

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

**ANDRÉ FELIPE DA SILVA**

**ESTUDO PROSPECTIVO DE METODOLOGIAS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE MCC NA ÁREA DE INJEÇÃO DE POLÍMEROS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA**

**2018**

**ANDRÉ FELIPE DA SILVA**

**ESTUDO PROSPECTIVO DE METODOLOGIAS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE MCC NA ÁREA DE INJEÇÃO DE POLÍMEROS**

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

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

**CURITIBA**

**2018**



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### ESTUDO PROSPECTIVO DE METODOLOGIAS PARA IMPLANTAÇÃO DE MCC NA ÁREA DE INJEÇÃO DE POLÍMEROS

por

ANDRÉ FELIPE DA SILVA

Esta monografia foi apresentada em 05 de outubro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.  
Professor Orientador - UTFPR

---

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

---

Prof. Marcelo Rodrigues Dr.  
Membro Titular da Banca - UTFPR

## RESUMO

SILVA, André Felipe. **ESTUDO PROSPECTIVO PARA IMPLANTAÇÃO DA MCC NA ÁREA DE INJEÇÃO DE POLÍMEROS**. 2018. 42. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Este trabalho propõe o estudo entre 4 diferentes metodologias (Nowlan e Heap, Smith e Hinchcliffe, Moubray e SAE JA1011/JA1012) de implantação de um sistema de manutenção centrada em confiabilidade na área de injeção de polímeros. Em geral falhas em injeção de polímeros representam paradas de produção representativas assim como a perda de matéria prima devido ao desligamento do equipamento. Além disso por se tratar normalmente do processo inicial de fabricação em uma empresa de plásticos, paradas nessa área podem ocasionar interrupções em todo o processo produtivo causando grandes perdas de faturamento. O estudo se dará pela apresentação das metodologias de implantação da MCC existentes e verificar a metodologia que mais se enquadra para aplicação em injeção de polímeros. A escolha da metodologia depende não apenas de questões técnicas, mas também da gerência da empresa, neste aspecto as normas SAE JA1011 e SAE JA1012 possuem suas etapas definidas de forma a descrever as atividades técnicas necessárias e também as tarefas de gestão associadas a implementação de um programa de manutenção centrado em confiabilidade.

**Palavras-chave:** Manutenção Centrada em Confiabilidade, Injeção de Polímeros, Confiabilidade.

## ABSTRACT

SILVA, André Felipe. **PROSPECTIVE STUDY FOR IMPLANTATION OF RCM IN THE POLYMER INJECTION AREA.** 2018. 42. (Specialization Course in Reliability Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2018.

This final paper proposes the study of 4 different methodologies (Nowlan and Heap, Smith and Hinchcliffe, Moubray and SAE JA1011/JA1012) for the implementation of a maintenance system focused on reliability in the field of polymer injection. In general, polymer injection failures represent considerable production stops as well as the loss of raw material due to equipment shutdown. In addition, because it is usually the initial manufacturing process in a plastics company, stops in this area can cause interruptions throughout the production process causing large financial losses. The study will be made by presenting existing RCM implementation methodologies and propose to the application of the methodology that best fits for application in polymer injection. The choice of methodology depends not only on technical issues, but also on the management of the company. In this respect SAE JA1011 and SAE JA1012 have their stages defined in order to describe the necessary technical activities and also the management tasks associated with the implementation of a reliability-based maintenance program

**Keywords:** Reliability Centered Maintenance, Polymers Injection, Reliability

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Componentes do processo de injeção.....	14
Figura 3.1 - Evolução da Manutenção ao logo do tempo. ....	17
Figura 3.2 - Metodologia para implementação da MCC - Nowlan e Heap.....	21
Figura 3.3 - Metodologia para implementação da MCC – Moubray (2001).....	22
Figura 3.4 - Metodologia para implementação da MCC – Smith e Hinchcliffe (2004).24	
Figura 3.5 - Metodologia para implementação da MCC – SAE JA1011/JA1012.....	26
Figura 4.1 - Representação dos modos de falha para o exemplo citado.....	30
Figura 4.2– Variação da probabilidade de falhas com o tempo.....	32
Figura 4.3 - Curva P-F.....	35

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS**

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

FAA – Federal Aviation Agency

MSG – Maintenance Steering Group

ABNT – Agência Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

RCM – Reliability Centered Maintenance

SAE - Society of Automotive Engineers

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1	TEMA .....	9
1.2	OBJETIVO.....	10
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	10
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
1.3	JUSTIFICATIVA .....	11
1.4	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	11
<b>2</b>	<b>INJEÇÃO PLÁSTICA – INDÚSTRIA AUTOMOTIVA .....</b>	<b>12</b>
2.1	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	14
<b>3</b>	<b>MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIBALIDADE.....</b>	<b>15</b>
3.1	HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO .....	15
3.2	EVOLUÇÃO DO MCC .....	17
3.3	METODOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA MCC .....	19
3.3.1	METODOLOGIA PROPOSTA POR NOWLAN E HEAP .....	20
3.3.2	METODOLOGIA PROPOSTA POR MOUBRAY .....	21
3.3.3	METODOLOGIA PROPOSTA POR SMITH E HINCHCLIFFE .....	22
3.3.4	METODOLOGIA PROPOSTA PELA SAE JA1011/JA1012 .....	24
3.3.5	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	26
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>26</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DE MANUTENÇÃO NO SETOR DE INJEÇÃO DE POLÍMEROS.....	27
4.2	ESCOLHA DE UM MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO À SER SEGUID .....	27
4.3	ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO CONSIDERANDO A APLICAÇÃO. ....	28
4.3.1	ETAPA 1: FUNÇÕES .....	28
4.3.2	ETAPA 2: FALHAS FUNCIONAIS.....	29
4.3.3	ETAPA 3: MODOS DE FALHAS .....	29
4.3.4	ETAPA 4: EFEITOS DAS FALHAS .....	30
4.3.5	ETAPA 5: CONSEQUÊNCIA DAS FALHAS .....	31
4.3.6	ETAPA 6: POLÍTICA DE GERENCIAMENTO DE FALHAS.....	31
4.3.7	ETAPA 7: GERENCIAMENTO DAS CONSEQUÊNCIAS DE FALHAS..	33
4.3.8	ETAPA 8: PROGRAMAÇÃO DE TAREFAS.....	34
4.3.9	ETAPA 9: REPROJETO E MANUTENÇÃO CORRETIVA. ....	36
4.3.10	ETAPA 10: SELEÇÃO DAS TAREFAS. ....	37
4.4	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	39
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>40</b>
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	41
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>



# 1 INTRODUÇÃO

As fábricas têm se tornado cada vez mais automatizadas e com sistemas mais complexos de funcionamento, juntamente a isso os volumes de produção assim como exigências de qualidade crescem, fazendo com que pequenas interrupções possam causar grandes perdas. Esses avanços na indústria fazem com que a manutenção se coloque em evidência. (XENOS, 1998).

## 1.1 TEMA

As políticas manutenção atualmente buscam não apenas reparar as condições originais de funcionamento de certo equipamento ou sistema quando existe a perda da função ou eficiência, mas também investigar as causas destas perdas, tentando se antecipar as ocorrências obtendo-se o menor impacto possível no sistema produtivo.

Para se alcançar níveis de manutenção satisfatórios e que correspondam às expectativas do mercado atual e evolução dos métodos de manutenção, se faz necessário o uso de ferramentas de análise de manutenção, uma destas ferramentas é a MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade).

Segundo Moubray, 2000, a MCC é um método que determina as atividades que devem ser feitas à fim de garantir que qualquer ativo físico continue a cumprir sua função. Ainda nesta análise Moubray (2001 p.7) propõe que a MCC deve responder as seguintes 7 perguntas:

1. Quais são as funções associadas e os padrões de desempenho associados ao ativo no seu contexto operacional atual?
2. De que forma o ativo falha em cumprir suas funções?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. Qual o impacto dos efeitos do modo de falha no meio ambiente, na segurança, na operação do sistema e na economia do processo?
6. O que pode ser feito para prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa aplicável e efetiva adequada?

Um importante ponto na implantação da metodologia de MCC é analisar as diferentes abordagens de implantação e gestão do MCC. Siqueira (2005) sugere ainda uma oitava pergunta a ser respondida:

8. Qual a frequência ideal para as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas?

Essas perguntas norteiam as etapas e atividades que um programa de MCC deve levar em consideração, pois consideram desde as causas e consequências de uma falha até situações em que não são encontradas tarefas aplicáveis ao modo de falha.

Dentro dos estudos existentes sobre MCC já realizados, existem diferentes metodologias de implementação que podem ser utilizados, no entanto para cada aplicação deve ser fazer um estudo de qual metodologia mais se adequa, nos objeto de estudo deste trabalho, o qual trata do processo de injeção plástica, busca-se responder a questão: qual metodologia utilizar na implementação da MCC em um setor de injeção plástica da indústria automotiva?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar qual a melhor metodologia à se aplicar em um setor de injeção plástica voltado à indústria automotiva.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que seja possível atingir o objetivo geral deverão ser cumpridos os seguintes objetivos.

- Verificação das metodologias existentes;
- Análise das etapas que compões estas metodologias;
- Avaliar a aplicabilidade na área em estudo;
- Definir metodologia à ser aplicada.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Atualmente com o crescente aumento na utilização de componentes poliméricos em automóveis, o processo de injeção plástica ganha cada vez mais espaço e importância dentro das indústrias.

Por se tratar de um processo de transformação inicial de matéria prima em componente, paradas e quebras nesta etapa, podem acarretar a falha de todo o processo produtivo à frente o que dependendo da escala da falha pode gerar grandes prejuízos financeiros. Dessa forma verificando os riscos envolvidos entre os processos de fabricação atrelados à indústria de plásticos define-se como o principal e mais crítico a injeção plástica.

Com a aplicação da MCC no setor de injeção plástica se espera os seguintes ganhos específicos:

Técnico: Aumento da disponibilidade do equipamento devido ao melhor entendimento de suas falhas e causas, alcançando-se disponibilidades acima de 90%.

Financeiros: Aumento da produtividade e eficiência entre 10% à 20%, gerando com isso um menor custo por produto.

### 1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

Será realizado um estudo prospectivo de modo a observar as particularidades de diferentes metodologias de implementação de MCC.

O estudo será embasado em livros, normas, teses e dissertações a respeito de MCC.

Com base nas diferentes metodologias de implementação de MCC existentes o trabalho irá transcorrer com as seguintes etapas:

- Apresentação do histórico de manutenção e sua evolução ao longo do tempo.
- Apresentação das metodologias estudadas e etapas que as compõe.
- Análise das metodologias que se adequam ao setor de estudo e.
- Definição de uma metodologia à ser aplicada.

## 2 INJEÇÃO PLÁSTICA – INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Neste capítulo será apresentado o setor de injeção, sua importância e evolução dentro dos processos produtivos utilizados na indústria automobilística, isso permitirá entender melhor o processo e o que deve ser levado em consideração na escolha de um programa de MCC para este processo.

A injeção de componentes plásticos vem ganhando cada vez mais espaço, isto vem ocorrendo com o desenvolvimento acelerado de novos materiais e a necessidade de componentes mais leves e complexos.

Junto ao crescimento da demanda por este tipo de componente, há também o crescimento da competitividade no setor e necessidade de um melhor controle produtivo. Pelo fato de componentes plásticos serem fabricados a partir de processos majoritariamente automatizados, um dos principais fatores que influenciam a eficiência de produção das empresas deste ramo é a qualidade de seus equipamentos.

Dentro deste cenário de competitividade, crescimento e necessidade de bons equipamentos, um dos diferenciais que se pode obter é a eficiência da manutenção garantindo a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, uma vez que a qualidade do produto final está diretamente ligada à capacidade das máquinas e ferramentas utilizadas em manterem sua performance desejada.

Baseado na importância da manutenção no setor de plásticos da indústria automotiva, este trabalho foca na escolha de uma melhor metodologia para a implementação da MCC, no setor de injeção plástica de uma empresa do ramo.

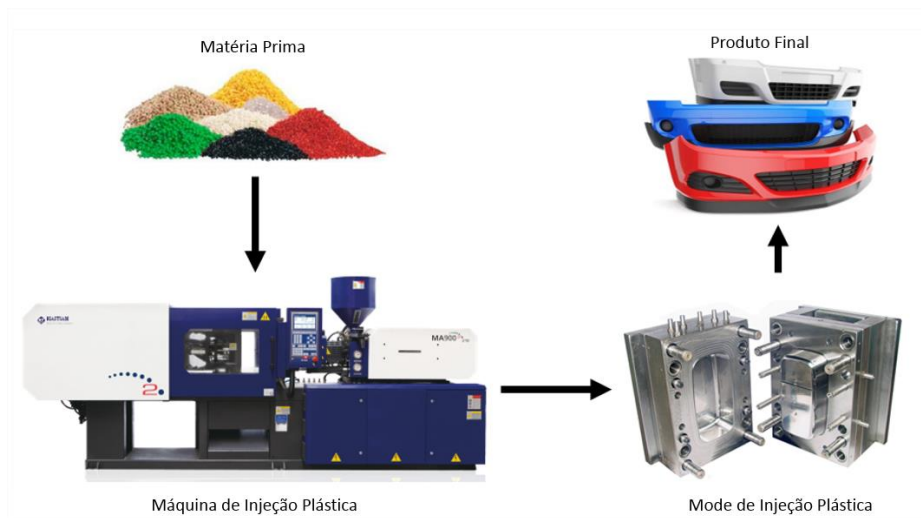
O processo de injeção plástica de maneira geral é bastante simples, trata-se de amolecer o material polimérico até uma viscosidade o deixe se comportar como um fluido viscoso e então foçar sua entrada dentro de um molde metálico, sendo assim o processo é composto pelos seguintes componentes:

- Matéria primas (pellets de polímeros);
- Máquina Injetora;
- Molde de Injeção;
- Peça Final.

A matéria prima pode variar de acordo com o tipo de peça, aplicação, cor e propriedades do próprio material, sendo que em alguns casos podem ser utilizadas 2 ou mais matérias primas ao mesmo tempo.

Os componentes listados acima são mostrados de forma esquemática na figura 2.1.

Figura 2.1 – Componentes do processo de injeção



Fonte: O autor (2018)

Dos componentes listados acima, os que estão relacionadas com manutenção são a injetora plástica e o molde de injeção. Neste trabalho os exemplos citados serão relacionados à injetora pelo fato dos moldes possuírem uma menor taxa de falhas.

Embora seja um processo relativamente novo quando comparado com outros processos de transformação de matéria prima em produto acabado, trata-se de um processo bastante conhecido já, com falhas bem definidas e componentes normalmente padronizados, isso faz com que a manutenção destes equipamentos possua atividades bem definidas, no entanto grande parte das empresas que trabalham com este tipo de equipamento não possuem políticas de manutenção estabelecidas, o que acaba por gerar a deterioração rápida do equipamento.

## 2.1 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi mostrado o atual cenário da indústria de plásticos dentro do setor automotivo e o crescimento deste setor, juntamente à isso, existe um crescimento de competitividade atrelado, exigindo uma maior eficiência nos métodos produtivos.

Essas informações justificam a necessidade da implementação de programas que garantam melhores formas de gerir equipamentos e processos, sendo a MCC uma destas metodologias.

No próximo capítulo será apresentada a história e evolução da manutenção até o surgimento da MCC, assim como diferentes procedimentos de aplicação da MCC que surgiram através de estudos pontuais ou normas de setores específicos.

### 3 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIBALIDADE

Este capítulo busca descrever o histórico da manutenção de maneira geral e a evolução da manutenção centrada em confiabilidade assim como apresentar conceitos de manutenção e confiabilidade.

#### 3.1 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

Manutenção é definida pela norma NBR-5462 (ABNT,1994) como “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Para Moubray, 2000, a função da manutenção é “assegurar que os itens físicos continuem a fazer o que seus usuários querem que eles façam”, a partir desta afirmação percebe-se que há uma mudança de perspectiva entre as duas observações, sendo que Moubray foca na função desejada e não mais no item apenas, sendo este o principal ponto que diferencia a MCC.

Para Kardec e Xavier, 2003, a evolução da manutenção pode ser definida em 4 gerações.

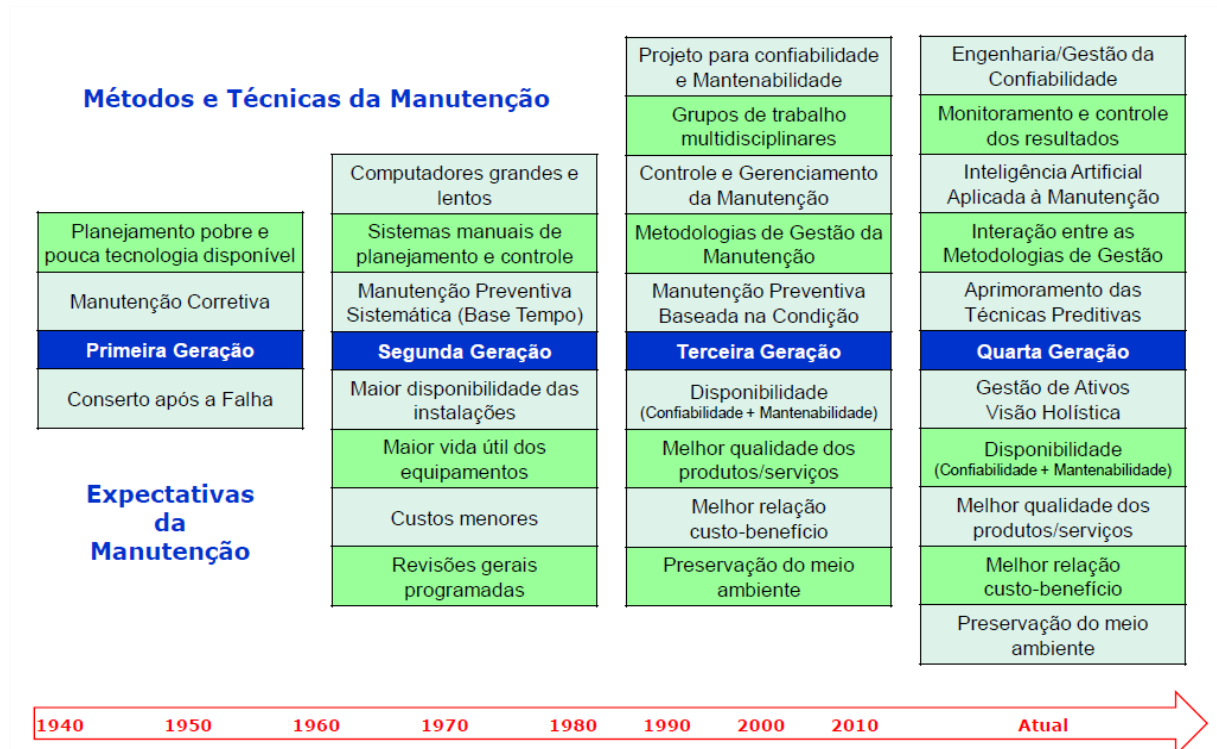
- A primeira geração considera o período prévio à Segunda Guerra Mundial, nesta época a indústria ainda era pouco mecanizada e não se tinha foco em produtividade, portanto também não existia a manutenção sistematizada, sendo fundamentalmente executada apenas a manutenção corretiva, ou seja, o reparo após a quebra. A competência que se buscava era apenas a habilidade em se executar o reparo.
- A segunda geração ocorre entre os anos 50 e 70, nessa época pós-guerra a demanda por produtos aumentaram enquanto o contingente de mão de obra diminuiu, desta maneira houve um grande aumento da mecanização e complexidade das instalações industriais. A partir daí inicia-se uma maior preocupação quanto a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, pois a indústria começa a ter uma maior dependência das máquinas.

Na década de 60 a manutenção preventiva consistia em intervenção com intervalos fixos. Como com isso também se elevaram os custos de manutenção em relação ao custo operacional, nesta mesma época aumentou-se os sistemas de planejamento e controle da manutenção.

- A terceira geração ocorre entre os anos 70 e década de 90, nesse período houve um aumento ainda maior da mecanização e automação do processo produtivo, e com isso uma maior preocupação ainda com disponibilidade e confiabilidade. Nessa mesma época reforçou-se o conceito de manutenção preditiva, com o avanço da informática iniciou-se a utilização de softwares potentes para atividades de planejamento e controle dos serviços de manutenção, o conceito de confiabilidade passou a ser cada vez mais aplicado à engenharia e manutenção, tem se o início do método de MCC no começo da década de 90.
- Na quarta geração muitas das perspectivas existentes na terceira geração continuam a existir, mas aumentando ainda mais a importância da disponibilidade e confiabilidade. Agora um dos desafios da manutenção é a minimização de falhas prematuras, com isso estudos sobre análise de falhas ganham força, assim como a manutenção preditiva e sistemas de monitoramento da condição, buscam uma intervenção cada vez menor nas plantas.



Figura 3.1 - Evolução da Manutenção ao longo do tempo.



Fonte: Mortelari; Siqueira; Pizzati (2011).

Na figura 3.1 pode-se observar tanto as expectativas que a manutenção possuía em cada uma de suas gerações assim como verificar quais métodos e técnicas de manutenção foram utilizados nestes períodos.

### 3.2 EVOLUÇÃO DO MCC

De acordo com Moss, 1985, ao fim dos anos 50, a indústria de aviação particular nos Estados Unidos estava preocupada por não possuir metodologias que otimizassem a manutenção preventiva de suas aeronaves. Ainda relacionado a esse ponto, Netherton, 2001, diz que naquela época, ocorriam 60 acidentes por milhão de decolagens na aviação comercial, dos quais dois terços eram causados por falha de equipamento, se considerado esta estatística nos dias atuais haveriam 2 acidentes aéreos por dia com aviões de 100 ou mais passageiros.

Segundo Moubray, 2001, em 1960, a FAA – Federal Aviation Agency, estabeleceu uma força tarefa denominada Maintenance Steering Group (MSG), com a participação das companhias aéreas americanas, com o foco no estudo dos

planos de manutenção até então utilizados. O primeiro resultado deste estudo foi apresentado no Encontro Internacional sobre Operação e Projetos de Aeronaves Comerciais, sendo denominado MSG-1, este estudo se deu com base na manutenção do Boeing 747. Dois anos mais tarde foi apresentada uma nova versão com a denominação MSG-2 e aplicada à programas de manutenção dos aviões Lockheed 1011, S-3 e P-3, Douglas DC 10 e McDonnell F4J. O MSG-2 faz a generalização dos documentos criados no MSG-1 à fim de torna-lo aplicável em diferentes aeronaves e a incorporação de diagramas de decisão.

Após a criação do MSG-1 e MSG-2, Nowlan e Heap (1978), desenvolveram um novo estudo mais detalhado, o qual foi encomendado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos com o objetivo de determinar normas e procedimentos de manutenção com base numa ampla análise estatística. O documento foi denominado RCM – *Reliability Centered Maintenance*, este documento ficou conhecido como MSG-3, e se tornou uma referência para manutenção na indústria aeronáutica.

No setor elétrico brasileiro são conhecidas aplicações da MCC na área de subestações, em Furnas Centrais Elétricas (VIZZONI, 1998); na área de geração hidráulica e transmissão, na Companhia Paranaense de Energia (Copel), como apresentam Souza e Márquez (1998); e na área de geração hidrelétrica na Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), conforme Sarmento (2001).

Segundo Smith (1992), o propósito da MCC é de “preservar as funções do sistema, identificar os modos de falha que afetam essas funções, determinar a importância das falhas funcionais [...] e selecionar as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas”, verificando as diferentes formas de manutenção, a MCC tem como objetivo garantir a função do equipamento dentro de seu contexto de operação.

Para Moubray, 2000, a definição do contexto operacional de um equipamento deve levar em consideração alguns fatores como: o tipo de processo industrial e redundâncias, os requisitos de exigências necessários pela produção, riscos de segurança operacional, os padrões de meio ambiente; o ciclo operativo dos equipamentos, a logística de manutenção disponível, dentre outros.

Os níveis de exigências de manutenção ou operação não são requisitados da mesma forma à diferentes equipamentos ou sistemas, a avaliação deve sempre

considerar a dependência funcional e as consequências de perda da função no caso de falha. Como afirma Smith, 1992, é primordial reforçar que preservar a função não é o mesmo que preservar a operação de um equipamento ou sistema.

Moss, 1985, por sua vez, observa que a MCC está estruturada com o princípio fundamental de que toda tarefa de manutenção deve ser justificada, antes de ser executada. O critério de justificativa corresponde a segurança, a disponibilidade e a economia em postergar ou prevenir um modo específico de falha. Este critério compreende a principal característica da aplicação da MCC, ou seja, a partir de uma avaliação acurada das funções desempenhadas, por cada componente de um sistema produtivo ou equipamento, são estabelecidas as tarefas de manutenção mais adequadas para a garantia do desempenho operacional da instalação.

Na literatura a MCC é apontada como sendo uma ferramenta de manutenção, que tem por objetivo racionalizar e sistematizar a determinação de tarefas adequadas que serão praticadas em um plano de manutenção, de forma a garantir a confiabilidade e segurança operacional dos equipamentos e instalações com o menor custo.

### 3.3 METODOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA MCC

Na implementação da MCC, existem diferentes metodologias que podem ser utilizadas, as quais devem ser verificadas, para que baseado na aplicação desejada se escolha a metodologia que melhor se adequa.

Neste item serão apresentadas algumas das principais metodologias de implementação de MCC, para que seja possível definir a mais adequada ao objeto em estudo.

Serão apresentadas as etapas de implementação das seguintes metodologias:

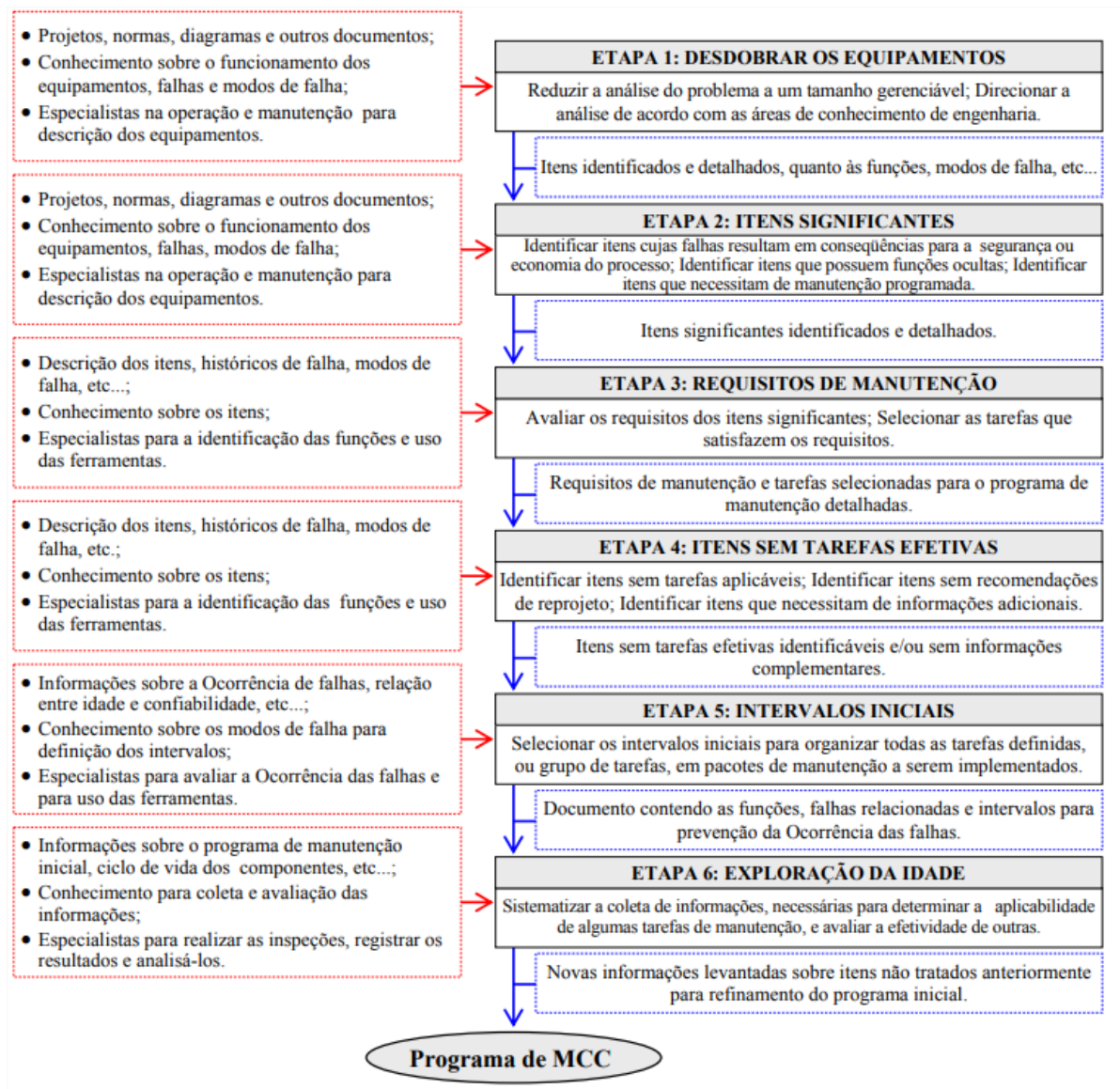
- Metodologia proposta por Nowlan e Heap
- Metodologia proposta por Moubray
- Metodologia proposta por Smith e Hinchcliffe
- Metodologia proposta pela SAE JA1011/JA1012

### 3.3.1 METODOLOGIA PROPOSTA POR NOWLAN E HEAP

Com o foco em manutenção de aeronaves e principalmente na redução do custo de manutenção, Nowlan e Heap (1978), foram os primeiros a trabalhar com a manutenção centrada em confiabilidade.

Na metodologia proposta por eles a implementação da MCC segue as etapas mostradas na figura 3.2.

Figura 3.2– Metodologia para implementação da MCC – Nowlan e Heap



Fonte: Rigoni (2009)

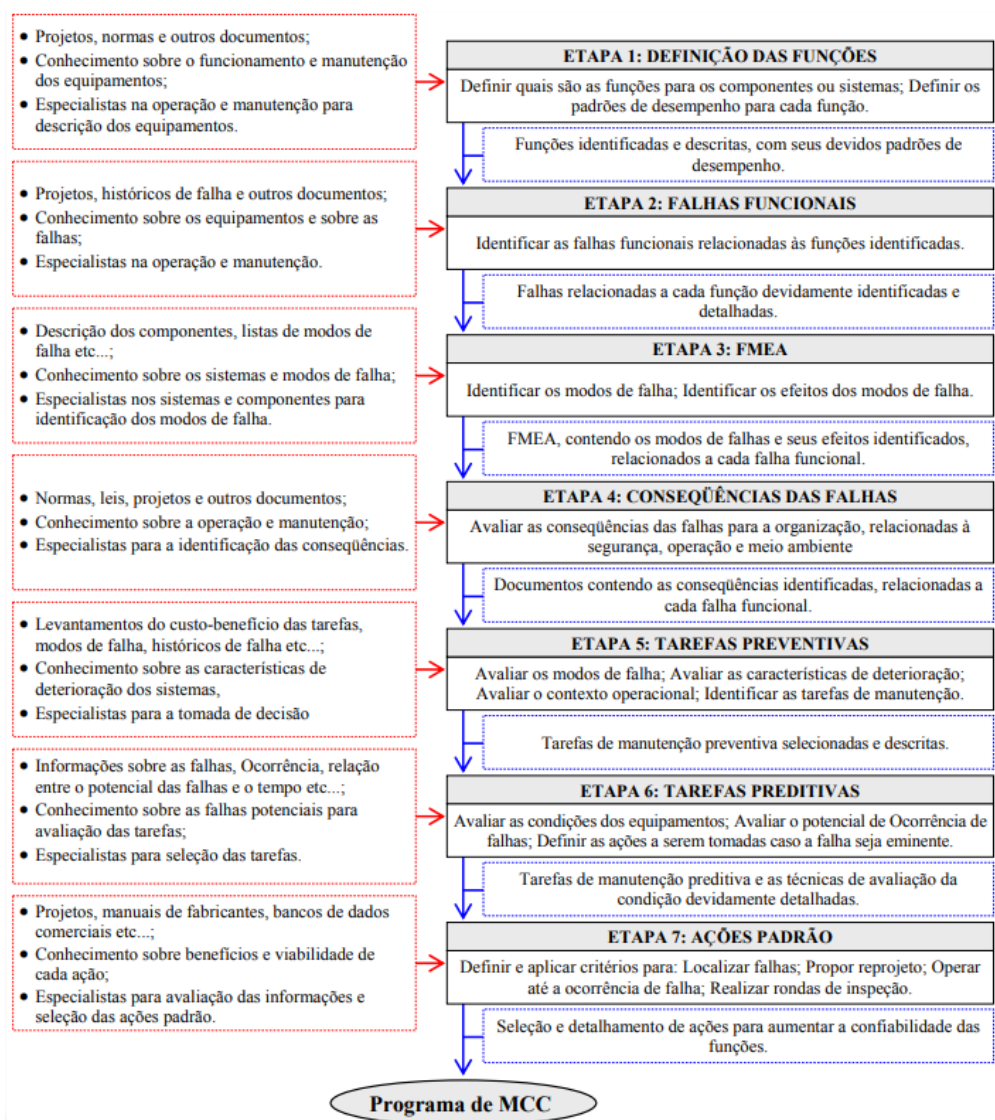
As etapas descritas por Nowlan e Heap, foram criadas a partir das experiências no setor aeronáutico e com isso estão mais voltadas à aplicação neste setor.

### 3.3.2 METODOLOGIA PROPOSTA POR MOUBRAY

A metodologia apresentada por Moubray (2001), difere das metodologias de Nowlan e Heap e Smith e Hinnchcliffe por se tratar de uma metodologia de implantação aplicada em diversos setores da indústria além da aviação, além disso, esta metodologia leva em consideração também questões ambientais.

As etapas de implementação da metodologia proposta por Moubray são mostradas na figura 3.3.

Figura 3.3 – Metodologia para implementação da MCC – Moubray (2001)



Fonte: Rigoni (2009)

Moubray foi responsável por flexibilizar a aplicação da MCC à diversos setores, esta metodologia serviu de base por exemplo para as normas SAE JA1011 e SAE JA1012.

### 3.3.3 METODOLOGIA PROPOSTA POR SMITH E HINCHCLIFFE

Com fundamentos também da indústria aeronáutica e aeroespacial, Anthony Smith atualizou seu livro *Reliability Centered Maintenance* de 1993, juntamente com o co-autor Glenn R. Hinchcliffe. Nesta atualização é apresentada a metodologia de implementação com melhorias de acordo com a experiência prática dos autores. As etapas de implementação da metodologia proposta por Smith e Hinchcliffe são mostradas na figura 3.4.

Figura 3.4 - Metodologia para implementação da MCC – Smith e Hinchcliffe (2004)



Fonte: Rigoni (2009).

Programa de MCC

A metodologia descrita por Smith e Hinchcliffe provem da aplicação da MCC na *Florida Power & Light* tendo como Anthony M. Smith como consultor e Hinchcliffe na liderança do projeto.

### 3.3.4 METODOLOGIA PROPOSTA PELA SAE JA1011/JA1012

As normas SAE JA1011 e JA1012, foram criadas crescente demanda internacional por um padrão de determinasse os critérios aos quais qualquer processo deve se adequar para que possa ser chamado de “RCM”. A metodologia utilizada nestas normas estão baseadas nos conceitos de confiabilidade de 3 documentos: (1) o livro de Nowlan e Heap de 1978, “Manutenção Centrada em Confiabilidade”, (2) o 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) e (3) “Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM 2)” de John Moubray.

Estes padrões se dividem em:

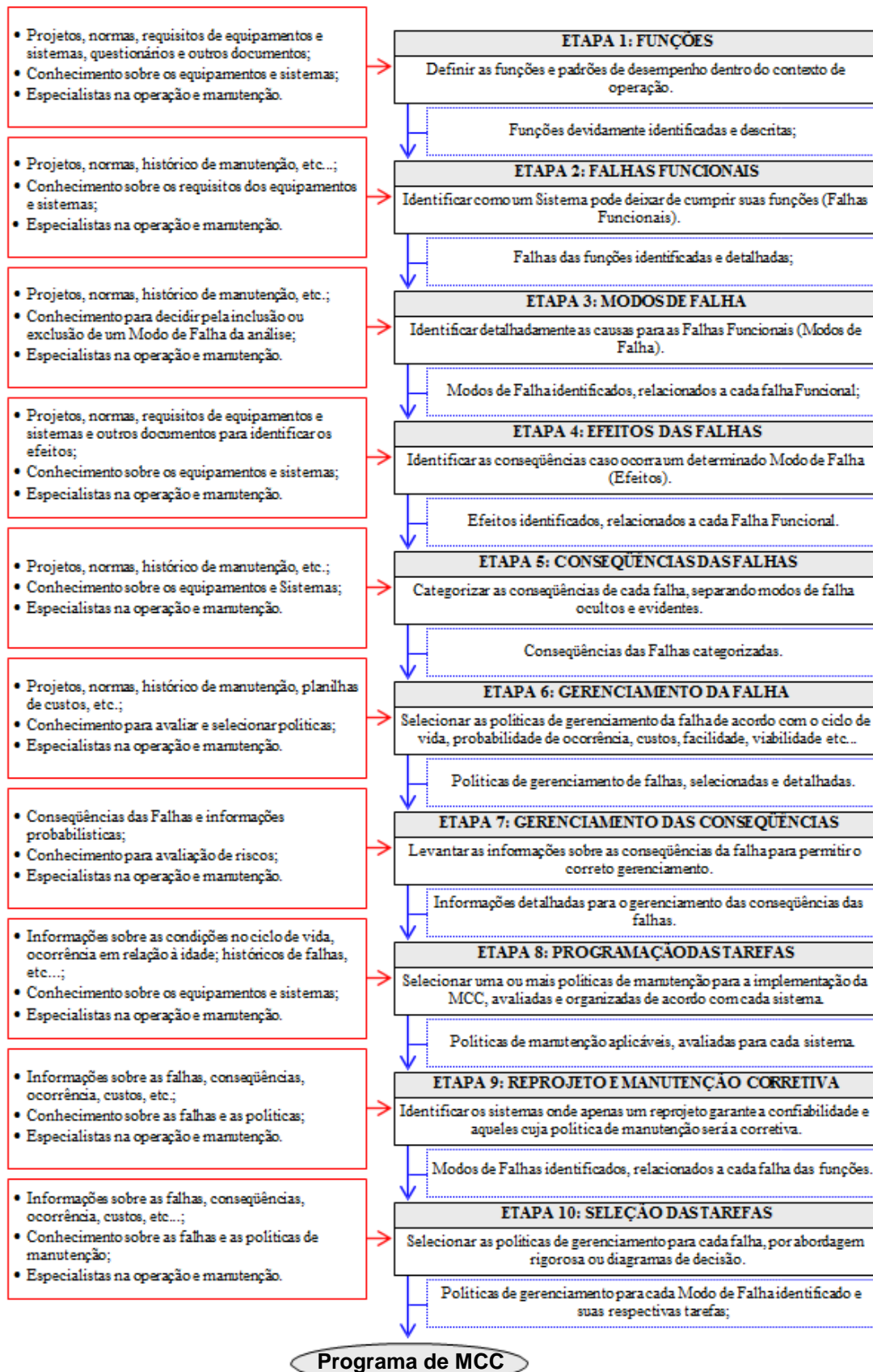
SAE JA1011: Critérios de Avaliação para Processos de Manutenção Baseados em Confiabilidade (RCM).

SAE JA1012: Um Guia para a Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM).

A metodologia de implementação do MCC proposta pelas normas SAE JA1011 e SAE JA1012, segue as etapas descritas na figura 3.5.



Figura 3.5 - Metodologia para implementação da MCC – SAE JA1011/JA1012



Além destas etapas as normas SAE consideram que qualquer processo de MCC deve ter revisões periódicas tanto nas informações utilizadas como base para a tomada de decisões quanto para as próprias decisões.

### 3.3.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.

O presente capítulo abordou a evolução da manutenção através das quatro gerações definidas por Kardec e Xavier (2003), até o surgimento da MCC com Nowlan e Heap através do documento RCM o qual ficou conhecido com MSG-3 e se tornou referência para a manutenção na indústria aeronáutica.

A partir do surgimento da MCC, surgiram também diferentes metodologias de implementação da MCC para diferentes setores e aplicações, neste capítulo foram mostradas algumas destas metodologias e suas etapas de aplicação, e um breve histórico de aplicação.

Tanto o histórico da manutenção quanto as diferentes formas de implementação da MCC são necessários para o correto entendimento do objetivo da confiabilidade dentro da manutenção e como a aplicação destes conceitos deve ser executada.

No próximo capítulo estas etapas apresentadas servirão como um referencial para a verificação de qual metodologia melhor se adequa à um setor de injeção plástica na indústria automotiva.

## 4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão apresentadas as características da manutenção dentro da indústria de polímeros, assim como os fatores que auxiliam na escolha de uma das metodologias apresentadas, a partir desta escolha poderá se verificar cada etapa da metodologia escolhida e exemplos de aplicações de cada etapa dentro da injeção plástica.

As indústrias de injeção de polímeros voltadas ao setor automotivo devem de maneira geral seguir diversas normas deste setor, além de possuir certificações específicas, de forma geral as metodologias apresentadas vão de encontro com essas certificações, porém algumas metodologias já estão mais alinhadas aos requisitos deste tipo de indústria, principalmente em questões ambientais, onde a cada dia existe um foco maior.

### 4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DE MANUTENÇÃO NO SETOR DE INJEÇÃO DE POLÍMEROS.

De forma geral as empresas de injeção plástica de pequeno e médio porte para a indústria automotiva, possuem sua manutenção baseada na correção de defeitos, trabalhando apenas no conserto após a falha. Devido a essa forma de trabalho, a implantação da MCC necessita ser realizada com um detalhamento elevado à fim de se certificar que todas as etapas e requisitos estão sendo levados em consideração.

Pelo fato de a manutenção ser realizada apenas após a falha, os manutentores normalmente não possuem um conhecimento profundo destes equipamentos e seus modos de falha. Isso exige uma necessidade de se iniciar a implementação buscando um histórico de falhas e experiência de especialistas que possam apresentar modos de falhas comuns à este tipo de equipamento. Estes especialistas podem ser pessoas internas que possuam um bom conhecimento do equipamento e/ou representantes do fabricante do equipamento.

## 4.2 ESCOLHA DE UM MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO À SER SEGUIDO.

Baseado nas etapas descritas de cada um dos métodos e características do setor de aplicação, percebe-se que embora aplicáveis as metodologias de Nowlan e Heap, estão mais associadas à aviação e por isso não seriam as mais indicadas nesta aplicação.

As metodologias de Moubray e da SAE possuem uma estrutura semelhante de aplicação, no entanto enquanto a metodologia de Moubray possui um direcionamento voltado à equipamentos de maneira mais específica, as normas SAE JA1011 e JA1012 possuem uma organização voltada a aplicação mais generalista, mesmo tendo como base o próprio trabalho de Moubray. Considerando as definições de cada umas das etapas e suas aplicações, será considerada a metodologia SAE para o seguimento deste trabalho.

## 4.3 ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO CONSIDERANDO A APLICAÇÃO.

### 4.3.1 ETAPA 1: FUNÇÕES

Na primeira etapa de implementação da MCC, deverá se definir o contexto operacional do setor, todas as funções do sistema e os padrões de desempenho em seu contexto operacional.

Para o setor em questão temos por exemplo como função primária a injeção de plástico nos moldes de injeção. Já o padrão de desempenho deve ser verificado de acordo com as características de ciclo esperado, qualidade da peça produzida, consumo energético, taxa de falhas, entre outros.

Ao se descrever as funções secundárias deve-se levar em conta também:

- Fatores Ambientais, Ex.: Vazamentos de óleo, geração de resíduos;
- Fatores de segurança, Ex.: portas fechadas, componentes elétricos isolados;
- Aparência, Ex.: Pintura (proteção contra corrosão);
- Dispositivos de proteção, Ex.: Luzes de funcionamento;
- Eficiência, Ex.: Ciclo desejado vs ciclo em operação.

A função primária de uma injetora plástica pode ser descrita por exemplo como: Injetar 65g de PS por segundo. No entanto na mesma injetora, seus componentes possuem diversas funções que devem ser descritas, como por exemplo, o motor da rosca deve girar à 3000rpm.

#### 4.3.2 ETAPA 2: FALHAS FUNCIONAIS

Nesta etapa devem ser identificadas as falhas que ocasionam a perda de suas funções, ou seja, um equipamento é considerado como falho quando é incapaz de cumprir a função esperada pelo usuário.

Ainda nesta etapa devem ser descritas as falhas totais e parciais, assim como estabelecer limites inferiores e superiores de performance. No caso apresentado para uma máquina injetora a qual tem como função primária injetar 65g de PS por segundo, podem ser estabelecidos limites de 55 à 75g/s por exemplo, dessa forma, o equipamento será considerado falho se:

- Não injetar material nenhum;
- Injetar uma quantidade inferior à 55g/s de material;
- Injetar uma quantidade superior à 75g/s de material.

Pode se observar que as 3 condições descritas como falhas funcionais, embora estejam relacionadas com a função de injetar o material, são falha distintas que podem ter modos de falhas distintos.

#### 4.3.3 ETAPA 3: MODOS DE FALHAS

Devem ser identificados todos os modos de falha que possam vir a causar alguma falha funcional. Os modos de falha devem ser identificados de forma a permiti uma posterior política de gerenciamento de falhas.

Devem ser considerados todos os modos de falha presentes no histórico de falha do equipamento assim como os modos de falha que já são tratados preventivamente. Adicionalmente aos modos de falha ainda devem ser identificados os níveis das fontes de falhas considerando as causas raízes, a probabilidade de ocorrência, as fontes de informação e os tipos dos modos de falha.

Na figura 4.1 são mostrados os modos de falha do exemplo citado nos itens anteriores, exemplificando os níveis dos modos de falha de acordo com a probabilidade que aconteçam baseado no histórico de ocorrências.

Figura 4.1– Representação dos modos de falha para o exemplo citado.

Função	Falha	Modos de Falha	
Injetar 55g/s de material	Incapaz de injetar material	1	Quebra do motor de acionamento da rosca
		2	Quebra da rosca de injeção
		3	Falta de Material dentro do cilindro de injeção
		4	Queima das resistências de aquecimento

Fonte: o autor (2018)

Como visto na figura 4.1, uma única falha pode possuir diferentes modos de falha, as análises realizadas posteriormente para cada falha, deverão sempre considerar todos os modos de falha, isso é necessário para que se determine corretamente as tarefas a serem realizadas.

#### 4.3.4 ETAPA 4: EFEITOS DAS FALHAS

Os efeitos das falhas englobam todos os danos gerados pela a ocorrência do modo de falha, nesta etapa deve-se perguntar: o que acontece quando cada falha ocorre?

É necessário descrever o que poderá acontecer se nenhuma tarefa para antecipar, detectar ou prevenir a falha for executada. É também importante que seja distinguida esta da próxima etapa, esta etapa foca-se no efeito das falhas, ou seja, o que acontece quando a falha ocorre, na próxima etapa verifica-se a consequência das falhas de forma a saber o como e quanto cada modo de falha é importante. Os efeitos descritos nesta etapa serão utilizados para avaliação das consequências das falhas.

Deve-se descrever todas as informações que possam auxiliar na avaliação das consequências, como; o que evidencia a ocorrência da falha, que tipo de efeito tem no ambiente ou segurança, que tipo de efeito gera no ciclo produtivo, que tipos de danos físicos podem ser causados pela falha.

No exemplo que vem sendo seguido nas outras etapas, tem-se como efeito a perda de produção.

#### 4.3.5 ETAPA 5: CONSEQUÊNCIA DAS FALHAS

As consequências serão categorizadas de forma à separa os modos de falha ocultos e modos de falha evidentes. Cada falha pode ter consequências em diferentes formas, pode haver consequência operacionais, de qualidade de produto, segurança, meio ambiente, custos, consumo de energia, e alguma falhas podem muitas vezes não apresentar nenhum tipo de efeito, no entanto acabam gerando riscos de outros modos de falhas mais sérios.

A forma como cada modo de falha se comporta quanto à sua origem e severidade determina como cada organização lida com cada modo, isso mostra que que as consequências de cada modo de falha são mais importantes que a característica técnica de como ele ocorre.

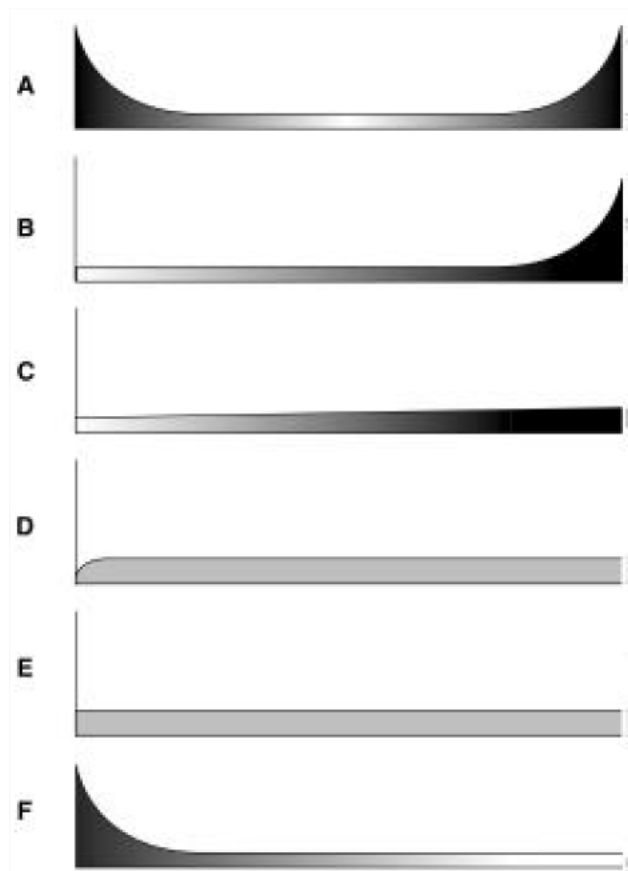
Seguindo o exemplo da injeção plástica, a principal consequência da falha seria a perda de faturamento devido a uma parada operacional da máquina.

#### 4.3.6 ETAPA 6: POLÍTICA DE GERENCIAMENTO DE FALHAS

No processo de escolha da política de gerenciamento de falhas deve ser levado em consideração o fato que a probabilidade de ocorrerem alguns modos de falha tendem à crescer ao longo do tempo, outros modos de falhas tendem à diminuir, e alguns não tem variação ao longo do tempo.

A relação entre tempo e probabilidade de falha é percebido nas curvas mostradas na figura 4.2, com a representação de diferentes relações entre probabilidade de falha e o tempo.

Figura 4.2– Variação da probabilidade de falhas com o tempo.



Fonte: SAE JA 1012 (1999)

Na figura 4.2 existem 6 diferentes curvas expressando diferentes comportamentos de falha, os quais devem ser considerados durante a escolha da política do gerenciamento de falhas, no exemplo que vem sendo desenvolvido, a curva característica da falha é a curva B, pois trata-se de uma falha que tende à crescer com o passar do tempo devido à boa parte dos modos de falha estarem ligados ao desgaste de componentes do sistema.

As tarefas programadas devem ser sempre aplicáveis e efetivas, pois as mesmas deverão reduzir a probabilidade de falha à um limite tolerável ao proprietário ou usuário.

É importante que a seleção da política de gerenciamento das falhas seja feita como se não estivesse sendo feita no momento nenhum tipo de ação para prever, prevenir ou detectar falhas.



#### 4.3.7 ETAPA 7: GERENCIAMENTO DAS CONSEQUÊNCIAS DE FALHAS

A análise dos riscos consiste em 3 elementos, primeiramente deve se questionar qual será a consequência se a falha considerada ocorrer. A segunda pergunta que se deve fazer é, qual a probabilidade desta falha ocorrer? Com estas duas perguntas conseguimos determina rum grau de risco para a falha, a terceira pergunta que devemos fazer a partir disto é se este nível de risco é aceitável.

Considerando os 3 elementos mais detalhadamente:

- O que pode acontecer caso o modo de falha ocorra? Com esta pergunta deve ser descrito exatamente a consequência de cada um dos modos de falha descritos para cada falha, a correto é que seja considerada sempre a pior consequência para ter uma avaliação conservadora, entenda-se que a pior consequência não necessariamente seja a consequência extrema do modo de falha.
- Qual a probabilidade de o modo de falha ocorrer? No caso onde exista um histórico da ocorrência de falhas, esta probabilidade pode ser determinada através deste histórico. Quando não existem dados, como por exemplo equipamento novos, esta avaliação deve ser estimada por pessoas que conheçam bem o equipamento e sua utilização.
- O nível de risco é aceitável? Como visto o nível de risco é determinado multiplicando a probabilidade de ocorrência pela severidade. Isso nos dá algo como a quantidade de ocorrência por x anos ou ciclos dependendo de cada contexto. A determinação de um nível aceitável de riscos é algo complexo para ser realizado por uma única pessoa e por isso o ideal é que essa análise seja realizada juntamente com pessoas que estarão expostas à essas consequências e pessoas que deverão lidar com as consequências posteriormente.

No caso de consequências econômicas o custo das tarefas deve ser menor que o custo causado pelo modo de falha.

No exemplo do que vem sendo seguido, o modo de falha de falta de material dentro do cilindro de injeção, tem por consequência a perda econômica devido à parada de produção, neste caso a tarefa atrelada, a qual seria a verificação

periódica da quantidade de material na estufa, deve ser aplicada, pois a mesma possui um custo nulo se comparado com o custo de perda de produtividade.

#### 4.3.8 ETAPA 8: PROGRAMAÇÃO DE TAREFAS.

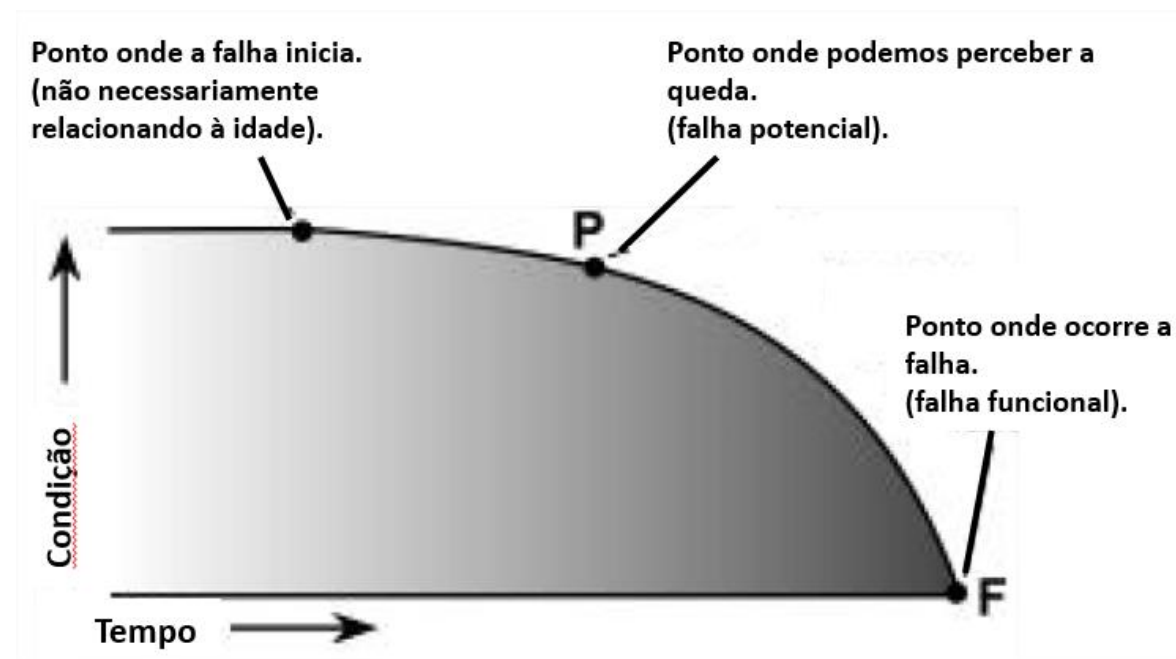
Nesta etapa devemos tratar quatro tipos de tarefas: tarefas sob condição, tarefas de descarte programadas, tarefas de restauração programadas e tarefas de busca de falhas.

Tarefas sob condição: toda tarefa sob condição deverá satisfazer os seguintes critérios:

- Deve existir uma falha uma clara e definida falha potencial;
- Deve existir um intervalo P-F identificado um período de desenvolvimento da falha identificado.
- O intervalo da tarefa deve ser inferior ao menor intervalo P-F identificado.
- Deve ser possível e viável realizar as tarefas em um intervalo menor que o intervalo P-F.
- O tempo mais curto entre a descoberta da falha e uma potencial ocorrência deverá ser longo o bastante para a determinação da tarefa com o intuito de evitar ou minimizar as consequências da falha.

A maioria das falhas não ocorre de maneira instantânea, na maioria dos casos é possível detectar a deterioração dos itens antes da falha, essa detecção do estado antes da falha é conhecida como uma potencial falha, e pode ser definido como uma condição identificável a qual indica que uma falha funcional está para ocorrer ou iniciando a ocorrência. Na figura 4.3 é possível ver como ocorre a deterioração nos estágios finais de uma falha.

Figura 4.3 – Curva P-F



Fonte: Adaptado de SAE JA 1012 (1999)

Quando uma falha for detectada entre os pontos P e F, este é o momento em que pode ser possível tomar medidas para evitar a ocorrência da falha e/ou suas consequências.

Tarefas de descarte programadas: Estas tarefas devem considerar uma idade bem definida para onde existe um aumento da probabilidade de falhas após essa idade e que com essa tarefa ocorrerá uma redução da probabilidade de falhas à um nível tolerável.

Tarefas de restauração programada: este tipo de tarefa deve seguir os mesmos critérios das tarefas de descarte programado, por[em nesse caso o item deve ser ter sua resistência à falha restaurada para uma condição tolerável.

Tarefas de busca de falhas: aplicada à falhas ocultas, este tipo de tarefa deve ser realizada em um intervalo definido levando em conta a necessidade de se reduzir a probabilidade da falha múltipla do sistema protegido associado a um nível que seja tolerável.

Esta tarefa deverá confirmar que todos os componentes relacionados ao modo de falha estão em funcionamento e sem avarias.

No exemplo em desenvolvimento, uma tarefa de verificação do estado da rosca ou verificação do motor de acionamento podem ser consideradas tarefas de busca de falhas.

#### 4.3.9 ETAPA 9: REPROJETO E MANUTENÇÃO CORRETIVA.

O programa de MCC deve ter como objetivo manter a performance do sistema e sua operação através de tarefas programadas, no entanto em alguns casos estas tarefas não são encontradas de forma viável, nestes casos é necessária a aplicação de reprojeto. Nesse caso devem ser seguidos os seguintes critérios:

- Quando existe a falha oculta e associada às falhas com consequências de segurança ou ambientais, um reprojeto que reduza a probabilidade de ocorrência deste modo de falha é obrigatório.
- Quando existe a falha evidente e associada à falhas com consequências de segurança ou ambientais, um reprojeto que reduza a probabilidade de ocorrência deste modo de falha é obrigatório.
- No caso de falhas ocultas sem consequências ambientais ou de segurança, o reprojeto deve ser aplicado avaliando o custo-benefício de sua aplicação.
- No caso de falhas evidentes sem consequências ambientais ou de segurança, o reprojeto deve ser aplicado avaliando o custo-benefício de sua aplicação.

No exemplo do trabalho, é muito comum haver quebras em roscas de máquinas injetoras devido ao material que está sendo injetado, neste caso o reprojeto é uma solução comum seguindo-se com a troca da rosca para um tipo mais resistente, tendo um bom custo-benefício devido ao melhor rendimento.

As políticas de ações corretivas são aplicáveis quando falhas ocultas ou evidentes que não possuem riscos ambientais ou de segurança não possuem uma tarefa agendada. Este tipo de política deve ser avaliado pelo custo benefício das tarefas agendadas versus a ação corretiva. Uma destas situações é o modo de falha “Queima das resistências de aquecimento” no exemplo seguido, neste caso as tarefas de verificação são tão longas quanto às tarefas de manutenção corretiva e muitas vezes não são totalmente efetivas, já que o modo de falha predominante deste caso é falha aleatória.

#### 4.3.10 ETAPA 10: SELEÇÃO DAS TAREFAS.

Na seleção da política de tarefas para o programa de MCC pode ser utilizar de duas abordagens, a primeira delas é a abordagem rigorosa e a segunda são os diagramas de decisão.

A abordagem rigorosa é mais minuciosa e produz um gerenciamento de falhas com uma maior otimização do custo, pelo fato de tratar cada modo de falha descrito no FMEA. Os diagramas de decisão são mais populares por possuírem uma implementação mais rápida e barata, como veremos nos itens abaixo.

##### Abordagem Rigorosa:

Neste tipo de abordagem é necessário avaliar as consequências financeiras, de segurança e ambientais para cada um dos modos de falha, para então considerar todas as políticas de gerenciamento das falhas tecnicamente viáveis que poderão ser aplicadas à cada modo de falha.

O guia SAE JA 1012, mostra que devem ser seguidos os seguintes estágios para a aplicação da abordagem rigorosa.

1. Separar as falhas ocultas das falhas evidentes.
2. Para cada falha evidente:
  - a. Estabelecer a probabilidade que este modo de falha poderá ferir ou matar alguém?
  - b. Estabelecer a probabilidade tolerável que este modo de falha poderá ferir ou matar alguém?
  - c. Estabelecer a probabilidade que este modo de falha poderá violar regulações ambientais.
  - d. Estabelecer a probabilidade tolerável que este modo de falha poderá violar regulações ambientais.
  - e. Estabelecer as consequências operacionais e não operacionais deste modo de falha.
  - f. Nos casos de modos de falha que envolvam questões de segurança ou ambientais, e a probabilidade atual é maior que o tolerável, identificar políticas de gerenciamento de falhas que possam reduzir esta probabilidade à um nível tolerável.

- g. Identificar todas as políticas de gerenciamento de falha que possuem um custo menor que as consequências financeiras levando em consideração o período de tempo.
  - h. Selecionar a política de gerenciamento de falhas com o melhor custo benefício considerando as consequências de segurança, ambiental e financeira.
3. Para modo de falhas ocultos.
- a. Estabelecer a probabilidade atual que múltiplas falhas associadas poderão ferir ou matar alguém.
  - b. Estabelecer a probabilidade tolerável que múltiplas falhas poderão ferir ou matar alguém.
  - c. Estabelecer a probabilidade que múltiplas falhas poderão violar regulações ambientais.
  - d. Estabelecer a probabilidade tolerável que múltiplas falhas poderão violar regulações ambientais.
  - e. Estabelecer as consequências operacionais e não operacionais da associação de múltiplas falhas.
  - f. Nos casos de falha múltiplas que envolvam questões de segurança ou ambientais, e a probabilidade atual é maior que o tolerável, identificar políticas de gerenciamento de falhas que possam reduzir esta probabilidade à um nível tolerável.
  - g. Identificar todas as políticas de gerenciamento de falha que possuem um custo menor que as consequências financeiras levando em consideração o período de tempo.
  - h. Selecionar a política de gerenciamento de falhas com o melhor custo benefício considerando as consequências de segurança, ambiental e financeira.

#### Diagramas de Decisão:

Os diagramas de decisão são baseados na suposição que as consequências de segurança e ambientais devem ser tratadas antes das consequências econômicas.

Com a afirmação acima pode-se perceber que no caso de diagramas de decisão existe uma hierarquia das consequências à ser levada em consideração, então deve-se construir um diagrama em que as políticas de gerenciamento de falhas que funcionem bem com as consequências ambientais, também funcionem bem com as consequências econômicas. Neste caso existem também hierarquia nas políticas de gerenciamento das falhas já que algumas políticas possuem um custo benefício melhor que outras.

Analisando a escolha da abordagem voltando à indústria de injeção plástica, é possível verificar que a escolha da abordagem está mais ligada propriamente à estrutura organizacional e financeira da empresa do que ao processo propriamente dito.

#### 4.4 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.

Neste capítulo foram abordadas as características de gerais da manutenção na área de injeção plástica assim como as características que influenciam a metodologia descrita nas normas SAE JA1011 e SAE JA1012, ser utilizada como base para a implementação da MCC na área de injeção plástica.

A partir deste ponto foram também descritas as etapas de implementação e apresentados exemplos de cada etapa voltado às falhas práticas do processo de injeção plástica, mostrando a importância de cada uma das etapas e qual a relação que elas possuem entre si.

Cada uma das etapas descritas nos itens anteriores possui importância para um programa de MCC eficaz de modo que não se deve pular ou executar com menor cuidado alguma etapa, a interligação que existe entre cada uma delas, é o que faz com que o programa tenha uma alta eficiência.

Baseado nas premissas anteriores ainda poderemos perceber no próximo capítulo que o programa de MCC não apenas se implementa, mas é de extrema importância a correta manutenção do programa para que sejam alcançados bons resultados e mantidos.

## 5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

A MCC, por meio de sua implementação promove um maior gerenciamento das falhas assim como suas causas e consequências, a neste trabalho pode perceber como cada etapa da implementação da MCC possui interligação com as outras etapas formando ao final um programa completo de gestão da manutenção.

Para que haja a correta implementação de um programa de MCC é necessário que existam pessoas tecnicamente competentes para a determinação das tarefas, um bom conhecimento técnico sobre os equipamentos que serão geridos neste programa e uma equipe não apenas para implementar o programa e sim manter seu funcionamento, pois a MCC é uma metodologia continua e necessita ser alimentada com informações para garantir sua eficiência.

Durante o desenvolvimento das etapas de implementação pode-se perceber que cada etapa deve ser muito bem descrita para que a informação seja completa para a etapa posterior, por exemplo, a análise dos modos de falhas deve ser a mais detalhada possível, para que no momento de verificar as consequências das falhas possa avaliar o risco associado de maneira pertinente.

O processo de injeção plástica, por estar associado à equipamentos na maioria das vezes produzidos em série e que já se possui bastante conhecimento técnico disponível sobre suas falhas, torna a implementação mais simples quando vista pelo lado técnico, porém durante o trabalho, foi possível perceber que a metodologia de implementação deve ser sempre verificada de acordo com as características do processo em que será aplicada, isso pode ser visto muito bem analisando as diferenças entre as metodologias apresentadas na seção 3 deste trabalho.

Com todas as informações descritas ao longo deste trabalho conclui-se que a implementação da MCC depende não apenas da do conhecimento técnico e área técnica da empresa, mas também da gestão da empresa, nesse ponto as Normas SAE JA1011 e SAE JA1012 mostram como a gestão da empresa deve atuar em cada etapa, esse foi um dos pontos que tornou a escolha desta metodologia como base para este trabalho.

Na escolha da melhor metodologia, a principal dificuldade se dá pelo fato de a maioria dos métodos foram desenvolvidos para aplicações específicas, em geral a



indústria da aviação, o que faz com que seja necessário avaliar cada etapa de forma independente para possibilitar uma melhor aplicação da cada etapa discutida.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para um trabalho futuro é interessante a aplicação efetiva do método descrito nas normas estudadas neste trabalho em um setor de injeção plástica, no desenvolvimento deste trabalho será necessário o desenvolvimento da documentação técnica necessária para esta implementação e tem como resultados esperados a avaliação dos resultados obtidos com esta implementação

## REFERÊNCIAS

- KARDEC, Allan; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro, Editora Qualitymark, 2003.
- MORTELARI, Denis; SIQUEIRA, Kleber; PIZZATI, Nei. **O RCM na Quarta Geração da Manutenção de Ativos**. RG Editores, 1ª Edição, 2011.
- MOSS, M. A. **Designing for minimal maintenance expense**: the practical application of reliability. New York: Marcel Dekker Inc., 1985.
- MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (Reliability Centered Maintenance – RCM)**. Trad. Kleber Siqueira. São Paulo: Aladon, 2000.
- PINTO, ALAN KARDEC E XAVIER, JÚLIO NASCIF. **Manutenção: Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark 2ª Edição, 2001.
- RIGONI, Emerson **Metodologia para Implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade: Uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em Lógica Fuzzy**. 2009. 339 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós graduação de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 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.
- SOUZA, M. S. de; MÁRQUEZ, D. C. **Estimativa de Ganhos com a Implantação da MBC na Copel**. In: II Seminário Brasileiro de Confiabilidade na Manutenção. 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Engenharia, 1998.
- VIZZONI, E. **Manutenção centrada em confiabilidade**: avaliação de sua aplicabilidade e adaptação a subestações de energia elétrica. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.
- XENOS, Harilaus Georgius d' Philipos. **Gerenciamento a Manutenção Produtiva**: Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.