
5.1.3	Facilitador.....	9
5.1.4	Estratégia de Implementação.....	9
5.1.5	Sistema Candidato .....	9
5.1.6	Projeto Piloto.....	10
5.1.7	Treinamento.....	10
5.1.8	Calendário de Reuniões .....	10
5.1.9	Cronograma de Implantação: .....	10
5.1.10	Previsão Orçamentária.....	10
5.2	Etapa 2 - Seleção do Sistema e Coleta das Informações.....	10
5.2.1	Método utilizado para Seleção do Sistema .....	11
5.2.2	Critérios utilizados para Seleção do Sistema .....	11
5.2.3	Resultados obtidos para a Seleção do Sistema.....	12
5.2.4	Coleta de Informações .....	12
5.2.5	Definição das Fronteiras do Sistema .....	12
5.3	Etapa 3 - Elaboração do FMECA .....	13
5.4	Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação dos Modos de Falhas.....	20
5.5	Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas.....	24
5.6	Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção .....	30
5.7	Etapa 7 - Elaboração do Manual de Implantação da MCC.....	39
5.8	Etapa 8 - Acompanhamento e Realimentação.....	39
6	CONCLUSÃO.....	40



<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 3 de 41

## TERMINOLOGIA

**Efeito da Falha** – O que acontece quando um modo de falha ocorre.

**Função** – O que o proprietário ou usuário de um ativo físico espera que esse ativo execute.

**Falha Funcional** – Um estado no qual um ativo físico ou um sistema é incapaz de executar uma função específica no nível desejado de desempenho.

**Falha Potencial** – Condição identificável que indica que uma falha funcional, ou está para ocorrer, ou está se manifestando.

**Função(ões) Primária(s)** – Função(ões) que constitui(m) a(s) razão(ões) primária(s) pela(s) qual(is) um ativo físico ou sistema é adquirido por seu proprietário ou usuário.

**Funções Secundárias** – Funções que um ativo físico ou sistema tem que preencher independentemente de sua(s) função(ões) primária(s), tais como a(s) necessária(s) para o preenchimento dos requisitos regulatórios, além dos relativos a proteção, controle, restrição, conforto, aparência, eficiência em relação à energia e integridade estrutural.

**Intervalo P-F** – Intervalo entre o ponto no qual uma falha potencial se torna identificável e o ponto no qual ela se deteriora a ponto de se tornar uma falha funcional. Também conhecido como período de desenvolvimento de falha ou tempo marginal da falha.

**Modo de Falha** – Um evento único que causa uma falha funcional.

**Serviço Operacional** – Serviços repetitivos para atender as necessidades diárias do processo tais como: limpeza, lubrificação, abastecimento de combustível, etc.

**Manutenção sob condição** – Também conhecida como preditiva, esta técnica se aplica a qualquer equipamento que tenha forneça uma grandeza que possa ser monitorada ao longo do tempo.

**Restauração Preventiva** – Manter o equipamento em condições operacionais dentro do que foi proposto no projeto antes que a falha funcional ocorra.

**Substituição Preventiva** – Serviço sistemático que obedece a regra para qualquer item que tenha a vida útil pré-definida.

**Inspeção Funcional** – Também conhecida como manutenção detectiva.

**Manutenção Combinada** – É a combinação de qualquer técnica de manutenção a fim de reduzir a probabilidade de ocorrência de uma falha funcional.

**Reparo Funcional** – Também conhecida como manutenção corretiva, onde o reparo será realizado somente após a falha funcional.

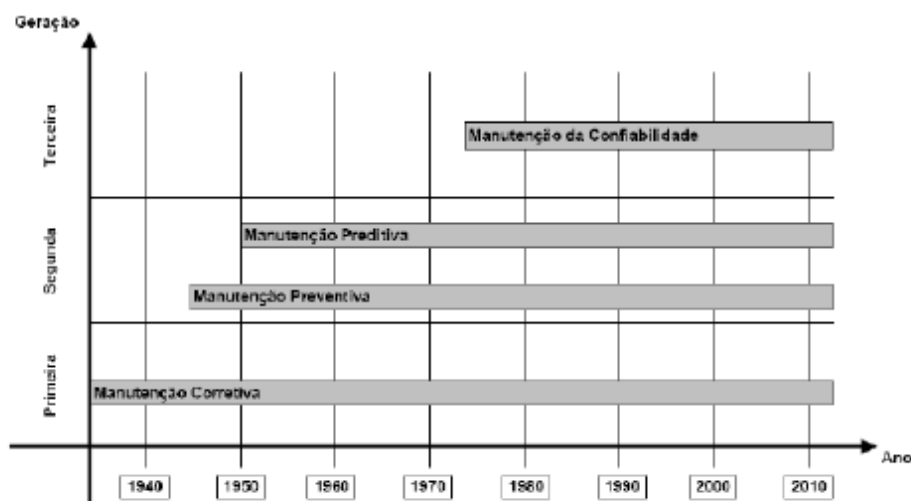
Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 4 de 41

## 1 INTRODUÇÃO

A análise da política de manutenção no setor de transporte aéreo em finais dos anos 1960 e início da de 1970 conduziu o desenvolvimento dos conceitos da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Os princípios e aplicações da MCC foram documentados na publicação de Nowlan e Heap, *Reliability-Centered Maintenance (RCM)*, em 1978. O trabalho demonstrou que não existe uma forte correlação entre idade e taxa de falhas, além de provar que a premissa básica de manutenção baseada em tempo era falsa para a maioria dos equipamentos.

Estudos complementares realizados pelo Departamento de Defesa da USA e diversas instalações nucleares americanas, confirmaram o trabalho de Nowlan e Heap. (NASA, 2000) e (Siqueira (2005) afirmam que a origem da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) está relacionada aos processos tecnológicos e sociais que se desenvolveram após a Segunda Guerra Mundial. No campo tecnológico, foram decisivas as pesquisas iniciadas pela indústria bélica americana, seguidas pela automação industrial em escala mundial, viabilizadas pela evolução da informática e telecomunicações, presentes em todos os aspectos da sociedade atual.

A figura a seguir mostra a cronologia da evolução da manutenção em suas diversas técnicas.



<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 5 de 41

## 2 OBJETIVO DO ESTUDO

O objetivo do estudo é utilizar a metodologia da MCC como apoio a tomada de decisão para determinar a melhor estratégia a ser adotada para redução das falhas crônicas de garras a níveis insignificantes para o processo produtivo.

Para isso será respondidas as setes questões clássicas proposta pela metodologia MCC.

- Quais funções a manutenção deseja preservar?
- Quais falhas provocam interrupções destas funções?
- Quais modos de falha são causadores destas falhas?
- Quais efeitos são resultantes destes modos de falha?
- Quais conseqüências são derivadas destes efeitos?
- Quais tarefas são aplicáveis e efetivas para combater estas conseqüências?
- Quais frequências de manutenção são ideais para as tarefas?

## 3 ORGANIZAÇÃO FUNCIONAL DA IMPLANTAÇÃO DA MCC

### 3.1 Coordenação

Fabio Roberto Pereira Pinto - Planejador de Manutenção

### 3.2 Equipe

Ronaldo Muniz - Supervisor de manutenção

Cristiano Nélvio - Operador de produção

Bruno Barbeiro - Operador de produção

Daniel Cubas - Técnico de manutenção (automação)

Geovani Gresolle - Engenharia de processos

Thiago da Silva Gonçalves - Controle de qualidade

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 6 de 41

## 4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA PILOTO EM ESTUDO

### 4.1 Sistema de garras pneumáticas da linha 3

O sistema da garra pneumática é composto por vários componentes, dentre eles estão: o perfil de alumínio que é a espinha dorsal da garra, as antenas também de alumínio que são fixadas no perfil, o esquadro que garante a perpendicularidade da antena com o perfil, o conjunto de ventosas é composto pelas ventosas, haste e em alguns casos também por molas. Este conjunto é fixado diretamente nas antenas. Também tem as conexões, as mangueiras e os cilindros pneumáticos, este é usado em casos específicos que auxiliam o robô no posicionamento da peça durante o depósito da mesma, a trava de limite para posicionamento da garra e o sensor para detecção de dupla chapa. Este último somente é utilizado no robô 1 (desempilhado) que retira as chapas de aço do fardo de matéria prima.

Para melhor entendimento da aplicação e da importância das garras no processo produtivo de autopeças, será explicada detalhadamente a função e a falha funcional deste equipamento.

A função da garra é a sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B. Trazendo esta definição da função para a realizada do processo de estampagem de peças, a função das garras é sustentar a chapa de aço batizada internamente como *blank*, desde a retirada do fardo de matéria prima, passando pelas prensas onde são estampadas e ganham a forma da peça propriamente dita, até serem depositadas na esteira transportadora de produto acabado.

A garra é uma parte integrante de um conjunto composto pelo robô e pelo gerador de vácuo, pois quem garante a transferência é o robô, o gerador de vácuo garante à sucção da peça e a garra a sustentação.

A não sustentação da peça gera a falha funcional que pode ter várias causas, estas causas também denominadas de modo de falhas serão identificadas no estudo MCC, realizado na etapa 3 utilizando como ferramenta de auxílio à planilha de FMECA.

O efeito da falha funcional é a parada total do processo causando perdas econômicas e operacionais com a diminuição da disponibilidade produtiva. Por serem falhas constantes, se tornaram um problema crônico para o processo e conseqüentemente motivaram a escolha das garras como piloto para efetuar o estudo utilizando a metodologia da manutenção centrada na confiabilidade (MCC).

Foi utilizado o histórico de falhas do equipamento para seleção do sistema.

Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 7 de 41

Para melhor entendimento do que foi mencionado acima, a figura abaixo mostra uma garra instalada ao robô 1 (desempilhador).



<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 8 de 41

## 5 METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DA MCC

O desenvolvimento do projeto piloto seguirá as orientações das normas SAE JA1011 e JA1012 e também das nove etapas propostas para implantação da metodologia MCC conforme mostrada na figura a seguir.

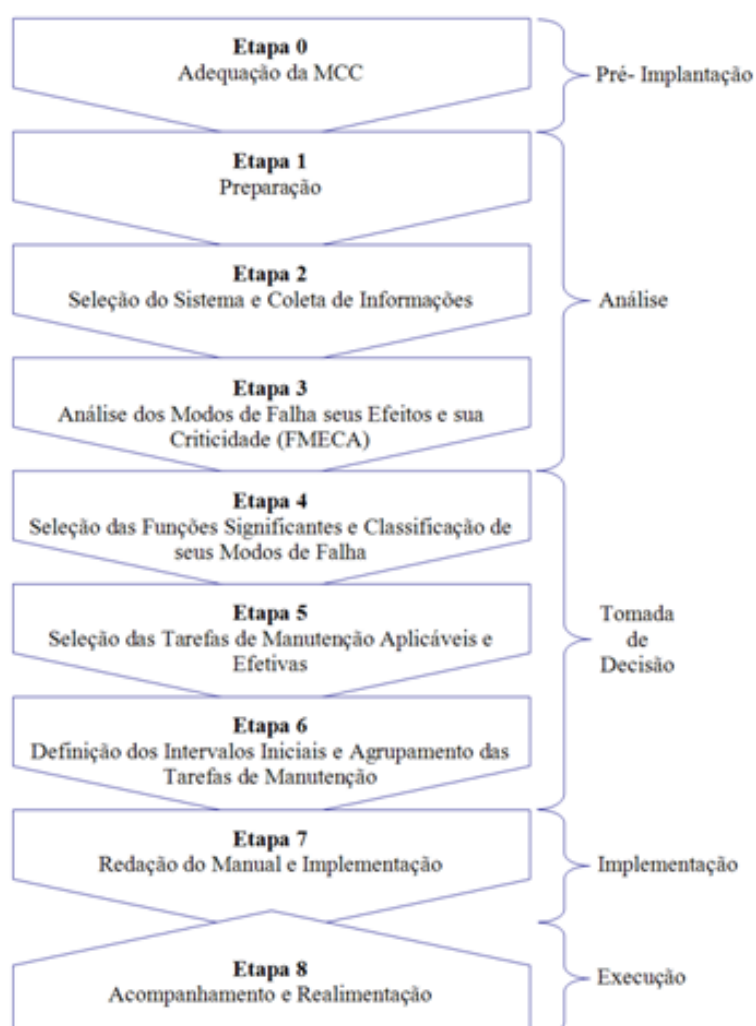


FIGURA: ADAPTAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE REFERÊNCIA PARA IMPLANTAÇÃO DA MCC  
 FONTE: RIGONI, 2009

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 9 de 41

## 5.1 Etapa 1 - Preparação

Nesta etapa é elaborado o planejamento dos recursos necessários para a implementação do estudo da MCC.

### 5.1.1 Equipe de Implantação

Fabio Roberto - Manutenção;  
 Ronaldo Muniz - Manutenção;  
 Daniel Cubas - Manutenção;  
 Bruno Barbeiro - Produção;  
 Cristiano Nélvio - Produção;  
 Geovani Gresolle - Eng<sup>a</sup> Processos  
 Thiago da Silva Gonçalves - Qualidade

### 5.1.2 Patrocinador Interno

A diretoria e os gerentes Dorival Ferreira da manutenção e Fabio Adriano Possato da produção da manufatura II.

### 5.1.3 Facilitador

Fabio Roberto Pereira Pinto planejador de manutenção.

### 5.1.4 Estratégia de Implementação

Projeto piloto.

### 5.1.5 Sistema Candidato

Estamparia linha 3.

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 10 de 41

5.1.6 Projeto Piloto

Garras dos robôs da linha 3.

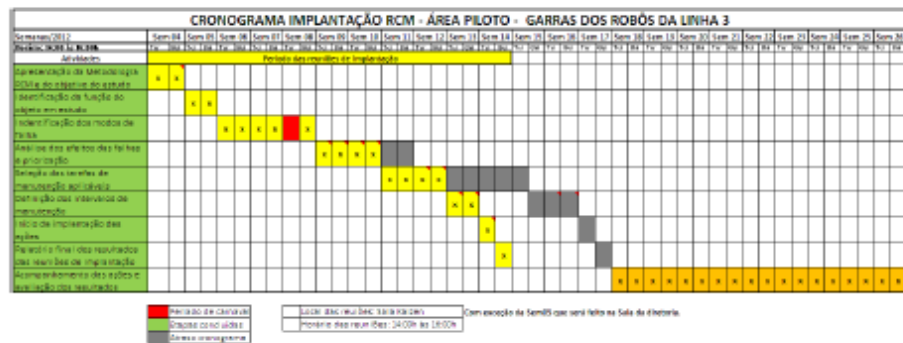
5.1.7 Treinamento

- Gerência e diretoria - 1h
- Equipe de análise - 4h
- Facilitador - 96h

5.1.8 Calendário de Reuniões

Todas as terças e quintas feiras das 14h00min às 16h00min

5.1.9 Cronograma de Implantação:



5.1.10 Previsão Orçamentária

Sem previsão.

5.2 Etapa 2 - Seleção do Sistema e Coleta das Informações



<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 11 de 41

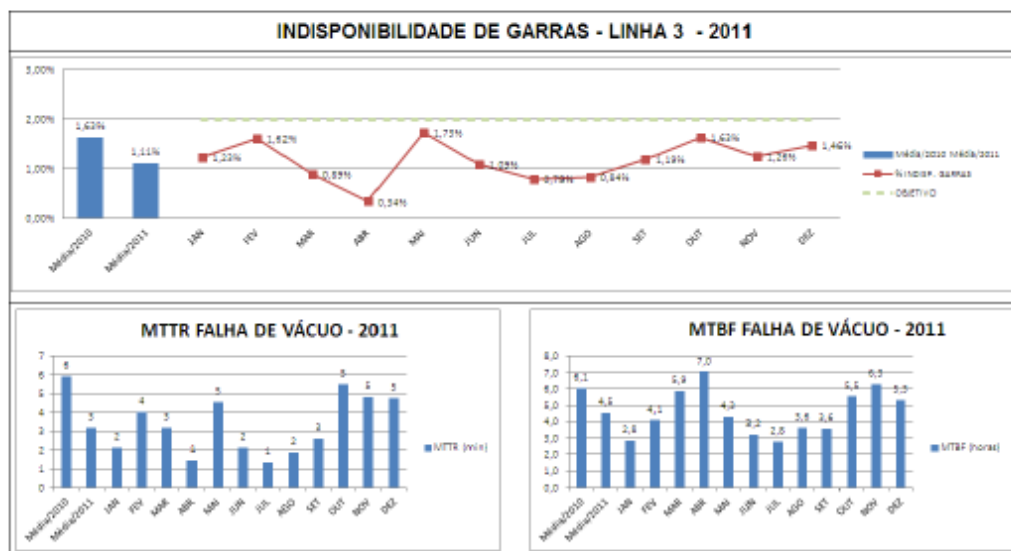
O objetivo desta etapa é identificar e documentar o sistema que será submetido à análise e implantação da MCC. Nesta etapa devem ser coletadas e reunidas todas as informações técnicas sobre o ativo selecionado com o objetivo de delimitar e identificar suas fronteiras.

### 5.2.1 Método utilizado para Seleção do Sistema

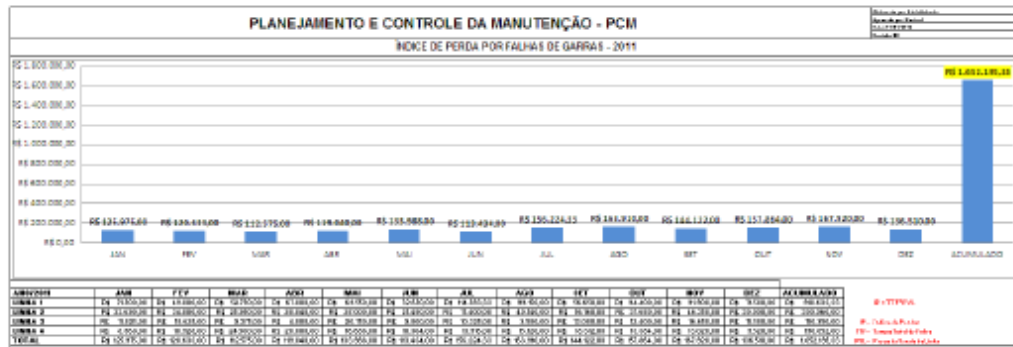
O método utilizado será através de projeto piloto.

### 5.2.2 Critérios utilizados para Seleção do Sistema

Foi utilizado como critério o indicador de indisponibilidade e o de custo de perdas motivadas pelas paradas imprevistas pelas falhas nas garras. No ano de 2011 foi evidenciada a perda de R\$1.652.195,00 nas quatro linhas de prensas por falha de vácuo.



<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 12 de 41



### 5.2.3 Resultados obtidos para a Seleção do Sistema

Com a implementação das ações do MCC espera-se mitigar as falhas das garras e consequentemente evidencie-se no indicador de indisponibilidade de garras uma tendência a zero.

### 5.2.4 Coleta de Informações

Catálogos;

Fotos;

Histórico de paradas.

### 5.2.5 Definição das Fronteiras do Sistema

Id Sistema / Sistema: 1 - Garras pneumáticas			
Id Substema	Substema	Id Componente	Componente
1.1	Estrutura da garra	1.1.1	Ventosa
		1.1.2	Conexão pneumática
		1.1.3	Mangueira pneumática
		1.1.4	Perfil de alumínio
		1.1.5	Antena
		1.1.6	Esquadro

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 13 de 41

		1.1.7	Mola
		1.1.8	Sensor dupla chapa
		1.1.9	Cilindro pneumático

### 5.3 Etapa 3 - Elaboração do FMECA

Nesta etapa será utilizado como apoio a metodologia da Análise dos Modos de Falhas seus Efeitos e sua Criticidade. O objetivo é identificar e documentar todas as funções do sistema selecionado, as falhas funcionais, seus respectivos os modos de falha, os efeitos adversos, as causas do modo de falha e, por fim, fazer uma avaliação da criticidade.

Além de ser utilizado o gráfico de pareto para visualizar o nível de criticidade dos modos de falha conforme exemplificado na página 19, também utiliza-se da tabela de grau de risco para melhor visualização dos níveis de risco de cada modo de falha, e desta maneira auxiliar na tomada de decisão em quais ações deverão ser tratados com prioridade e quais impactos esses venham a ter no processo, na segurança, no meio ambiente, no custo, etc.

Tabela de grau de risco		
Faixas	Valores	
Crítico	343	1000
Alto	216	342
Médio	125	215
Baixo	1	124

Nas próximas seis páginas podem ser visto com mais detalhe o resultado do estudo.

<b>Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data:06/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:  Página 1 de 5
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_subsistema: 1.1

Id_Função	Função	Id_Falha_Funcional	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
1	Primária: Sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B	1	Não sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B	1.1	Ventosa rasgada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Colisão da ventosa; Desgaste natural; Manuseio incorreto; Falha na manutenção	5	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	10
				1.2	Mangueira rasgada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Colisão; Desgaste natural; Falha na manutenção	4	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	5	40
				1.3	Conexão quebrada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Colisão; Manuseio incorreto; vida útil; Falha na manutenção	6	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	12
				1.4	Falta de ventosa	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Falta de peça de reposição; Utilizar ventosa de uma garra montada (Desmantelar)	3	Controle de estoque/Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	6
				1.5	Ventosa errada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Falta de peça de reposição; Utilizar ventosa de uma garra montada (Desmantelar)	2	Controle de estoque/Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	10	40
				1.6	Ventosa solta	Robô da linha 3	Parada intermitente da linha	Tempo 10 min.	6	Trava quebrada; montagem incorreta; Falha de manutenção	1	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	6

Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)												
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)											
Auditado por:	Página 2 de 5											
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_sistema: 1											
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_subsistema: 1.1											
1 Primária: Sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B	Não sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B	1.7	Falta de conexão	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Falta de peça de reposição; Utilizar conexão de uma garra montada (Desmantelar)	2	Controle de estoque/Operacional tem controle	1	4
		1.8	Falta de mangueira	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 5 min.	2	Falta de peça de reposição; Utilizar conexão de uma garra montada (Desmantelar)	2	Controle de estoque/Operacional tem controle	3	12
		1.9	Mangueira não conectada (entre as conexões e as ventosas)	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 2 min.	2	Falha de manutenção; Componente danificado	2	Manutenção Preventiva/Operacional tem controle	1	4
		1.10	Má conexão da mangueira entre garra e baloneta (perfil redondo)	Robô da linha 3	Parada intermitente da linha	Tempo 15 min.	6	Falha operacional; Componente danificado	7	Manutenção Preventiva/Operacional sem controle	10	420
		1.11	Antena desalinhada	Robô da linha 3	Parada intermitente da linha	Tempo 3 min.	2	Colisão no manuseio da garra; Colisão durante o processo; Suporte de fixação danificado	7	Manutenção Preventiva/Operacional sem controle/ Controle de segurança da máq.	10	140
		1.12	Antena quebrada	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 10 min.	6	Colisão durante o processo automático ou manual	4	Controle de segurança da máq./Operacional sem controle	1	24
		1.13	Perfil quebrado	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 30 min.	8	Colisão durante o processo automático ou manual	2	Controle de segurança da máq./Operacional sem controle	1	16
		1.14	Perfil torto	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 30 min.	8	Colisão durante o processo automático ou manual	3	Controle de segurança da máq./Operacional sem controle	10	240



Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)														
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)													
Auditado por:	Página 4 de 5													
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_sistema: 1													
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_subsistema: 1.1													
2	Secundária: Tarefas necessárias para que a função primária seja alcançada	2	Não sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B	2.1	Montagem na posição incorreta da garra no robô	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 15 min.	8	Falta ou falha de procedimento; Falha de projeto (Poka yoke)	2	sem controle	10	160
				2.2	Utilização da garra incorreta (Modelo errado)	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 15 min.	8	Erro na preparação set up externo; Falta de gestão visual; Poka yoke	6	Operacional tem controle/Manutenção preventiva	3	144
				2.3	Garra mau alojada na baloneta	Robô da linha 3	Parada intermitente da linha	Tempo 30 min.	7	Falta de procedimento; Falha de projeto; erro na posição do alojamento da trava	5	Sem controle	10	350
				2.4	Garra solta (não travada na baloneta)	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 90 min.	8	Falha de procedimento; falta de sinalização que indique a garra solta; falha de manutenção	6	Manutenção preventiva/Operacional sem controle	10	480
				2.5	Falha na geração de vácuo	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 20 min.	8	Problema no gerador de vácuo; falha no conector, mangueiras e conexões pneumáticas danificadas	3	Manutenção preventiva	10	240
				2.6	Falha de trajetória	Robô da linha 3	Parada total da linha	Tempo 60 min.	8	Backup desatualizado; Perda de programa; robô baixou programa incorreto; Manuseio do robô por pessoas não autorizadas	9	Sem controle	10	720
				2.7	Matéria prima deslocada	Mesa abastecedora linha 3	Parada intermitente da linha	Tempo 15 min.	7	Abastecimento incorreto da MP na mesa abastecedora; Transporte incorreto; Fornecimento incorreto	9	Esquema de corte; acondicionamento da MP; Controle logístico; Controle operacional	3	189

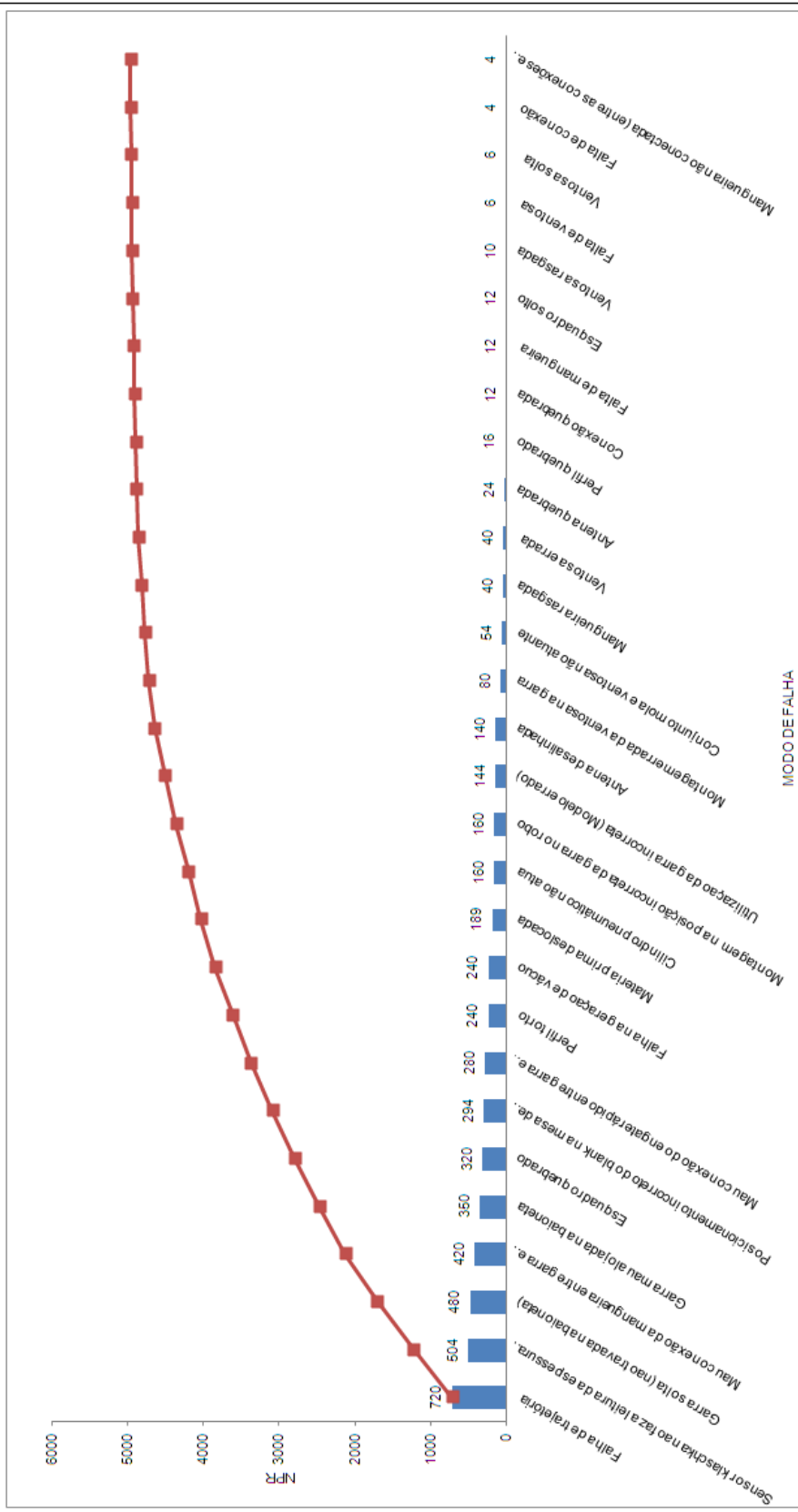
<b>Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Página 5 de 5
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_subsistema: 1.1

2	Secundária: Tarefas necessárias para que a função primária seja alcançada	2	Não sustentação da chapa durante a transferência do ponto A ao ponto B	2.8	Posicionamento incorreto do blank na mesa de bolas	Mesa de bolas linha 3	Parada intermitente da linha	Tempo 15 min. 7	MP empenada; Colocação do pino na posição errada; Trajetória errada; MP deslocada; Conjunto de esferas danificadas; Falta de esfera; Abastecimento incorreto; Depósito do último blank do fardo com plástico	Esquema de corte: acondicionamento da MP; Controle de qualidade; Operacional sem controle	6	294
---	--	---	--	-----	--	-----------------------	------------------------------	-----------------	--	---	---	-----

Tabela de grau de risco	
Faixas	Valores
Crítico	343 1000
Alto	216 342
Médio	125 215
Baixo	1 124



### Pareto dos modos de falha das garras da linha 3 - Estudo MCC 2012

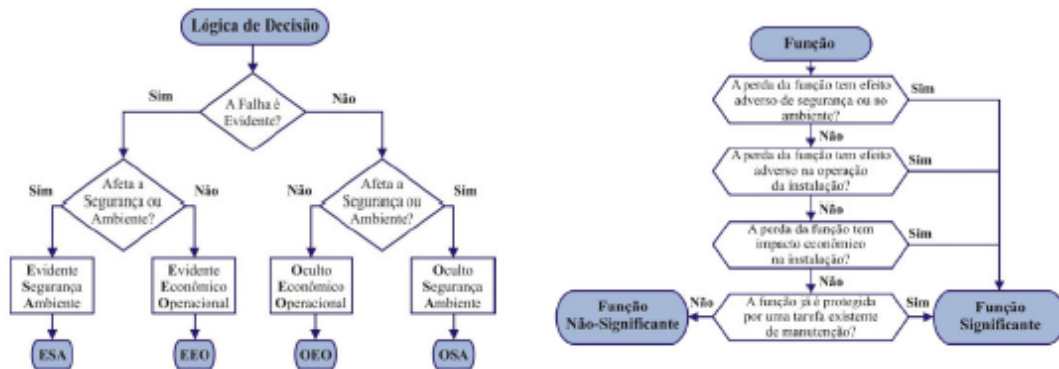


Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 20 de 41

#### 5.4 Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação dos Modos de Falhas

Nesta etapa a metodologia da MCC busca categorizar os efeitos da falha com base nos impactos gerados em aspectos relacionados a restrições de operação do sistema, riscos à segurança física, danos ao meio ambiente e à economia do processo. Esta classificação tem como objetivo priorizar o tratamento das falhas funcionais, centrando a atenção do processo de manutenção na prevenção dos modos de falha.

Para auxiliar a tomada de decisão durante o processo de categorização dos modos de falha, definição e seleção das funções significantes é utilizado as duas árvores de decisão mostradas a seguir:



<b>Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data:06/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 1 de 3
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Sistema: 1 Id_Subistema: 1.1

Id_Função	Id_Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha é Evidente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha afeta a Segurança e/ou o Meio Ambiente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha tem consequências Econômicas e/ou Operacionais?	Categoria
1	1	1.1	Ventosa rasgada	Sim	Não	Sim	EEO
		1.2	Mangueira rasgada	Sim	Não	Sim	EEO
		1.3	Conexão quebrada	Sim	Não	Sim	EEO
		1.4	Falta de ventosa	Sim	Não	Sim	EEO
		1.5	Ventosa errada	Sim	Não	Sim	EEO
		1.6	Ventosa solta	Sim	Não	Sim	EEO
		1.7	Falta de conexão	Sim	Não	Sim	EEO
		1.8	Falta de mangueira	Sim	Não	Sim	EEO

<b>Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data:06/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 2 de 3
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Sistema: 1  Id_Subistema: 1.1

1	1	Mangueira não conectada (entre as conexões e as ventosas)	Sim	Não	Sim	EEO
	1.10	Má conexão da mangueira entre garra e baioneta (perfil redondo)	Sim	Não	Sim	EEO
	1.11	Antena desalinhada	Sim	Não	Sim	EEO
	1.12	Antena quebrada	Sim	Não	Sim	EEO
	1.13	Perfil quebrado	Sim	Não	Sim	EEO
	1.14	Perfil torto	Sim	Não	Sim	EEO
	1.15	Esquadro solto	Sim	Não	Sim	EEO
	1.16	Esquadro quebrado	Sim	Não	Sim	EEO
	1.17	Má conexão do engate rápido entre garra e baioneta (perfil quadrado)	Sim	Não	Sim	EEO
	1.18	Cilindro pneumático não atua	Sim	Não	Sim	EEO
	1.19	Sensor Kiaschka não faz a leitura da espessura da chapa	Sim	Não	Sim	EEO
	1.20	Conjunto mola e ventosa não atuante	Sim	Não	Sim	EEO
1	1	Montagem errada da ventosa na garra	Sim	Não	Sim	EEO

<b>Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data:06/02/2012 Revisão: 00 Reisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 3 de 3
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Sistema: 1 Id_Subsistema: 1.1

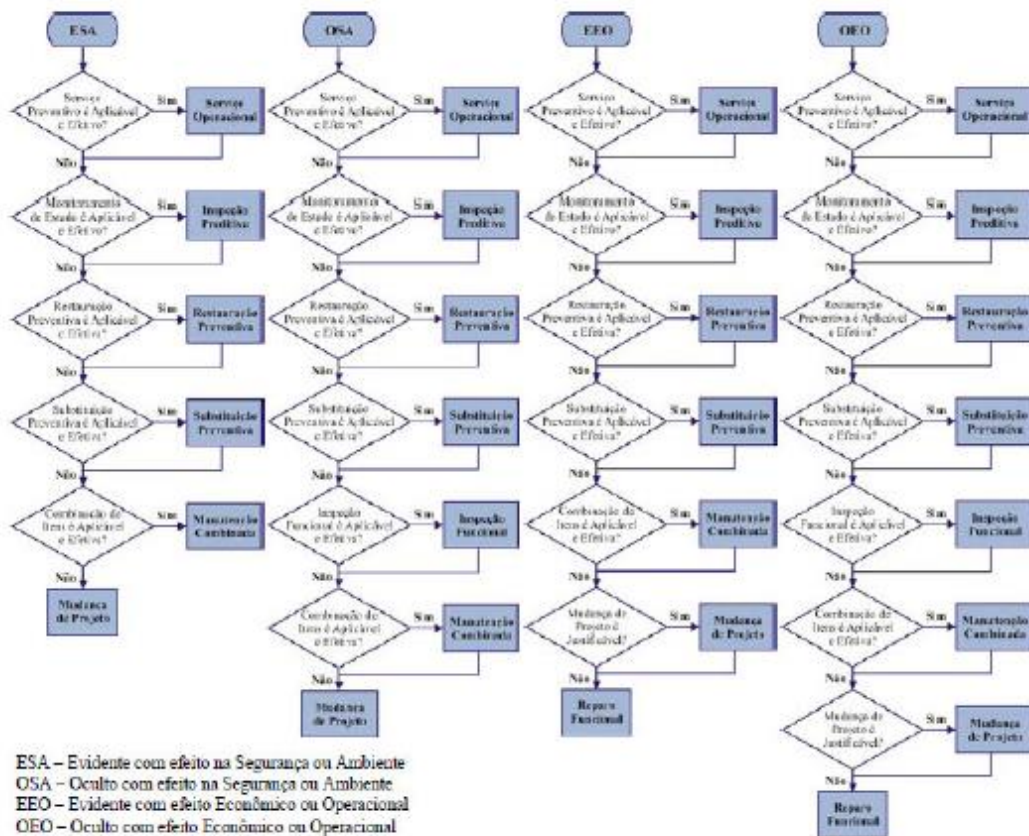
2	2.1	Montagem na posição incorreta da garra no robô	Sim	Não	Sim	EEO
	2.2	Utilização da garra incorreta (Modelo errado)	Sim	Não	Sim	EEO
	2.3	Garra mal alojada na baioneta	Sim	Não	Sim	EEO
	2.4	Garra solta (não travada na baioneta)	Sim	Não	Sim	EEO
	2.5	Falha na geração de vácuo	Sim	Não	Sim	EEO
	2.6	Falha de trajetória	Sim	Não	Sim	EEO
	2.7	Matéria prima deslocada	Sim	Não	Sim	EEO
	2.8	Posicionamento incorreto do blank na mesa de bolas	Sim	Não	Sim	EEO

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 24 de 41

**5.5 Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas**

Na etapa 5 de Seleção das Tarefas de Manutenção o objetivo é determinar quais as tarefas de manutenção são aplicáveis e efetivas para cada uma das funções significativas identificadas e caracterizadas na Etapa 4 – Classificação da Consequências.

Para auxiliar a tomada de decisão na escolha das tarefas em função da sua categoria é utilizada a lógica de seleção das tarefas de manutenção mostrada na figura abaixo.



<b>Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Engº processo)
Auditado por:	Data: 06/02/2012 Revisão: 00 Revisado por: Página 1 de 5
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Subsistema: 1.1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Consequência	Tarefas Possíveis								Tarefa Proposta	Id_Tarefa		
			Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto	Reparo Funcional				
1	1	1.1	Ventosa rasgada (EEO)	S	S								Operacional: Criar uma FTP para as garras para o setup externo, Treinamento (reciclagem anual), Acompanhamento dos gestores. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.1.1
		1.2	Mangueira rasgada (EEO)	S	S								Operacional: Criar uma FTP para as garras para o setup externo, Treinamento (reciclagem anual), Acompanhamento dos gestores. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.2.1
	1.3	Conexão quebrada (EEO)	S	S								Operacional: Criar uma FTP para as garras para o setup externo, Treinamento (reciclagem anual), Acompanhamento dos gestores. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.3.1	
	1.4	Falta de ventosa (EEO)	S									Operacional: Criar FTP para check list de setup externo, acompanhamento dos gestores. Determinar estoque de segurança.	1.4.1	
	1.5	Ventosa errada (EEO)	S	S								Identificar as ventosas. Criar projetos de garras. Determinar estoque de segurança. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.5.1	
	1.6	Ventosa solta (EEO)	S	S								Manutenção: Revisar tarefas da preventiva de garras. Operacional: Criar FTP para check list de setup externo, acompanhamento dos gestores.	1.6.1	

<b>Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Engª processo)
Auditado por:	Data: 06/02/2012 Revisão: 00 Revisado por: Página 2 de 5
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Subistema: 1.1

1.7	Falta de conexão (EEO)	S	S									Manutenção: Revisar tarefas da preventiva de garras. Operacional: Criar FTP para check list de setup externo, acompanhamento dos gestores. Determinar estoque de segurança.	1.7.1
1.8	Falta de mangueira (EEO)	S	S									Manutenção: Revisar tarefas da preventiva de garras. Operacional: Criar FTP para check list de setup externo, acompanhamento dos gestores. Determinar estoque de segurança.	1.8.1
1.9	Mangueira não conectada (entre as conexões e as ventosas) (EEO)	S	S									Manutenção: Revisar tarefas da preventiva de garras. Operacional: Criar FTP para check list de setup externo, acompanhamento dos gestores.	1.9.1
1.10	Má conexão da mangueira entre garra e baioneta (perfil redondo) (EEO)	S	S									Operacional: Criar FTP para setup interno. Manutenção: Inserir na preventiva de robô a inspeção da conexão da mangueira do robô.	1.10.1
1.11	Antena desalinhada (EEO)	S	S								S	Operacional: Revisar FTP do manuseio de garras e efetuar treinamento dos operadores. Padronização dos suportes (trilhos e copinhos) das garras.	1.11.1
1.12	Antena quebrada (EEO)	S	S							S	S	Operacional: Criar FTP operacional para o sistema automático e manual dos robôs e efetuar treinamento dos operadores. Estudo de viabilidade para inserir bit de bloqueio no programa dos robôs (sistema de anticolisão)	1.12.1
1.13	Perfil quebrado (EEO)	S	S								S	Operacional: Criar FTP operacional para o sistema automático e manual dos robôs e efetuar treinamento dos operadores. Estudo de viabilidade para inserir bit de bloqueio no programa dos robôs (sistema de anticolisão)	1.13.1



<b>Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel Cubas (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Engº processo)
Auditado por:	Data: 06/02/2012 Revisão: 00 Revisado por: Página 3 de 5
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Subsistema: 1.1

1	1.14	Perfil torto (EEO)	S															Operacional: Criar FTP operacional para o sistema automático e manual dos robôs e efetuar treinamento dos operadores. Estudo de viabilidade para inserir bit de bloqueio no programa dos robôs (sistema de anticollisão)	1.14.1
	1.15	Esquadro solto (EEO)	S															Operacional: Criar uma FTP para as garras para o setup externo, Treinamento (reciclagem anual), Acompanhamento dos gestores. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.15.1
	1.16	Esquadro quebrado (EEO)	S															Operacional: Criar uma FTP para as garras para o setup externo, Treinamento (reciclagem anual), Acompanhamento dos gestores. Manutenção: Detalhamento das tarefas da preventiva existente.	1.16.1
	1.17	Má conexão do engate rápido entre garra e baioneta (perfil quadrado) (EEO)	S															Operacional: Criar FTP para o sistema automático e manual dos robôs e efetuar treinamento dos operadores. Revisar FTP do manuseio de garras e efetuar treinamento dos operadores.	1.17.1
	1.18	Cilindro pneumático não atua (EEO)	S															Operacional: Criar FTP para o setup interno. Preventiva do robô: Detalhamento da tarefa de inspeção da baioneta. Criar um plano de manutenção para a baioneta. Padronização do perfil da garra (substituir o perfil quadrado pelo redondo). Estudo de viabilidade para eliminar engate rápido da garra.	1.18.1
1	1.19	Sensor klaschka não faz a leitura da	S															Preventiva: Incluir tarefa de inspeção do cilindro pneumática (Na L3 atualmente não há garra com cilindro). Substituir kit vedação do cilindro. Rodar até falhar.	1.19.1





<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 30 de 41

## 5.6 Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

O objetivo desta etapa é definir a periodicidade inicial das atividades de manutenção selecionadas na Etapa 5 e agrupar estas atividades de forma estratégica para otimizar as ações da equipe de manutenção.

Para melhor entendimento da etapa 6, nas próximas oito páginas pode ser visualizado o conteúdo do resultado da mesma.

Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 1 de 8
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Sistema: 1
	Id_Subistema: 1.1

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Tempo execução da tarefa	Equipe Responsável
1	1.1	1.1.1	A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	6min	Produção
			B	Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação das ventosas)	Todo set up	A	6min	Produção
			C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção
			D	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação das ventosas)	Semanal	C	10min	Manutenção (Automação)
	1.2	1.2.1	A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção
			B	Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação da mangueira)	Todo set up	A	3min	Produção
			C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção
			D	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação da mangueira)	Semanal	C	7min	Manutenção (Automação)
			E					
	1.3	1.3.1	A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção
			B	Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação das conexões)	Todo set up	A	3min	Produção

<b>Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 2 de 8
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Sistema: 1
	Id_Subistema: 1.1

1.3	1.3.1	C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção
		D	Inserir tarefa na MP das garras (Verificar estado de conservação das conexões)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)
1.4	1.4.1	A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção
		B	Executar check list set up externo. (Verificar ausência de ventosa na garra)	Todo set up	A	2min	Produção
		C	Determinar estoque máximo e mínimo	Evento único	Q	10dias	Manutenção
		D	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção
1.5	1.5.1	A	Elaborar sistema de identificação das ventosas	Evento único	P	60dias	Produção
		B	Estudo de viabilidade para criar projeto para as novas garras	Evento único	E	60dias	Engenharia de processo – Manufatura II
		C	Determinar estoque máximo e mínimo	Evento único	Q	10dias	Manutenção
		D	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	P	4min	Produção
1		A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção
		B	Executar check list set up externo. (Verificar fixação das ventosas)	Todo set up	A	2min	Produção
1.6	1.6.1	C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção
		D	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar fixação das ventosas)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)
		A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção
		B	Executar check list set up externo. (Verificar ausência de conexões na garra)	Todo set up	A	2min	Produção
1.7	1.7.1	C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção
		D	Determinar estoque máximo e mínimo	Evento único	Q	10dias	Manutenção
		E	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar ausência de conexões na garra)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)
1.8	1.8.1	A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção

Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 3 de 8
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Sistema: 1 Id_Subistema: 1.1

1	1	1.8	1.8.1	B	Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação da mangueira)	Todo set up	A	2min	Produção		
				C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção		
				D	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação da mangueira)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)		
				E	Determinar estoque máximo e mínimo	Evento único	Q	10dias	Manutenção		
				A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	2min	Produção		
				B	Executar check list set up externo. (Verificar se a mangueira está bem conectada entre as conexões)	Todo set up	A	2min	Produção		
				C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção		
				D	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar se a mangueira está bem conectada entre as conexões)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)		
				A	Executar a FTP de garras para o setup interno	Todo set up	R	1min	Produção		
				B	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	R	4min	Produção		
				C	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Inspeccionar mangueira e conexões da interface do robô)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)		
				D							
1.11	1.11.1	1.11.1.1	A	Executar a FTP de garras para o manuseio de garras	Todo set up	A	3min	Produção			
			B	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção			
			C	Padronizar os suportes (trilhos e copinhos) das garras.	Evento único	S	60dias	Manutenção			
D											
1.12	1.12.1	1.12.1.1	A	Executar FTP para operação dos robôs em sistema em automático e manual.	Constante	D	3min	Produção			
			B	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	D	10min	Produção			

<b>Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por: Página 4 de 8
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Subsistema: 1.1

1	1.12	1.12.1	C	Estudo de viabilidade para inserir bit de bloqueio no programa dos robôs (sistema de anticollisão)	Evento único	E	5dias	Manutenção			
			D	Instalação de bloqueio elétrico dos robôs (sistema anticollisão)	Evento único	T	30dias	Manutenção			
	1.13	1.13.1	A	Executar FTP para operação dos robôs em sistema em automático e manual.		D	3min	Produção			
			B	Efetuar Treinamento dos operadores.		D	10min	Produção			
	1.14	1.14.1	C	Estudo de viabilidade para inserir bit de bloqueio no programa dos robôs (sistema de anticollisão)	Evento único	E	5dias	Manutenção			
			D	Instalação de bloqueio elétrico dos robôs (sistema anticollisão)	Evento único	T	30dias	Manutenção			
	1.15	1.15.1	A	Executar FTP para operação dos robôs em sistema em automático e manual.	Constante	D	3min	Produção			
			B	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	D	10min	Produção			
	1.16	1.16.1	C	Estudo de viabilidade para inserir bit de bloqueio no programa dos robôs (sistema de anticollisão)	Evento único	E	5dias	Manutenção			
			D	Instalação de bloqueio elétrico dos robôs (sistema anticollisão)	Evento único	T	30dias	Manutenção			
	1.17	1.17.1	A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção			
			B	Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação e fixação do esquadro)	Todo set up	A	2min	Produção			
	1.18	1.18.1	C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção			
			D	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação e fixação do esquadro)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)			
	1.19	1.19.1	A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção			
			B	Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação do perfil)	Todo set up	A	2min	Produção			
1.20	1.20.1	C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção				
		D	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)				



<b>Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 5 de 8
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Sistema: 1 Id_Subistema: 1.1

1	1	conservação do perfil)									
		1.16	1.16.1	E	Executar FTP para operação dos robôs em sistema em automático e manual.	Constante	D	3min	Produção		
				F	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	D	10min	Produção		
				G							
				A	Executar a FTP de garras para o setup interno	Todo set up	R	1min	Produção		
				B	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	R	4min	Produção		
				C	Detalhamento da tarefa de inspeção da baioneta (Verificar estado de conservação da conexão e mangueira	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)		
		1.17	1.17.1	D	Estudo de viabilidade para padronização do perfil das garras (substituir o perfil quadrado pelo redondo).	Evento único	G		Manutenção		
				E	Estudo de viabilidade para eliminar engate rápido da garra.	Evento único	E	60dias	Manutenção		
				F							
				A	Preventiva: Incluir tarefa de inspeção do cilindro pneumática (Na L3 atualmente não há garra com cilindro).	*****	*****	*****	Atualmente não há garra com cilindro pneumático na L3.		
		1.18	1.18.1	B	Substituir kit vedação do cilindro.	*****	*****	*****	Atualmente não há garra com cilindro pneumático na L3.		
				C							
				D	Executar FTP do set up externo e interno para o Klaschka.	Todo setup	U	5min	Produção		
				A	Efetuar treinamento dos operadores	Quinzenal	U	4min	Produção		
				B	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação do sensor klaschka)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)		
1.19	1.19.1		Estudo de viabilidade para instalação do sensor klaschka fixo no robô conforme L2	Evento único	E	30dias	Manutenção				
		C	Estudo de viabilidade para instalação cabos e conectores fixos na garra	Evento único	E	30dias	Manutenção				

## Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:	Página 6 de 8
Auditado por:	Id_Sistema: 1
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Id_Subistema: 1.1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	

1	1	1.20	1.20.1	D	Estudo de viabilidade para instalação de cabo espiral para o klaschka.	Evento único	E	30dias	Manutenção			
				A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção			
				B	Executar check list set up externo. (Verificar estado de conservação e funcionamento do conjunto mola e ventosa)	Todo set up	A	2min	Produção			
				C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção			
				D	Estudo de viabilidade para redução dos componentes (conj. Mola) das garras em especial do robô 2 (Não aplicável na L3).	*****	*****	*****	Atualmente não é aplicável na linha 3.			
1	1.21	1.21.1	E	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Verificar estado de conservação e funcionamento do conjunto mola e ventosa. Lubrificar)	Semanal	C	5min	Manutenção (Automação)				
			A	Criar tabela de ventosas com gestão visual através de codificação.	Evento único	F	30dias	Produção/Manutenção				
			B	Executar FTP para montagem correta da ventosa na garra. (Manutenção)	Esporádico	X	2min	Manutenção				
			C	Estudo de viabilidade para criar projeto para as novas garras	Evento único	E	7dias	Engenharia de processos – Manufatura II				
2	2.1	2.1.1	D									
			A	Executar a FTP de garras para o setup interno	Todo set up	R	2min	Produção				
			B	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	R	4min	Produção				
			C	Criar poka yoke (instalação de sistema de travamento das garras conforme ao instalado na linha 2).	Evento único	V	7dias	Manutenção				
2	2.2	2.2.1	D									
			A	Executar a FTP de garras para o setup externo	Todo set up	A	3min	Produção				
			B	Executar check list set up externo. (Verificar se a garra está correta para próxima produção)	Todo set up	A	2min	Produção				
			C	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	B	4min	Produção				
				D	Estudo de viabilidade para identificação eletrônica das garras.	Evento único	E	90dias	Manutenção			

Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 7 de 8
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Sistema: 1 Id_Subistema: 1.1

		E	Estudo para melhorar a gestão visual das garras.	Evento único	E	30dias							Produção
		A	Executar a FTP de garras para o setup interno	Todo set up	R	3min							Produção
		B	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	R	4min							Produção
2.3	2.3.1	C	Criar poka yoke (instalação de sistema de travamento das garras conforme ao instalado na linha 2).	Evento único	V	7dias							Manutenção
		D											
		E											
		A	Executar a FTP de garras para o setup interno	Todo set up	R	3min							Produção
		B	Efetuar Treinamento dos operadores.	Quinzenal	R	4min							Produção
2.4	2.4.1	C	Criar poka yoke (instalação de sistema de travamento das garras conforme ao instalado na linha 2).	Evento único	V	7dias							Manutenção
		D	Detalhamento das tarefas da preventiva existente. (Inspeccionar estado de conservação e funcionamento da trava das garras na baioneta)	Semanal	C	5min							Manutenção (Automação)
2	2.5	2.5.1	A	Detalhamento da tarefa da preventiva existente do robô. (Inspeccionar estado de conservação e funcionamento do gerador de vácuo)	Trimestral	C	10min						Manutenção (Automação)
		D											
		A	Criar plano de manutenção para os backups dos programas do cubo.	Semanal	H	30min							Manutenção
		B	Criar plano de manutenção para os backups do programa dos robôs.	Semanal	H	30min							Manutenção
2.6	2.6.1	C	Criar documento informativo de restrição do manuseio do robô por pessoas não autorizadas e deixar em local visível.	Evento único	I	30min							Manutenção
		D	Efetuar treinamento dos operadores	Quinzenal	I	5min							Manutenção
2.7	2.7.1	A	Executar FTP para abastecimento de MP na mesa.	Todo abastecimento	O	5min							Produção
		B	Efetuar treinamento dos operadores	Quinzenal	O	5min							Produção

<b>Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção</b>	
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Fabio Roberto (Manutenção), Ronaldo Muniz (Manutenção), Bruno (Produção), Cristiano (Produção), Daniel (Manutenção), Thiago (Qualidade) e Geovani (Eng.º processo)
Auditado por:	Data: 12/02/2012 Revisão: 00 Revisado por:
Sistema: Garra pneumática dos robôs da linha 3	Página 8 de 8 Id_Sistema: 1
Subsistema Analisado: Estrutura da garra (ventosas, perfil de alumínio, molas, cilindro pneumático, mangueira e conexões pneumáticas)	Id_Subistema: 1.1

2.7	2.7.1	C	Elaborar indicador de perdas por MP deslocada (quantidade X custos).	Evento único	J	1dia	Produção
		D	Alimentar indicador de perdas por MP deslocada (quantidade X custos).	Diário	J	1h	Produção
2	2.8	E	Efetuar estudo de viabilidade para criar localização de pallet na mesa abastecedora.	Evento único	E	60dias	Engenharia de processo – Manufatura II
		F	Incluir na auditoria escalonada indicador de eficiência do check list de matéria prima deslocada	Evento único	L	5min	Gestor QSB
		A	Padronizar ficha de processo para o posicionamento dos pinos.	Evento único	M	1hora	Engenharia de processo – Manufatura II
		B	Padronização dos pinos da mesa de bolas semelhante o da linha 1.	Evento único	N	30dias	Manutenção
2.8	2.8.1	C	Padronizar o esquema de corte para utilizar plástico ondulado no último blank (entre o blank e o pallet).	Evento único	M	60dias	Engenharia de processo – Manufatura II
		D	Efetuar estudo de aceitação (pelo fornecedor) do último blank do fardo sendo descartado.	Evento único	E	60dias	Engenharia de processo – Manufatura II

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 39 de 41

### 5.7 Etapa 7 - Elaboração do Manual de Implantação da MCC

O objetivo desta etapa é redigir o manual de implementação do sistema ao qual a MCC será aplicada incluindo: descrição detalhada do sistema e suas partes componentes, o critério para seleção do sistema, a equipe do estudo, os patrocinadores do estudo, o cronograma, a metodologia de implantação, considerações e conclusões das etapas anteriores, a política de manutenção para os itens cujas funções foram definidas como significantes na etapa 4. Planejar, estruturar e implementar as ações propostas pelo programa da MCC, levando em conta as necessidades e limitações da empresa/sistema e a estratégia de implementação.

O ponto fundamental é a garantia da sistematização dos novos planos de manutenção através do adequado cadastramento no sistema informatizado da manutenção e a realização de um plano de comunicação entre às partes envolvidas, a exemplo de executores, supervisores, planejadores e gerentes.

### 5.8 Etapa 8 - Acompanhamento e Realimentação

O objetivo desta etapa é fazer o acompanhamento das ações implantadas através de indicadores de performance para que seja possível visualizar a eficácia destas ações, e também efetuar a revisão do estudo caso haja alguma modificação no sistema estudado ou evidencie-se resultado com baixa ou nenhuma eficácia.

Nesta etapa também é definida uma política de auditoria baseada nas normas SAE JA 1011 e SAE JA 1012 a fim de validar que o estudo realizado atendeu os requisitos mínimos exigidos pelas normas e, este possa ser chamado de Manutenção Centrada na Confiabilidade.

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 40 de 41

## 6 CONCLUSÃO

A implementação da MCC não se esgota na formulação do plano de manutenção. A MCC é um processo contínuo onde o plano é periodicamente revisado em função dos dados de falhas e de reparos, que devem ser continuamente coletados de forma consistente e mantidos em um banco de dados. A importância deste banco de dados de falha e de reparo de onde se possam extrair as vantagens potenciais da MCC, particularmente no que concerne à determinação dos intervalos mais apropriados para a realização das diversas tarefas de MP. É importante salientar que a inexistência desse banco não inviabiliza a implementação da MCC, pois assim mesmo, esta metodologia traz vantagens substanciais sobre o processo tradicional menos estruturado de planejamento da MP.

Outro fator ponderante para se obter resultados positivos é a aceitação do trabalho, o apoio pela alta gerência e o comprometimento de todos os envolvidos com o resultado final da empresa.

Durante o período de estudo da MCC foi possível identificar os pontos fracos e os pontos forte conforme comentados a seguir:

- Pontos fortes:
  - Pessoal da equipe comprometido com estudo;
  - Conhecimento aprofundando do sistema em estudo;
  - Visão sistêmica da rede causal das falhas;
  - Conhecimento dos pontos vulneráveis do processo de setup interno e externo das garras;
  - Objetivos e metas aceitos e difundidos.
  
- Pontos fracos:
  - Ausência de integrantes da equipe nas reuniões;
  - Alteração dos membros da equipe original;
  - Ausência de um gestor da produção na equipe de estudo.

<b>Manual de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC</b>		
Responsável pela Análise: Fabio Roberto	Equipe: Manufatura 2	Data: 02/04/2012
Auditado por:		Página 41 de 41

## REFERÊNCIAS

MOUBRAY, J. **Reliability centered maintenance**. 2 ed. Nova York: Editora Industrial Press, 2001.

RIGONI, Emerson. **Metodologia para implantação da manutenção centrada na confiabilidade: uma abordagem fundamentada em sistemas baseados em conhecimento e lógica fuzzy**. 2009. 342 f. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade manual de implementação**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

## APÊNDICE B – PLANO DE AÇÕES DO ESTUDO DA MCC

Planilha de ações resultado do estudo da MCC realizado em um sistema piloto de uma empresa do ramo de autopeças.

PLANO DE AÇÕES MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE - SISTEMA PILOTO - GARRAS DOS ROBÔS DA LINHA 3										
Item	Descrição do problema	Descrição das ações	Responsável	Prazo	Data Início	Data Fim	Evolução			
							25%	50%	75%	100%
1	Plano de manutenção com tarefas incompletas e não contempla o bloqueio de todos os modos de falhas	Revisão do plano de manutenção das garras conforme requisitos do estudo da MCC	Paulo	15dias	30/4/12	14/5/12				
2	Plano de manutenção com tarefas incompletas e não contempla o bloqueio de todos os modos de falhas	Efetuar treinamento dos técnicos de manutenção para atender a nova diretriz do plano de manutenção das garras	Ronaldo Muniz	3dias	16/5/12	18/5/12				
3	Garra danifica mediante colisão do robô com a prensa	Estudo de viabilidade para inserir bit de bloqueio no programa dos robôs (sistema de anticolisão)	Daniel Cubas	5dias	2/5/12	9/5/12				
4	Mã conexão do engate rápido entre garra e baioneta (perfil quadrado)	Estudo de viabilidade para eliminar engate rápido da garra	Ronaldo Muniz	3dias	21/5/12	23/5/12				
5	Mã conexão do engate rápido entre garra e baioneta (perfil quadrado)	Estudo de viabilidade para padronização do perfil das garras (substituir o perfil quadrado pelo redondo).	Ronaldo Muniz	3dias	21/5/12	23/5/12				
6	Sensor klaschka não faz a leitura da espessura da chapa	Estudo de viabilidade para instalação do sensor klaschka fixo no robô conforme L2.	Daniel Cubas	3dias	14/5/12	16/5/12				
7	Sensor klaschka não faz a leitura da espessura da chapa	Estudo de viabilidade para instalação cabos e conectores fixos na garra.	Daniel Cubas	3dias	14/5/12	16/5/12				
8	Sensor klaschka não faz a leitura da espessura da chapa	Estudo de viabilidade para instalação de cabo espiral para o klaschka.	Daniel Cubas	3dias	14/5/12	16/5/12				
9	Utilização da garra incorreta (Modelo errado)	Estudo de viabilidade para identificação eletrônica das garras.	Ronaldo Muniz	90dias	4/6/12	4/9/12				
10	Falha de trajetória	Criar plano de manutenção para os backups dos programas do cube.	Paulo	2dias	30/4/12	1/5/12				
11	Falha de trajetória	Criar plano de manutenção para os backups do programa dos robôs.	Paulo	2dias	30/4/12	1/5/12				
12	Falha de trajetória	Criar documento informativo de restrição do manuseio do robô por pessoas não autorizadas e deixar em local visível. Treinar operadores	Ronaldo Muniz	1dia	30/4/12	30/4/12				
13	Posicionamento incorreto do blank na mesa de bolas	Padronização dos pinos da mesa de bolas semelhante o da linha 1.	Ronaldo Muniz	30dias	19/4/12	19/5/12				
14	Falta de material no estoque (ventosas, conexões e mangueira pneumática)	Determinar estoque máximo e mínimo de ventosas e conexões pneumática	Ronaldo Muniz	60dias	30/4/12	30/6/12				
15	Garras mal alojadas	Padronizar os suportes (trilhos e copinhos) das garras.	Nélvio	60dias	14/5/12	14/7/12				
16	Garra danifica mediante colisão do robô com a prensa	Instalação de bloqueio elétrico dos robôs (sistema anticolisão).	Daniel Cubas	6dias	21/5/12	25/5/12				
17	Garra mal alojada e solta na baioneta	Criar poka yoke (instalação de sistema de travamento das garras conforme ao instalado na linha 2).	Ronaldo Muniz	60dias	7/5/12	12/7/12				
18	Não há padronização no serviço de preparação das garras para produção	Elaborar FTP de garras para set up externo atendendo todos os requisitos do estudo da MCC	Nélvio	7dias	2/5/12	9/5/12				
19	Check list de garras muito simplório. Não atende o bloqueio de todos os modos de falhas	Elaborar Check list detalhado de garras para set up externo atendendo todos os requisitos do estudo da MCC	Bruno	7dias	2/5/12	9/5/12				
20	Dificuldades na realização das tarefas e falta de acompanhamento sistemático destas atividades	Efetuar treinamento periódico dos operadores para execução da FTP e do check list de garras para o set up externo	Nélvio	2dias	10/5/12	11/5/12				
21	Falta de procedimento para operação dos robôs. Garras danificadas por colisão dos robôs com a prensas	Elaborar FTP para operação dos robôs manual e automático atendendo todos os requisitos do estudo da MCC.	Daniel Cubas	2dias	26/4/12	27/4/12				
22	Falta de procedimento para operação dos robôs. Garras danificadas por colisão dos robôs com a prensas	Efetuar treinamento periódico dos operadores para execução da FTP para operação dos robôs	Daniel Cubas	1dia	30/4/12	30/4/12				
23	Utilização da garra incorreta (Modelo errado)	Melhorar a gestão visual das garras	Nélvio	60dias	14/5/12	14/7/12				
24	Montagem errada da ventosa e instalação de ventosa incorreta	Criar tabela de ventosas com gestão visual através de codificação	Nélvio	30dias	15/5/12	15/6/12				
25	Montagem errada da ventosa e instalação de ventosa incorreta	Elaborar FTP para montagem correta das ventosas na garras atendendo todos os requisitos do estudo da MCC	Daniel Cubas	2dias	24/4/12	25/4/12				
26	Montagem errada da ventosa e instalação de ventosa incorreta	Estudo de viabilidade para criar projeto para as novas garras	Geovani	60dias	6/8/12	5/10/12				
27	Falha de vácuo motivada por matéria prima deslocada	Elaborar indicador de perdas por MP deslocada (quantidade X custos). Alimentar indicador diariamente.	Ronaldo Muniz	5dias	23/4/12	27/4/12				
28	Matéria prima deslocada	Executar FTP para abastecimento de MP na mesa	Bruno	2dias	23/4/12	24/4/12				
29	Matéria prima deslocada	Efetuar treinamento periódico dos operadores para execução da FTP para abastecimento da MP	Nélvio	3dias	2/5/12	4/5/12				
30	Não há padronização para serviço de set up interno das garras	Elaborar FTP de garras para o setup interno atendendo todos os requisitos do estudo da MCC	Nélvio	2dias	26/4/12	27/4/12				
31	Não há padronização para serviço de set up interno das garras	Efetuar treinamento periódico dos operadores para execução da FTP para set up interno das garras	Nélvio	3dias	2/5/12	4/5/12				
32	Sensor klaschka não faz a leitura da espessura da chapa	Elaborar FTP do set up externo e interno para o Klaschka atendendo todos os requisitos do estudo da MCC	Daniel Cubas	2dias	23/4/12	24/4/12				
33	Sensor klaschka não faz a leitura da espessura da chapa	Efetuar treinamento periódico dos operadores para execução da FTP para set up externo e interno para o sensor klaschka	Daniel Cubas	1dia	25/4/12	25/4/12				
34	Matéria prima deslocada na mesa	Efetuar estudo de viabilidade para criar localização de pallet na mesa abastecedora	Geovani	60dias	2/5/12	3/8/12				
35	Posicionamento incorreto do blank na mesa de bolas	Padronizar ficha de processo para o posicionamento dos pinos	Geovani	1dia	2/5/12	2/5/12				
36	Posicionamento incorreto do blank na mesa de bolas	Padronizar o esquema de corte para utilizar plástico ondulado no último blank (entre o blank e o pallet)	Geovani	60dias	2/5/12	27/12				
37	Posicionamento incorreto do blank na mesa de bolas	Efetuar estudo de acatização (pelo fornecedor) do último blank do fardo sendo descartado	Geovani	60dias	2/5/12	27/12				
38	Matéria prima deslocada na mesa	Incluir na auditoria e escalonada indicador de eficiência do check list de matéria prima deslocada	Ronaldo Muniz	1dia	27/4/12	27/4/12				



## APÊNDICE C – PLANILHA DO TESTE DE ADERÊNCIA

Planilha com as perguntas e respostas do teste de aderência juntamente com o gráfico de radar evidenciando os pontos fortes e os pontos francos e as ações recomendadas.

Crerios	Quesitos a serem ponderados	Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
<b>Crerrio 1 (C1) – Disponibilidade da Informaço/Recursos</b>	Q1 Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequaço da MCC), do procedimento de referncia para implantaço da MCC, esto disponiveis.	10	8		
	Q2 Existe uma documentaço consistente das aões de manutenço.	8	8		
	Q3 Os sistemas candidatos a implantaço da MCC possuem uma documentaço tcnica adequada.	8	8		
	Q4 O planejamento estratgico da empresa, com relaço à manutenço, est documentado de forma audivel e contempla a manutenço e a implantaço da MCC	7	8	Ainda no foi implatado a manutenço centrada na confiabilidade	Elaborar estudo de viabilidade para implantaço da MCC
<b>Crerrio 2 (C2) – Condiço e Desempenho Atual da Manutenço</b>	Q1 O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenço Baseada na Condiço e significativo quando comparado à Manutenço Preventiva Sistemtica (baseada no tempo) ou Corretiva.	9	8		
	Q2 O desempenho atual da manutenço e satisfatrio e homogneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada para o desempenho de sua funço.	8	8		
	Q3 Historicamente o nmero de operadores, no cho de fbrica, e pequeno quando comparado a sistemas similares.	9	8		
	Q4 Os custos diretos e indiretos devidos à manutenço so altos com o sistema atual de gesto da manutenço quando comparados a outros sistemas similares.	9	8		
<b>Crerrio 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte</b>	Q1 Para auxiliar a implantaço do programa de MCC, um sistema computacional de automaço de escritrio e estar disponivel com as seguintes funcionalidades: desenho tcnico, processamento de texto, banco de dados e planilhas eletrnicas.	10	8		
	Q2 Existe um sistema de gesto da informaço integrado, implantado na empresa, que atende de forma satisfatria as necessidades do setor/equipe de manutenço.	9	8		
	Q3 A gesto da manutenço conta com um sistema computacional adequadamente dimensionado para o tamanho da empresa e do sistema que se quer implantar a MCC.	9	8		
	Q4 O sistema computacional de gesto da manutenço e de uso amigavel, toda a equipe possui treinamento adequado para utiliz-lo e sua utilizao faz parte da rotina de trabalho da equipe de manutenço.	10	8		
	Q5 O sistema computacional de gesto da manutenço permite integraço com softwares especificos de implantaço e gesto da MCC. Caso contrrio, conta com no mnimo as seguintes funcionalidades: incluso de novas tarefas com periodos customizados; controle estatstico da manutenço; e agrupamento de tarefas de manutenço de forma otimizada.	10	8		
<b>Crerrio 4 (C4) – Cultura da Manutenço/ Empresa</b>	Q1 O setor e/ou equipe de manutenço atual registra suas aões de forma suficientemente detalhada para suportar uma anlise estatstica de tais aões.	5	8	Ainda so poucos que registram as suas aões detalhadamente	Treinamento e conscientizaço da importncia do historico detalhado das intervenções e efetuadas
	Q2 A manutenço tem funço estratgica dentro da empresa e ocupa um lugar de destaque na estrutura organizacional.	6	8	A manutenço fica em segundo plano	Evidenciar mediante a indicadores o impacto da falta de gesto estratgia para a gesto dos ativos
	Q3 A equipe e/ou setor de manutenço, em suas diferentes categorias profissionais, so motivados, cooperativos e conscientes de seu papel estratgico dentro de empresa.	8	8		
	Q4 Outras metodologias de gesto da manutenço foram previamente adotadas e/ou estudadas e culminaram com a adoo da MCC, por ser de custo/beneficio mais vantajosa.	8	8		
	Q5 O atual programa de manutenço e continuamente atualizado e auditado por pessoal interno ou externo à empresa ou setor de manutenço.	8	8		
<b>Crerrio 5 (C5) – Gerenciamento Estratgico da Manutenço</b>	Q1 Existe um oramento para viabilizar a implantaço da MCC e que supra as seguintes necessidades: treinamento do pessoal dentro da filosofia da MCC; disponibilidade de recursos humanos; implantaço de aões preditivas; e implementaço de sistemas computacionais de suporte a MCC, caso necessrio.	8	8		
	Q2 As decises referentes as estratgias de gesto da manutenço esto em conformidade e tem suporte por outros setores da empresa, o que caracteriza o bom relacionamento institucional.	8	8		
	Q3 Os nveis gerenciais veem a manutenço como investimento e no como um custo.	6	8	A manutenço ainda e vista como custo	Evidenciar mediante a indicadores o impacto da falta de gesto estratgia para a gesto dos ativos
	Q4 A MCC e visualizada como parte de um processo geral/global de gerenciamento da manutenço, com mtodos e tcnicas, podendo coexistir outras metodologias de gesto da manutenço em paralelo ou integradas à MCC.	8	8		
	Q5 Grande parte da manutenço e terceirizada, entretanto, seus controles, registros e demais itens de gesto esto a cargo da empresa ou seu representante.	10	8		

