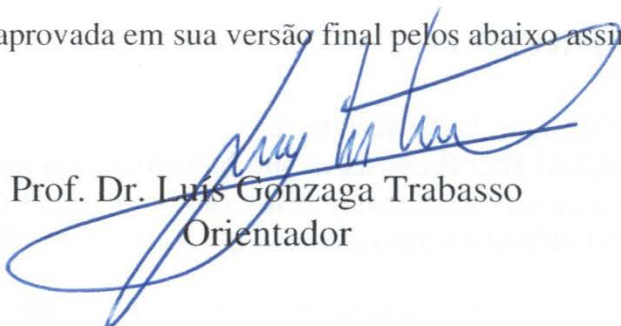


Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia do Curso de Mestrado Profissional em Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica.

**Igor André Krakheche**

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA A IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO  
DE RISCOS EM CONFORMIDADE COM O PROCEDIMENTO  
TÉCNICO PAS 55:2008 - GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS**

Dissertação aprovada em sua versão final pelos abaixo assinados:



Prof. Dr. Luis Gonzaga Trabasso  
Orientador

Prof. Dr. Luiz Carlos Sandoval Góes  
Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

Campo Montenegro  
São José dos Campos, SP – Brasil  
2014

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Divisão de Informação e Documentação**

Krakheche, Igor André

Proposta de um método para a implantação da Gestão de Riscos em conformidade com o procedimento técnico PAS 55:2008 - Gestão de Ativos Físicos / Igor André Krakheche.

São José dos Campos, 2014.

93f.

Dissertação de mestrado – Curso de Mestrado Profissional em Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2014. Orientador: Professor Doutor Luís Gonzaga Trabasso.

1. Gestão de Ativos Físicos. 2. Gestão de Riscos. 3. *Reliability Centered Maintenance*. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Título

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

**KRAKHECHE, Igor André. Proposta de um método para a implantação da Gestão de Riscos em conformidade com o procedimento técnico PAS 55:2008 - Gestão de Ativos Físicos. 2014.** 93f. Dissertação de Mestrado Profissional em Produção – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Igor André Krakheche

TÍTULO DO TRABALHO: Proposta de um método para a implantação da Gestão de Riscos em conformidade com o procedimento técnico PAS 55:2008 - Gestão de Ativos Físicos.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2014

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização (do autor).

---

Igor André Krakheche

Rua João José Cruz, 187 – Bairro Pio X

95034-380 – Caxias do Sul – RS

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA A IMPLANTAÇÃO DA  
GESTÃO DE RISCOS EM CONFORMIDADE COM O  
PROCEDIMENTO TÉCNICO PAS 55:2008 - GESTÃO DE  
ATIVOS FÍSICOS**

**Igor André Krakheche**

Composição da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luís Gonzaga Trabasso	Presidente/Orientador – ITA
Prof. Dr. Arnaldo Souza Cabral	Membro Interno – ITA
M.C. Marcelo Farhat de Araujo	Membro Externo – Mectron

**ITA**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha família, pelo incentivo e compreensão durante este período.

Agradeço aos meus pais, Marlise Schonhorst Krakheche e Délio José Krakheche (em memória), que sempre investiram na minha formação e me ensinaram que a educação é a melhor forma de ascensão pessoal e profissional.

Agradeço ao meu orientador, professor Luís Gonzaga Trabasso, por sua dedicação e orientação durante todo o trabalho, sempre com contribuições valiosas, sensatas e pontuais.

Agradeço aos membros da banca, professor Arnaldo Souza Cabral e Marcelo Farhat de Araujo, profissional da Mectron, pelas importantes considerações e contribuições a esta dissertação.

Agradeço ao SENAI, que investe em seus colaboradores, oferecendo a oportunidade de cursar um Mestrado Profissional no ITA, que é uma instituição reconhecida no cenário mundial pela competência de seu trabalho.

Agradeço ao Gerente Operacional do Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI, Jorge Luiz Pasqual, pelo grande apoio e investimento de minhas horas de trabalho na conclusão do Mestrado.

Finalmente, agradeço a minha namorada, Talita Massoni, pelas longas horas ao meu lado, sempre me incentivando, sendo companheira, replanejando planos e recarregando minhas energias com amor incondicional.

## RESUMO

Diante da forte concorrência industrial em nível internacional, as organizações precisam maximizar a rentabilidade de seus ativos para garantir a sobrevivência do negócio. Isso implica assegurar a melhoria da produtividade e da rentabilidade e, ao mesmo tempo, em reduzir os custos de manutenção. Nesse cenário, surgiu a Gestão de Ativos, que objetiva a obtenção de valor do ativo, enquanto equilibra os custos financeiros, ambientais e sociais, os riscos, a qualidade de serviço e o desempenho dos ativos. Com o intuito de padronizar a Gestão de Ativos, o *British Standard Institute* (BSI) criou o PAS55:2008 – Gestão de Ativos Físicos, um procedimento técnico com requisitos que visam estabelecer uma gestão abrangente e aperfeiçoar o sistema de gestão para todos os tipos de ativos físicos das organizações.

Nesse contexto, a Gestão de Riscos é um princípio importante para a gestão de ativos proativa. Dessa forma, o trabalho visa propor um método para a implantação da Gestão de Riscos dos ativos físicos que esteja em conformidade com os requisitos do PAS55:2008. A Gestão de Riscos objetiva entender a causa, o efeito e a probabilidade de ocorrência de eventos adversos, para gerenciar de forma eficiente tais riscos, em nível aceitável, e fornecer uma trilha de auditoria para a gestão de riscos.

Para tanto, foram pesquisadas técnicas e ferramentas que apresentam boas relações custo-benefício para a Gestão de Riscos e que sejam aderentes aos requisitos do PAS 55. Em função disso, foi proposto uma sequência lógica de aplicação do método, abrangendo a Identificação de Riscos, a Análise de Riscos e o Controle dos Riscos.

Ao final, são apresentadas considerações sobre as limitações do método proposto, bem como oportunidades de complementação do trabalho para abordar demais requisitos do PAS 55.

**Palavras-chave:** Gestão de Ativos, Gestão de Riscos, *Reliability Centered Maintenance*.

## ABSTRACT

Facing the strong industrial competition at international level, organizations need to maximize the profitability from their assets to ensure business survival. This implies to ensure improvement of the productivity and profitability and at the same time, to reduce maintenance costs. In this scenario, the Asset Management has emerged, aiming to using the assets to deliver value, while balancing the financial, environmental and social costs, risks, quality of service and asset performance. In order to standardize the Asset Management, the British Standard Institute (BSI) created the PAS55: 2008 - Management of Physical Assets, a technical procedure with requirements to establish a comprehensive management and improve the management system for all types of organizations physical assets.

In this context, The Risk Management is an important principle for the proactive asset management. Therefore, this work aims to propose a method for the implementation of Risk Management of physical assets that complies with the requirements of PAS55: 2008. The Risk Management aims to understand the cause, the effect and the probability of occurrence of adverse events, to manage on an efficient way such risks, at an acceptable level, providing an audit trail for the Risk Management.

For this purpose, techniques and tools that have good benefit-cost ratios for the Risk Management and are compliant with the requirements of PAS 55 were surveyed. As a result, it was proposed a logical application of the method, covering Risk Identification, Risk Analysis and Risk Control.

Finally, considerations about the limitations of the proposed method are presented, as well as opportunities to complement the work to address other requirements of PAS 55.

**Keywords:** Asset Management, Risk Management, Reliability Centered Maintenance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Escopo da Gestão de Ativos.....	19
Figura 2	– Processo de Gestão de Riscos. ....	21
Figura 3	– Os 6 padrões de falha (Probabilidade de falha x Tempo de uso).....	25
Figura 4	– Estudos sobre probabilidades condicionais de falha. ....	27
Figura 5	– Falha Potencial e Intervalo P-F. ....	28
Figura 6	– Margem para deterioração do ativo.....	37
Figura 7	– Função de uma bomba.....	37
Figura 8	– Estrutura do Sistema de Gestão do PAS 55: 2008. ....	51
Figura 9	– Fluxograma das Etapas de Execução do Método.....	57
Figura 10	– Diagrama de Decisão RCM.....	69
Figura 11	– Ativo a ser analisado.....	74
Figura 12	– Formulário FMECA – Folha 1. ....	77
Figura 13	– Formulário FMECA – Folha 2. ....	78
Figura 14	– Formulário FMECA – Folha 3. ....	79
Figura 15	– Plano de Gestão dos Ativos. ....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Ferramentas e Técnicas de Avaliação de Riscos.....	56
Tabela 2	– Equivalência dos processos de Gestão de Riscos. ....	56
Tabela 3	– SIPOC das Etapas de Execução do Método.....	58
Tabela 4	– Informações para a Fase 1 - Identificação de riscos.....	60
Tabela 5	– Fontes de Risco. ....	61
Tabela 6	– Informações para a Fase 2 - Análise de riscos. ....	62
Tabela 7	– Escala de Severidade.....	65
Tabela 8	– Escala de Ocorrência.....	66
Tabela 9	– Escala de Detecção.....	66
Tabela 10	– Informações para a Fase 3 – Controle dos Riscos.....	67
Tabela 11	– Contexto Operacional do ativo.....	74
Tabela 12	– Lista de Riscos Identificados. ....	76



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABRAMAN</b>	Associação Brasileira de Manutenção
<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ABS</b>	<i>American Bureau of Shipping</i>
<b>BSI</b>	<i>British Standard Institute</i>
<b>CNC</b>	Comando Numérico Computadorizado
<b>FBD</b>	<i>Functional Block Diagrams</i>
<b>FMEA</b>	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
<b>FMECA</b>	<i>Failure Modes Effects and Criticality Analysis</i>
<b>IAM</b>	<i>The Institute of Asset Management</i>
<b>IEC</b>	<i>International Electrotechnical Commission</i>
<b>INCOSE</b>	<i>International Council on Systems Engineering</i>
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>MTBF</b>	<i>Mean Time Between Failures</i>
<b>NBR</b>	Norma Brasileira Regulamentadora
<b>PAS</b>	<i>Publicly Available Specification</i>
<b>RCM</b>	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
<b>RPN</b>	<i>Risk Priority Number</i>
<b>SAE</b>	<i>Society of Automotive Engineers</i>
<b>SENAI</b>	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
<b>SIPOC</b>	<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customers</i>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
1.1	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	PERGUNTAS DA PESQUISA .....	15
1.3	OBJETIVO GERAL .....	16
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.5	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	16
1.6	ESTRUTURA DO TEXTO .....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	GESTÃO DE ATIVOS .....	18
2.2	GESTÃO DE RISCOS.....	20
2.2.1	Comunicação e consulta .....	21
2.2.2	Estabelecimento de contexto.....	22
2.2.3	Identificação de riscos.....	22
2.2.4	Análise de riscos .....	22
2.2.5	Avaliação de riscos .....	23
2.2.6	Tratamento de riscos .....	23
2.2.7	Monitoramento e análise crítica.....	24
2.3	FALHAS DOS ATIVOS .....	24
2.3.1	Relação entre Idade e Falha .....	25
2.3.2	Falhas Potenciais e Curva P-F .....	27
2.3.3	Falhas Ocultas ou Evidentes .....	29
2.4	<i>BRAINSTORMING</i> .....	29
2.4.1	Utilização .....	30
2.4.2	Processo formal.....	30
2.4.3	Pontos fortes e limitações .....	31
2.5	<i>FAILURE MODES EFFECTS AND ANALYSIS (FMEA)</i> .....	32
2.6	<i>RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)</i> .....	33
2.6.1	Contexto Operacional .....	35
2.6.2	Função e Padrão de Desempenho .....	36
2.6.3	Falha Funcional.....	37
2.6.4	Modo de Falha .....	38
2.6.5	Efeito da Falha .....	39
2.6.6	Severidade.....	39
2.6.7	Ocorrência.....	40
2.6.8	Detecção.....	41

2.6.9	Risco .....	41
2.6.10	Avaliação das Consequências das Falhas .....	42
2.6.10.1	Consequências de Segurança .....	42
2.6.10.2	Consequências Ambientais .....	43
2.6.10.3	Consequências Operacionais.....	43
2.6.10.4	Consequências não Operacionais .....	43
2.6.11	Seleção de Tarefas .....	43
2.6.11.1	Manutenção Preditiva: Tarefas de manutenção baseada na condição.....	44
2.6.11.2	Manutenção Preventiva: Recuperação Programada e Substituição Programada	45
2.6.11.3	Manutenção Reativa: Tarefas de Procura de Falhas .....	47
2.6.11.4	Combinações de Tarefas .....	48
2.6.11.5	Manutenção Reativa: Operar até a falha .....	48
2.6.11.6	Reprojeto de partes do ativo.....	48
2.7	PAS 55 – GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS.....	50
2.7.1	Política de Gestão de Ativos .....	51
2.7.2	Estratégia de Gestão de Ativos .....	51
2.7.3	Objetivos da Gestão de Ativos.....	52
2.7.4	Plano da Gestão de Ativos .....	52
2.7.5	Gestão de Riscos .....	53
3	MÉTODO PROPOSTO .....	55
3.1	Fase 1 - Identificação de Riscos.....	57
3.1.1	Etapa 1A: Descrever o Contexto Operacional dos Ativos.....	59
3.1.2	Etapa 1B: Identificar Riscos conforme Contextos Operacionais dos Ativos.....	60
3.2	Fase 2 - Análise de Riscos .....	61
3.2.1	Etapa 2A: Identificar as Funções e os Padrões de Desempenho.....	62
3.2.2	Etapa 2B: Identificar as Falhas Funcionais.....	63
3.2.3	Etapa 2C: Identificar os Modos de Falha.....	63
3.2.4	Etapa 2D: Identificar os Efeitos da Falha .....	64
3.2.5	Etapa 2E: Quantificar o Risco.....	64
3.3	Fase 3 – Controle dos Riscos .....	67
3.3.1	Etapa 3A: Selecionar as Tarefas de Manutenção.....	68
3.3.2	Etapa 3B: Elaborar o Plano de Gestão de Ativos.....	70
4	APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO .....	73
4.1	Fase 1 - Identificação de Riscos.....	73
4.2	Fase 2 - Análise de Riscos .....	75
4.3	Fase 3 – Controle dos Riscos .....	80
4.4	Resultados .....	81

5 CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	84
5.1 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	86
REFERÊNCIAS .....	87
GLOSSÁRIO.....	90

## 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo é constituído de seis seções. A primeira e a segunda seções abordam a contextualização do problema e apresentam as perguntas que o trabalho visa responder. As seções três e quatro apresentam os objetivos geral e específicos, com as descrições das propostas a serem entregues pelo trabalho. A seção cinco estabelece os limites do trabalho. Finalmente, a seção seis apresenta a estrutura do texto do trabalho.

### 1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A globalização está aumentando a concorrência industrial em nível internacional e, conforme o tempo passa, as ameaças à sobrevivência do negócio tornam-se mais fortes. Desse modo, para garantir a sobrevivência no curto, médio e longo prazo, a rentabilidade dos ativos precisa atingir níveis superiores ao atual. Isso implica assegurar a melhoria da produtividade e da rentabilidade, ao mesmo tempo que critérios como segurança, qualidade do produto e eficiência de produção também precisam ser melhorados. Além disso, é necessário reduzir os custos de manutenção (HUGGETT, 2012).

Nesse cenário, o tópico Gestão de Ativos está emergindo como uma grande expectativa para as organizações competentes. Ele aborda áreas desde a gestão de negócios e a gestão financeira, compreendendo também as áreas técnica, engenharia, operações e gestão da manutenção (IAM, 2012).

A Gestão de Ativos permite que uma organização obtenha valor a partir dos ativos no alcance de seus objetivos organizacionais. Apoiar a obtenção de valor, enquanto equilibra os seus custos financeiros, ambientais e sociais, risco, qualidade de serviço e desempenho relacionados aos ativos (ABNT, 2014).

A partir desta constatação, em março de 2009 foi criado o *Global Forum on Maintenance & Asset Management* – GFMAM. Neste fórum, as mais importantes associações de Gestão de

Ativos do mundo estão trabalhando em conjunto para desenvolver e padronizar publicações, normas, processos de certificação e discutir as questões comuns que afetam estas instituições. Diante deste objetivo, foi criado o PAS 55, um procedimento técnico com requisitos que visam estabelecer uma gestão abrangente e aperfeiçoar o sistema de gestão para todos os tipos de ativos físicos das empresas. Este procedimento contempla o desempenho, a sustentabilidade, os riscos e os custos gerados ao longo do ciclo de vida dos ativos (ABRAMAN, 2014).

Dessa forma, o método proposto é baseado no PAS 55 pelos seguintes motivos: foi o primeiro procedimento técnico criado para descrever os requisitos para a implantação da Gestão de Ativos; é amplamente citado na literatura técnica e; é a fonte dos principais requisitos e princípios da primeira edição da norma internacional ISO 55000:2014 - *Asset management - Overview, principles and terminology*, que fornece uma visão geral da gestão de ativos, seus princípios, terminologia e os benefícios esperados com a adoção da gestão de ativos, esta dissertação.

No entanto, a área Gestão de Ativos, bem como o PAS 55, são assuntos novos na literatura técnica. O PAS 55, ao abordar a Gestão de Ativos como um dos pontos estratégicos das organizações, propondo que a Política, a Estratégia e os Objetivos dos Ativos façam parte do Plano Estratégico Organizacional, abre espaço para muitos debates entre empresários, engenheiros e outras partes interessadas.

Dessa forma, essa área precisa amadurecer bastante, pois propõe a integração das ações de gestão de ativos físicos levando em conta os ativos humanos, informacionais, financeiros e intangíveis, em todas as fases do ciclo de vida do ativo.

Portanto, muitos estudos são necessários para formar uma grande massa crítica sobre o tema, uma vez que a literatura publicada ainda trata o tema de forma abrangente, sem aprofundar os critérios do PAS 55.

## 1.2 PERGUNTAS DA PESQUISA

O PAS 55 é um conjunto complexo de procedimentos, que demanda o envolvimento de diversas partes interessadas. No entanto, o PAS 55 indica apenas o que deve ser feito e não estabelece métodos para a implantação dos requisitos (BSI, 2008).

Na literatura técnica existem diversos métodos gerenciais e técnicos que poderiam ser empregados para a implementação do PAS 55. No entanto, a abordagem completa dos procedimentos do PAS 55 seria um trabalho muito extenso, que extrapolaria o objetivo de uma dissertação de mestrado. Desse modo, o escopo do trabalho é pesquisar métodos na literatura técnica que apresentem uma relação boa de custo-benefício para a implantação da Gestão de Riscos em conformidade com o PAS 55.

A Gestão de Riscos é um princípio importante para a gestão de ativos proativa. O objetivo geral é entender a causa, o efeito e a probabilidade de ocorrência de eventos adversos, para gerenciar de forma ótima tais riscos a um nível aceitável e fornecer uma trilha de auditoria para a gestão de riscos (BSI, 2008).

Conforme motivação apresentada, o problema abordado nesse trabalho visa responder às seguintes questões:

- Existem técnicas ou ferramentas na literatura que possibilitem a implementação da Gestão de Riscos em conformidade com o PAS 55:2008?

- Quais processos destas técnicas ou ferramentas são mais aderentes aos objetivos do PAS 55:2008?

- Qual a sequência de aplicação das técnicas ou ferramentas está mais alinhada com os objetivos do PAS 55:2008?

### **1.3 OBJETIVO GERAL**

O trabalho visa propor um método para a implantação da Gestão de Riscos dos ativos físicos, em conformidade com os requisitos do PAS55:2008 – Gestão de Ativos Físicos.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para a consecução do objetivo geral, foram identificados os seguintes objetivos específicos:

- a. Objetivo Específico 1 – analisar o cenário atual da Gestão de Ativos e da Gestão de Riscos.
- b. Objetivo Específico 2 – elaborar um método para a Identificação de Riscos, a Análise de Riscos e o Controle de Riscos em conformidade com o PAS 55.
- c. Objetivo Específico 3 – analisar a aderência do método em relação aos requisitos do PAS 55.

### **1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA**

Considerando a complexidade do tema Gestão de Ativos, o objetivo do trabalho limita-se a apresentar uma proposta de implementação do requisito Gestão de Riscos em conformidade com o PAS 55:2008 – Gestão de Ativos Físicos.

O próprio tema Gestão de Riscos já é amplo. Como exemplo, a norma ABNT NBR ISO/IEC 31010: 2012, que descreve técnicas para o processo de avaliação de riscos, apresenta 31 técnicas que abordam parte ou completamente a Gestão de Riscos.

Dessa forma, o trabalho não aborda os demais requisitos do PAS 55.

Além disso, considerando que os resultados de uma aplicação de um método de Gestão de Riscos tornam-se consistentes ao longo de vários anos e a partir de uma grande quantidade de amostras, o método proposto não é aplicado em uma simulação.



## **1.6 ESTRUTURA DO TEXTO**

O presente trabalho está estruturado em 5 Capítulos, incluindo a Introdução.

O Capítulo 2 trata da fundamentação teórica sobre os temas Gestão de Ativos, Gestão de Riscos, Falhas nos Ativos, Técnicas para a Gestão de Riscos (*Brainstorming*, FMECA, RCM), e PAS 55 – Gestão de Ativos Físicos. Neste capítulo, os temas são tratados de forma que apresentem uma relação entre si.

O Capítulo 3 apresenta o método proposto para a Identificação de Riscos, Análise de Riscos e Controle dos Riscos, bem como os passos para a implementação da Gestão de Riscos em conformidade com o PAS 55.

O Capítulo 4 apresenta a aplicação do método proposto em um ativo utilizado em aulas do Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI.

Finalmente, o Capítulo 5 apresenta as conclusões e propostas para desenvolvimentos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos pesquisados na literatura sobre os temas que embasam teoricamente o trabalho. É constituído de 7 seções: Gestão de Ativos, Gestão de Riscos, Falhas dos Ativos, *Brainstorming*, *Failure Modes and Effects Analysis*, *Reliability Centered Maintenance* e PAS 55 – Gestão de Ativos Físicos.

### 2.1 GESTÃO DE ATIVOS

A gestão de ativos possibilita que uma organização obtenha valor a partir dos ativos, tendo em vista seus objetivos organizacionais. A agregação de valor dependerá destes objetivos, da natureza e finalidade da organização e das necessidades e expectativas de suas partes interessadas. A gestão de ativos apoia a obtenção de valor enquanto equilibra os seus custos financeiros, ambientais e sociais, risco, qualidade de serviço e desempenho relacionados aos ativos (ABNT, 2014).

Para BSI (2008), gestão de ativos são atividades, práticas sistemáticas e coordenadas, pelas quais uma organização gerencia, de forma ótima e sustentável, seus ativos e sistemas de ativos, os desempenhos associados a eles, os riscos e despesas ao longo dos seus ciclos de vida com o propósito de cumprir o planejamento estratégico organizacional.

Segundo IAM (2012), a gestão de ativos pode ser melhor definida como uma estrutura de integração que permite as organizações alcançarem seus objetivos explícitos de forma estruturada. Elas podem optar por empregar quaisquer combinações de ferramentas e técnicas para alcançar estes objetivos, desde que sejam devidamente aplicadas e que agreguem valor.

Woodhouse (2011) enfatiza que uma organização que aplica uma boa gestão de ativos é aquela que entende claramente quais ativos são críticos e onde a agregação de valor está, refletindo diretamente os objetivos da organização e as expectativas das partes interessadas.

BSI (2008) complementa, afirmando que a implantação efetiva da gestão de ativos exige uma abordagem disciplinada, que inclui a determinação apropriada de quais ativos adquirir ou criar, como operá-los e mantê-los da melhor forma e a adoção de opções otimizadas de renovação, descarte e/ou restauração.

Em contrapartida, El-Akruti *et al.* (2013), baseado em seus estudos de caso, destaca que os efeitos da ausência ou do uso inadequado dos elementos da estrutura de gestão de ativos podem resultar em impactos negativos no custo, na produtividade, na qualidade e, finalmente, nos resultados do negócio. Estes mesmos autores afirmam que os mecanismos de planejamento e de controle de gestão de ativos são fundamentais para alcançar a estratégia da organização.

Com o intuito de descrever o escopo global da gestão de ativos, *The Institute of Asset Management - IAM* (2012) desenvolveu o modelo conceitual apresentado na Figura 1. Este modelo destaca o fato de que a Gestão de Ativos aborda a integração desses grupos de atividades e não apenas as atividades de forma isolada. O modelo também enfatiza a questão fundamental de que a Gestão de Ativos foi criada para servir aos objetivos da organização.

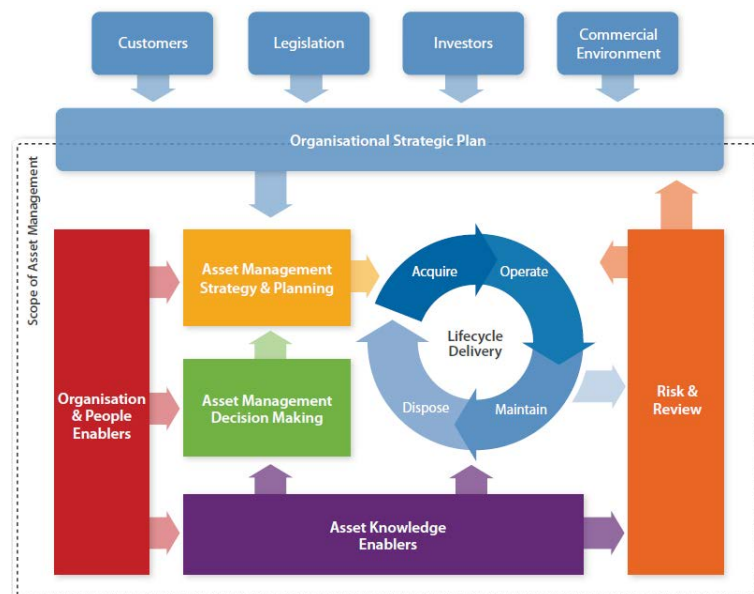


Figura 1 – Escopo da Gestão de Ativos.  
Fonte: IAM (2012).

## 2.2 GESTÃO DE RISCOS

Organizações de todos os tipos e tamanhos enfrentam uma série de riscos que podem comprometer a realização dos objetivos relacionados às atividades da organização, que incluem desde iniciativas estratégicas até suas operações, processos e projetos. Nesse contexto, o processo de gestão de riscos auxilia a tomada de decisão, levando em consideração as incertezas e a possibilidade de circunstâncias ou eventos futuros (intencionais ou não intencionais) e seus efeitos sobre os objetivos acordados (ABNT, 2012).

No entanto, Roedler (2006) e Powell (2006) alertam para a grande quantidade de normas de gestão de riscos, que geralmente são conflitantes e raramente são completas, sendo que não existe uma norma aceita por todos os setores industriais. Roedler (2006) ressalta ainda, que essa grande massa de informação tem crescido de forma desordenada, o que leva a algumas incoerências significativas.

Contudo, o IAM (2012) afirma que a gestão de riscos é um alicerce fundamental para tomadas de decisão sustentáveis no âmbito da Gestão de Ativos. Ele facilita a constante evolução e o equilíbrio entre desempenho, custo e risco, assegurando simultaneamente os mecanismos de realimentação e de revisão, a fim de facilitar a adaptação dos objetivos e a evolução da compreensão da importância dos ativos para a organização.

A ABNT (2009) define os elementos centrais do processo de gestão de riscos, conforme apresentado na estrutura da Figura 2, que são descritos na sequência deste capítulo.

A descrição do processo de Gestão de Riscos desta seção é baseada na norma ABNT NBR ISO/IEC 31010: 2012: Gestão de riscos - Técnicas para o processo de avaliação de riscos, pois, segundo a ABNT (2012, p. xiii):

“Esta Norma destina-se a refletir as boas práticas atuais na seleção e utilização das técnicas para o processo de avaliação de riscos e não se refere a conceitos novos ou em evolução que não tenham atingido um nível satisfatório de consenso profissional.”

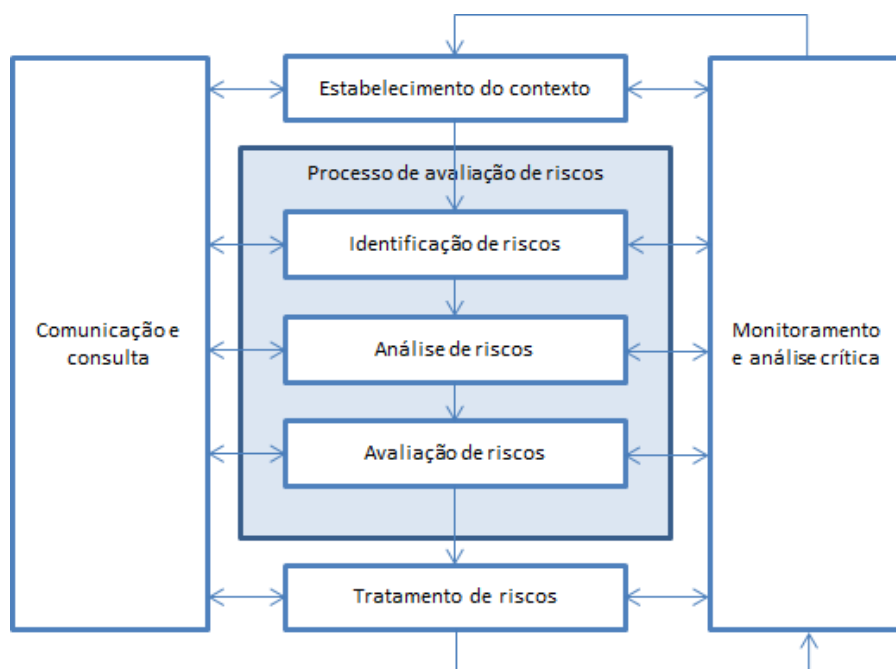


Figura 2 – Processo de Gestão de Riscos.  
Fonte: ABNT (2009).

### 2.2.1 Comunicação e consulta

O processo de avaliação de riscos bem-sucedido depende de comunicação e consulta eficazes com as partes interessadas. O envolvimento das partes no processo de riscos irá auxiliar:

- no desenvolvimento de um plano de comunicação e na aprovação e apoio para um plano de tratamento de riscos,
- na definição do contexto de forma apropriada, assegurando que os interesses das partes interessadas sejam compreendidos e considerados,
- a reunir diferentes áreas de conhecimento especializado para a identificação e análise de riscos, considerando diferentes pontos de vista na avaliação de riscos e, dessa forma, assegurando que os riscos sejam devidamente identificados (ABNT, 2012).

### 2.2.2 Estabelecimento de contexto

Na gestão de riscos, o contexto a ser estabelecido contempla os parâmetros internos e externos relevantes para a organização como um todo, o escopo, os critérios para o restante do processo e o conhecimento dos riscos específicos a serem avaliados.

Ao se estabelecer o contexto, os objetivos do processo de avaliação de riscos, os critérios de risco e o programa para o processo de avaliação de riscos são determinados e acordados (ABNT, 2012).

### 2.2.3 Identificação de riscos

A organização deve identificar as fontes de risco, áreas de impactos, eventos e suas causas e consequências potenciais. Com base nisso, a finalidade desta etapa é gerar uma lista abrangente de riscos que possam criar, aumentar, evitar, acelerar ou atrasar a realização dos objetivos. A identificação abrangente é crítica, pois um risco que não é identificação nesta fase, poderá não ser incluído em análises posteriores.

Para uma identificação de riscos eficaz, a organização deve incluir todos os riscos, estando suas fontes sob o controle da organização ou não, mesmo que as fontes ou causas dos riscos possam não ser evidentes. É importante que também seja considerada uma ampla gama de consequências. Além de identificar o que pode acontecer, é necessário considerar possíveis causas e cenários que mostrem quais consequências podem ocorrer (ABNT, 2012).

### 2.2.4 Análise de riscos

A análise de riscos objetiva desenvolver a compreensão dos riscos. Dessa forma, fornece uma entrada para a avaliação de riscos, para as decisões sobre a necessidade dos riscos serem tratados e sobre as estratégias e métodos mais adequados de tratamento de riscos, considerando diferentes tipos e níveis de risco.

A análise de riscos envolve a apreciação das causas e das fontes de risco, suas consequências positivas e negativas, e a probabilidade de que essas consequências possam ocorrer.

É importante que a forma em que as consequências e a probabilidade são expressas, além do modo com que são combinadas para determinar um nível de risco, reflitam o tipo de risco, as informações disponíveis e a finalidade para a qual a saída do processo de avaliação de riscos é utilizada (ABNT, 2012).

#### 2.2.5 Avaliação de riscos

A finalidade da avaliação de riscos é auxiliar na tomada de decisões com base nos resultados da análise de riscos, sobre quais riscos necessitam de tratamento e a prioridade para a implementação do tratamento.

Em algumas circunstâncias, a avaliação de riscos pode levar à decisão de se realizar uma análise mais aprofundada. Em outras, a avaliação de riscos também pode levar à decisão de não se tratar o risco de nenhuma outra forma, além de manter os controles existentes. Esta decisão é influenciada pela atitude da organização perante o risco e pelos critérios de risco que foram estabelecidos (ABNT, 2012).

#### 2.2.6 Tratamento de riscos

A partir do processo de avaliação de riscos, o tratamento de riscos visa selecionar uma ou mais opções pertinentes para alterar a probabilidade de ocorrência, o efeito dos riscos, ou ambos, e a implementação destas opções.

Essa fase é acompanhada por um processo cíclico de reavaliação do novo nível de risco, tendo em vista a determinação de sua tolerabilidade em relação aos critérios previamente definidos, a fim de decidir se um tratamento adicional é requerido (ABNT, 2012).

### 2.2.7 Monitoramento e análise crítica

Como parte do processo de gestão de riscos, é importante que os riscos e os controles sejam regularmente monitorados e analisados criticamente para verificar se:

- as premissas sobre os riscos e as premissas nas quais o processo de avaliação de riscos é baseado, incluindo o contexto externo e interno, permanecem válidas;
- os resultados esperados estão sendo alcançados;
- as técnicas do processo de avaliação de riscos estão sendo aplicadas de maneira apropriada;
- os tratamentos de risco são eficazes (ABNT, 2012).

## 2.3 FALHAS DOS ATIVOS

IAM (2012) alerta que o aumento do risco de falhas nos ativos, em função do uso, pode aumentar consideravelmente os custos de manutenção para manter a condição do ativo dentro dos padrões de desempenho estabelecidos. Dessa forma, é importante entender as características das falhas, a fim de selecionar ações de manutenção que sejam efetivas e que apresentem boa relação custo-benefício.

Segundo Moubray (1997), falha pode ser definida como a incapacidade do ativo executar o que os usuários desejam que ele faça. Para Bloom (2006), a falha de um componente ocorre quando o componente não fornece a sua função projetada ou desejada.

Com o intuito de compreender como as falhas afetam os ativos, e os riscos associados, é importante compreender alguns conceitos relativos às falhas, como segue: Relação entre Idade e Falha, Falhas Potenciais e Curva P-F, e Falhas Ocultas ou Evidentes.



### 2.3.1 Relação entre Idade e Falha

Em geral, os padrões de falha relacionados com a idade aplicam-se a itens que são muito simples, ou para itens complexos que sofrem de um modo de falha dominante. Na prática, eles são comumente associados com o desgaste direto (na maioria das vezes em que o equipamento entra em contato direto com o produto), fadiga, corrosão, oxidação e evaporação (SAE, 2011).

No entanto, a probabilidade condicional de falha pode aumentar com a idade (ou com a exposição ao estresse), pode permanecer constante com a idade ou, ainda, pode diminuir com a idade (SAE, 2009). Segundo Moubray (1997), probabilidade condicional de falha é a probabilidade de que uma falha irá ocorrer em um período específico, desde que o item em questão tenha sobrevivido desde o início desse período.

Para SAE (2011), Moubray (1997) e United States (2007) existem seis conjuntos de formas em que a probabilidade condicional de falha varia conforme um item envelhece, como mostrado na Figura 3.

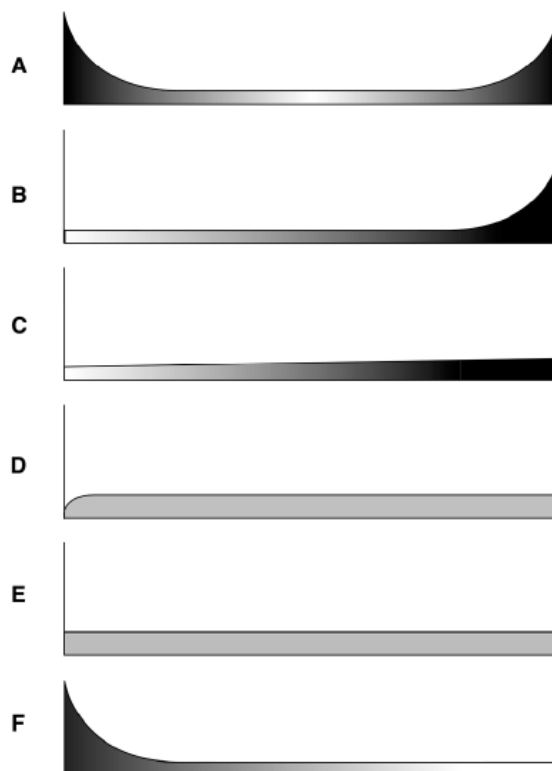


Figura 3 – Os 6 padrões de falha (Probabilidade de falha x Tempo de uso).  
Fonte: SAE (2011).

O Padrão A é comumente conhecido como “curva da banheira”. Ele começa com uma alta incidência de falha (conhecida como “mortalidade infantil”), seguido por uma probabilidade condicional de falha constante (ou com crescimento lento e gradual) e termina com um rápido aumento da probabilidade condicional de falha (por vezes chamado de "zona de desgaste").

O Padrão B começa com uma probabilidade condicional de falha constante (ou com crescimento lento e gradual) e termina com um rápido aumento da probabilidade condicional de falha (zona de desgaste).

O Padrão C apresenta um aumento lento e gradual na probabilidade condicional de falha, mas não há nenhuma zona de desgaste identificável.

O Padrão D apresenta baixa probabilidade condicional de falha quando o item é novo e, em seguida, apresenta um rápido aumento da probabilidade até atingir um nível constante (ou que aumenta muito lentamente).

O Padrão E apresenta uma probabilidade condicional de falha constante em todas as idades (falhas aleatórias).

O Padrão F começa com alta mortalidade infantil, caindo para uma probabilidade condicional constante (ou que aumenta muito lentamente) (SAE, 2011).

United States (2007) apresenta estudos sobre a distribuição percentual das probabilidades condicionais de falha em componentes e equipamentos de aeronaves, conforme pode ser visto na Figura 4.

Em função destes estudos, as análises realizadas por United States (2007) demonstram que:

- Falhas aleatórias predominam em relação a falhas relacionadas com a idade. A mortalidade infantil é comum;

- A mortalidade infantil persiste (é necessário um tempo significativo para a transição da mortalidade infantil para o estado de probabilidade condicional de falha constante);
- A probabilidade condicional de falha nunca é zero;
- A forma da curva característica da probabilidade condicional de falha é altamente dependente da configuração do sistema.
- Itens simples tendem a apresentar desgaste (curvas A, B e C), enquanto que itens complexos tendem a apresentar falhas aleatórias (curvas D, E e F).

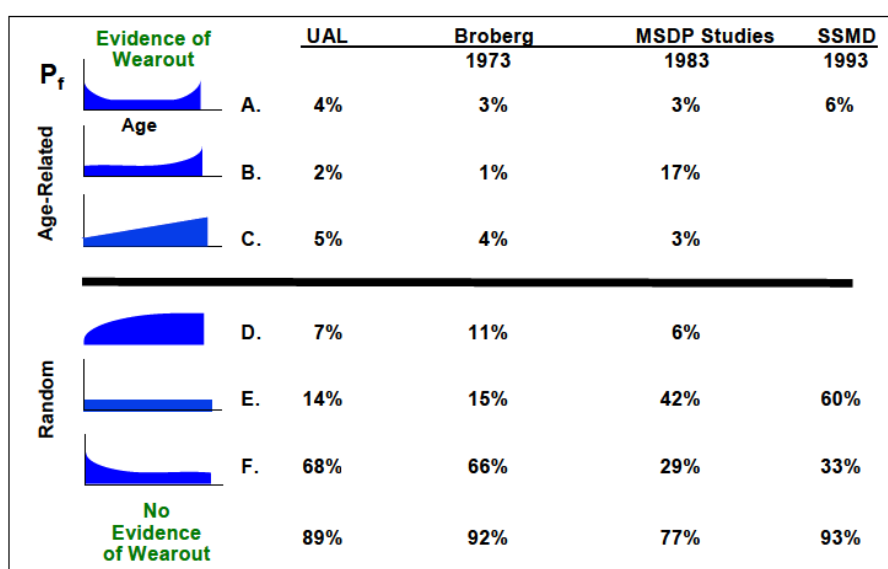


Figura 4 – Estudos sobre probabilidades condicionais de falha.  
Fonte: United States (2007).

### 2.3.2 Falhas Potenciais e Curva P-F

A maioria dos modos de falha não ocorrem instantaneamente. Nesses casos, muitas vezes é possível detectar que os itens analisados estão em fase final de deterioração antes mesmo que eles atinjam o estado de falha. Esta evidência de falha iminente é conhecida como <falha potencial> (SAE, 2011).

Segundo Moubray (1997), uma falha potencial é uma condição detectável que indica que uma falha funcional está prestes a ocorrer.

Quando esta condição puder ser detectada, é possível tomar medidas que impeçam o item de falhar completamente e/ou evitem as consequências do modo de falha.

A Figura 5 ilustra o que acontece na etapa final do processo de falha, chamada de curva P-F. Esta curva mostra como uma falha começa, deteriora-se até o ponto em que pode ser detectada ("P") e, se não for corrigida, como continua a deteriorar-se normalmente a uma velocidade acelerada até atingir o ponto de falha funcional ("F").

Se for detectada uma falha potencial entre o ponto P e ponto F, este é o momento em que pode ser possível tomar medidas para evitar a ocorrência da falha funcional e/ou evitar as suas consequências (SAE, 2011).

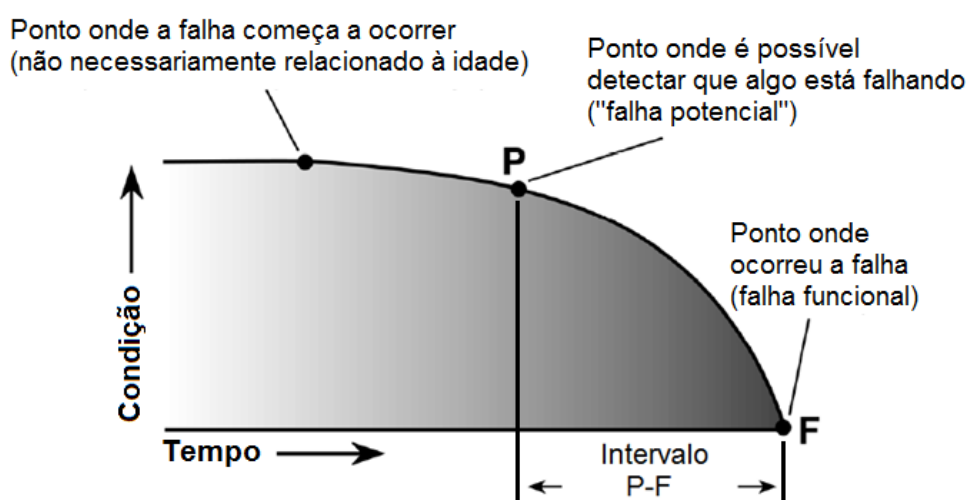


Figura 5 – Falha Potencial e Intervalo P-F.  
Fonte: Adaptado de SAE (2011).

Além da própria falha potencial, é também necessário considerar a quantidade de tempo que decorre entre o ponto em que ocorre uma falha potencial até o ponto em que ocorre uma falha funcional, conhecido como intervalo de P-F (ver Figura 5).

Para Moubrey (1997), a fim de detectar a falha potencial antes de tornar-se uma falha funcional, o intervalo entre os controles deve ser menor do que o intervalo de P-F. É também essencial que a condição de falha potencial seja suficientemente clara para que uma pessoa treinada que realizar a verificação possa detectar a falha potencial.

O intervalo pode ser medido em qualquer unidade que forneça uma indicação da exposição ao estresse (tempo de funcionamento, unidades produzidas, ciclos de máquina etc.) Para diferentes modos de falha, ele pode variar de frações de segundo até várias décadas.

Este intervalo pode ser utilizado para determinar a frequência das ações de manutenção proativas (SAE, 2011).

### 2.3.3 Falhas Ocultas ou Evidentes

Alguns modos de falha ocorrem de tal forma que ninguém sabe que o item está em um estado de falha, a menos que alguma outra falha (ou evento anormal) também ocorra. Estes são conhecidos como falhas ocultas.

Uma falha oculta é um modo de falha cujos efeitos não se tornam evidentes para os operadores sob circunstâncias normais, quando somente este modo de falha ocorre (SAE, 2011). Elas não são detectadas quando ocorrem, porque existe algum tipo de redundância que assegura que a função continue sendo atendida. Contudo, estas falhas diminuem perigosamente a confiabilidade do sistema (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Por outro lado, uma falha evidente é um modo de falha cujos efeitos se tornam evidentes para os operadores sob circunstâncias normais, quando somente este modo de falha ocorre (SAE, 2011).

## 2.4 **BRAINSTORMING**

A técnica *Brainstorming* visa estimular e incentivar o livre fluxo de conversação entre um grupo de pessoas conhecedoras de determinado assunto, a fim de identificar os modos de falha potenciais e seus riscos associados, os critérios para decisões e/ou opções para tratamento dos riscos. A técnica *Brainstorming* envolve técnicas específicas para tentar assegurar que a

imaginação das pessoas seja provocada pelos pensamentos e declarações de outras pessoas no grupo.

Para Keeney (2012), a técnica *Brainstorming* tem sido muito utilizada para orientar um grupo de indivíduos no processo criativo de geração de alternativas. A intenção é gerar o maior número de alternativas possíveis, evitando qualquer avaliação da qualidade das alternativas geradas.

A atuação eficaz de um facilitador é muito importante nesta técnica, pois inclui o estímulo da discussão desde o início, provocando periodicamente o grupo em outras áreas pertinentes, além da captura das questões que emergem da discussão (ABNT, 2012).

#### 2.4.1 Utilização

O *Brainstorming* pode ser utilizado em conjunto com outros métodos para o processo de avaliação de riscos, seja em discussões de alto nível ou para análise crítica mais detalhada de um problema em particular.

Por se tratar de uma técnica utilizada para incentivar o pensamento criativo em qualquer estágio do processo de gestão de riscos e do ciclo de vida de um sistema, ele é particularmente útil para identificar os riscos em novas tecnologias, onde não existem dados ou onde soluções inovadoras são necessárias (ABNT, 2012).

#### 2.4.2 Processo formal

No processo formal do *Brainstorming* os participantes são preparados com antecedência, como segue:

- Previamente à sessão, o facilitador prepara instruções e estímulos ao pensamento, apropriados ao contexto;
- Os objetivos da sessão são definidos e as regras explicadas;

- O facilitador começa uma linha de pensamento. A partir disso, qualquer participante pode explorar ideias, identificando tantas questões quanto possível. Neste momento, não há discussão, pois isto tende a inibir o livre fluxo do pensamento. Todas as entradas são aceitas, sem críticas, possibilitando o surgimento de ideias que estimulam o pensamento lateral;

- O facilitador pode direcionar o *Brainstorming* para uma nova linha de pensamento quando o assunto está esgotado. A ideia, porém, é coletar o maior número possível de ideias para análise posterior (ABNT, 2012).

### 2.4.3 Pontos fortes e limitações

Os pontos fortes do *Brainstorming* incluem:

- O incentivo à imaginação, o que ajuda a identificar novos riscos e soluções inovadoras;
- O envolvimento das partes interessadas, contribuindo para o comprometimento e para a comunicação global;
- Em relação a outras técnicas, a preparação é rápida e fácil (ABNT, 2012).

As limitações incluem:

- Os participantes podem não ter a habilidade e o conhecimento para contribuir eficazmente;
- A técnica é pouco estruturada, sendo difícil demonstrar que o processo foi abrangente. Por exemplo, em um processo de identificação de riscos, não é possível afirmar que todos os riscos potenciais foram identificados;
- Em dinâmicas de grupo, algumas pessoas com ideias valiosas podem permanecer quietas, enquanto outras dominam a discussão (ABNT, 2012).

## 2.5 **FAILURE MODES EFFECTS AND ANALYSIS (FMEA)**

A técnica FMEA compreende processos utilizados para identificar e documentar as funções, falhas funcionais, modos de falha e efeitos de falha de um item. É usada para determinar a significância das falhas funcionais em termos de Segurança, Meio Ambiente, Operações e Economia. Além disso, classifica a gravidade de cada efeito de falha de acordo com os critérios de classificação de gravidade estabelecidos e fornece informações da taxa de falhas (UNITED STATES, 2005).

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), FMEA é uma técnica sistemática que fornece uma análise do risco de falha que permite aos engenheiros concentrar esforços nos componentes que apresentam maior risco de falha.

A análise do modo, efeito e criticidade da falha - FMECA (*Failure Modes Effects and Criticality Analysis*) é uma extensão do FMEA, onde cada modo de falha identificado é classificado de acordo com sua importância ou criticidade. Esta análise de criticidade é normalmente qualitativa ou semiquantitativa, porém, pode ser quantificada utilizando taxas reais de falha (ABNT, 2012).

Existem diversas maneiras de classificar a criticidade. Os autores Vinodh e Santhosh (2012), Xiao *et al.* (2011), Oldenhof *et al.* (2011), Barends *et al.* (2012) e Yssaad *et al.* (2014) utilizam, em seus estudos de caso, o número de prioridade de risco (*Risk Priority Number* – RPN) para classificar a criticidade. Segundo a ABNT (2012), RPN é uma medida semiquantitativa da criticidade, obtida pela multiplicação de números em escalas de classificação para consequência de falha, probabilidade de falha e capacidade de detectar o problema.

A ABNT (2012) destaca os pontos fortes desta técnica. O FMEA/FMECA é amplamente aplicável a modos de falha humana, de equipamentos, e de sistemas, e para hardware, software e procedimentos, pois a análise é documentada em formato facilmente legível. Além disso, ao



identificar antecipadamente os problemas no processo de projeto, os modos de falha pontuais e os requisitos para sistemas redundantes ou de segurança, a aplicação do FMEA/FMECA evita a necessidade de modificações dispendiosas no equipamento em serviço. Finalmente, fornece entrada para o desenvolvimento de programas de monitoramento, destacando as características principais a serem monitoradas.

No entanto, a técnica não é recomendada para o processo de identificação da combinação de modos de falha. Além disso, os estudos podem ser demorados e onerosos se não forem adequadamente controlados e focados ou quando aplicados em sistemas complexos.

Os elementos principais do FMECA (Função, Falha Funcional, Modo de Falha, Efeito da Falha, Severidade, Ocorrência, Detecção e Risco) são descritos na Seção 2.6, em conformidade com os requisitos da técnica RCM, pois o FMECA é parte essencial do processo de aplicação da RCM.

## **2.6 RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)**

RCM é uma técnica analítica empregada para determinar as melhores estratégias de gestão de falhas, incluindo requisitos de manutenção e outras ações que são necessárias para garantir a segurança das operações e a tomada de decisões baseadas em uma análise prévia da relação custo-benefício. Este processo de desenvolvimento de requisitos de manutenção, composto de um pacote de documentação auditável, baseia-se na confiabilidade dos vários componentes, na gravidade das consequências relacionadas com a segurança na ocorrência de falhas e na relação custo-benefício das tarefas (UNITED STATES, 2005).

Segundo Bloom (2006), RCM é uma forma lógica de identificar qual equipamento precisa ser mantido com técnicas de manutenção preventiva, ao invés de simplesmente operar até falhar.

Para SAE (2011), a principal característica da técnica RCM é a preocupação em manter as funções do ativo ao invés das características do mesmo. Desse modo, para a definição das suas funções, necessita-se, inicialmente, determinar quais são as exigências dos usuários quanto a sua funcionalidade e, posteriormente, assegurar-se de que os equipamentos sejam capazes de alcançar as expectativas dos usuários, levando-se em conta o seu contexto operacional.

Fogliatto e Ribeiro (2009) acrescentam que, devido a uma abordagem racional e sistemática, os programas de RCM tem sido reconhecidos como a forma mais eficiente de tratar as questões de manutenção. Eles permitem que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições.

A eficácia do RCM está baseada em alguns pilares próprios desse programa. Entre esses pilares, podem ser destacados: amplo envolvimento de engenheiros, operadores e técnicos de manutenção, caracterizando um ambiente de engenharia simultânea; ênfase no estudo das consequências das falhas, que direcionam todas as tarefas de manutenção; abrangência das análises, que consideram questões associadas à segurança, meio ambiente, operação e custos; ênfase nas atividades proativas, envolvendo tarefas preditivas e preventivas; combate às falhas escondidas, que reduzem a confiabilidade do sistema (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

Moubray (1997) destaca que, de forma geral, o processo RCM baseia-se em sete questões principais sobre os ativos e seus subsistemas, como se segue:

1. Quais são as funções e os padrões de desempenho associados aos itens no seu contexto operacional atual?
2. De que forma as funções falham?
3. O que causa cada falha funcional?
4. Quais são as consequências da falha?
5. Qual é a importância da falha?

6. O que poderia ser feito para prever ou prevenir a falha?

7. O que deve ser feito se não se pode prever ou prevenir a falha?

A seguir, são apresentados os elementos que compõem o RCM, bem como a sequência lógica de aplicação.

### 2.6.1 Contexto Operacional

O contexto operacional de um ativo é a descrição das circunstâncias em que o mesmo é utilizado. Segundo SAE (2011), a descrição do contexto operacional para um ativo físico normalmente inclui uma breve descrição geral de questões específicas ao ativo, podendo abranger:

- a. Tipo de processos: em lotes ou contínuos;
- b. Padrões de qualidade: demandas gerais de qualidade ou de atendimento ao cliente, tais como taxas de desperdício, medições de satisfação do cliente etc.;
- c. Normas ambientais: qualquer norma organizacional, regional, nacional e internacional aplicável ao ativo;
- d. Normas de segurança: critérios de segurança pré-determinados aplicáveis ao ativo;
- e. Ambiente de operações: características do local em que o equipamento é operado;
- f. Intensidade das operações: quantas horas por dia e quantos dias por semana o ativo irá operar;
- g. Redundância: se existe algum sistema redundante ou em espera, e a forma como este sistema atua.
- h. Trabalhos em andamento: as condições em que os estoques em processo permitem que o equipamento pare, sem afetar o rendimento ou a produção total;

i. Peças de reposição: quais políticas existentes sobre o armazenamento de peças essenciais de reposição podem afetar a seleção de novas políticas de gestão de falhas;

j. Fornecimento de matéria-prima: se as flutuações cíclicas da demanda de mercado e/ou do fornecimento de matérias-primas podem afetar a seleção de novas políticas de gestão da manutenção.

## 2.6.2 Função e Padrão de Desempenho

Uma função, com um padrão de desempenho determinado, é a finalidade de um ativo. Sendo assim, a descrição completa da função de um ativo deve incluir todos os limites de desempenho específicos (limites superiores e/ou inferiores) (United States, 2005).

Segundo SAE (2011), as funções dos ativos são divididas em duas categorias: primárias e secundárias.

Funções Primárias: são o principal motivo pelo qual uma organização adquire um ativo, pois agregam valor ao produto.

Funções Secundárias: são aspectos relacionados aos seguintes contextos: Integridade Ambiental, Segurança, Integridade Estrutural, Controle, Armazenagem, Conforto, Aparência, Proteção, Economia e Eficiência.

No entanto, a deterioração da função de um ativo é inevitável. Desse modo, o objetivo da manutenção é garantir que os ativos mantenham um desempenho acima do nível mínimo aceitável para os usuários. O desempenho mínimo desejado pelo usuário é o padrão de desempenho que deve ser incorporado na declaração da função (SAE, 2009).

A Figura 6 mostra a relação entre capacidade inicial (conforme projeto do ativo) e o desempenho desejado pelo usuário.



Figura 6 – Margem para deterioração do ativo.  
Fonte: SAE (2011).

Como exemplo de função com um padrão de desempenho definido, SAE (2011) apresenta a Figura 7. No exemplo, a capacidade nominal da bomba é de 1000 litros por minuto, mas a água é retirada do tanque Y a uma taxa máxima de 800 litros por minuto. A principal função desta bomba poderia ser descrita como: bombear a água do tanque X para o tanque Y a uma taxa não inferior a 800 litros por minuto.

A função descrita acima é claramente uma função principal da bomba, ao passo que, uma função secundária da bomba seria: conter a água na bomba.

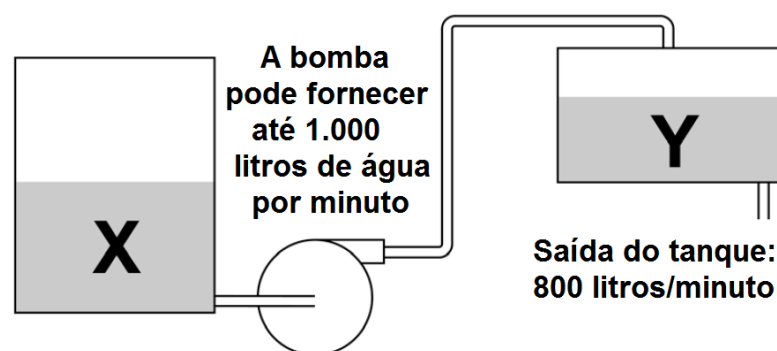


Figura 7 – Função de uma bomba.  
Fonte: SAE (2011).

### 2.6.3 Falha Funcional

Uma falha funcional é definida como a incapacidade de um item em executar uma função específica a partir de um padrão de desempenho determinado. Dessa forma, falhas funcionais

provavelmente irão resultar em uma redução do desempenho ou perda total do sistema (United States, 2005). Para SAE (2011), as falhas funcionais devem ser listadas separadamente sempre que os efeitos da perda parcial forem diferentes dos efeitos da perda total da função.

No exemplo da Figura 7, é possível que a bomba seja capaz de bombear a quantidade necessária de água (não houve falha funcional da função primária), enquanto vaza excessivamente (houve falha funcional da função secundária). Somente haveria uma falha funcional na função principal quando a bomba começar a bombear menos de 800 litros/minuto.

#### 2.6.4 Modo de Falha

Um modo de falha, de acordo com Moubray (1997), é qualquer evento que causa uma falha funcional. Por este motivo, é importante listar as funções e as falhas funcionais previamente.

Para SAE (2011), um modo de falha é uma condição física específica que pode resultar em uma falha funcional.

Fogliatto e Ribeiro (2009) complementam: a causa potencial de falha pode ser entendida como uma deficiência no processo, cuja consequência é o modo de falha. Essa causa, em princípio, pode ser corrigida ou controlada.

As principais causas da redução da capacidade de um ativo (causando um modo de falha) são: deterioração (fadiga, corrosão, abrasão, erosão, evaporação, degradação etc.), falhas de lubrificação, sujeira, desmontagem, erros humanos de operação, sobrecarga do ativo e uso inadequado de matéria-prima no ativo (MOUBRAY, 1997).

### 2.6.5 Efeito da Falha

O efeito da falha é definido como o impacto que uma falha funcional tem sobre o ativo em análise, sobre o ambiente em torno do ativo (incluindo equipamentos e pessoas) e sobre a capacidade funcional do próprio ativo (MOUBRAY, 1997).

SAE (2009) complementa que o efeito da falha deve descrever o que aconteceria se nenhuma tarefa específica fosse executada para antecipar, prevenir ou detectar a falha.

É importante notar que a técnica RCM faz uma clara distinção entre um efeito de falha (o que acontece: ação) e uma consequência de falha (como e o quanto os modos de falha importam: impacto). Além disso, as descrições dos efeitos da falha são utilizadas para avaliar as consequências de cada modo de falha (SAE, 2011).

Moubray (1997) cita os seguintes exemplos de efeitos da falha: aumento do risco de fogo ou explosão; liberação de produtos químicos perigosos (gases, líquidos ou sólidos); choque elétrico; queda de objetos; explosão por pressão excessiva; exposição a materiais em alta temperatura; liberação de peças em alta rotação; acidentes com veículos; exposição a arestas ou máquinas em movimento; aumento dos níveis de ruído; colapso das estruturas; crescimento de bactérias; inundação etc.

### 2.6.6 Severidade

A severidade é definida em termos do impacto que o efeito do modo potencial da falha, definido na fase anterior, tem sobre a operação do sistema e, por conseguinte, sobre a satisfação do cliente.

Uma vez que a FMEA utiliza avaliações qualitativas, o estudo pode ser realizado mesmo na ausência de medições ou análises matemáticas mais aprofundadas. Esse é um dos motivos da ampla utilização da FMEA de processo em diferentes segmentos industriais (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

### 2.6.7 Ocorrência

A ocorrência relaciona-se com a probabilidade de que um modo de falha venha a ocorrer. Para Fogliatto e Ribeiro (2009) e SAE (2011), idealmente, a probabilidade de ocorrência deve ser quantificada, de modo que o risco possa também ser quantificado. No entanto, na prática, dados históricos precisos de falhas frequentemente não estão disponíveis, em especial no caso de novos equipamentos que incorporam quantidades substanciais de nova tecnologia. Nos casos de falta de dados, a avaliação deve ser baseada em estimativas inteligentes, elaboradas por pessoas que entendam claramente o equipamento e o contexto em que está sendo usado.

Em situações em que os dados históricos são confiáveis, Mendes e Ribeiro (2014), Yssaad *et al* (2014), Minnaar *et al* (2013), Wolde e Ghobbar (2013) e Zhou *et al* (2007) recomendam uma análise quantitativa aplicando a distribuição de probabilidade de *Weibull*, conforme exemplos descritos em seus artigos. Segundo Wolde e Ghobbar (2013), a distribuição *Weibull* é usada para ajustar os dados de falhas, devido à sua forma flexível e capacidade para modelar uma vasta gama de taxas de falhas. Além disso, a distribuição *Weibull* tem sido utilizada com sucesso em muitas aplicações, mesmo como um modelo puramente empírico.

No entanto, SAE (2011) alerta que fórmulas matemáticas não devem fazer suposições inadequadas sobre os padrões de falha que se aplicam aos modos de falha individuais que podem afetar o ativo em questão, ou sobre as relações entre as variáveis, como idade, MTBF e intervalos P-F. Bloom (2006) complementa que algumas empresas estão desperdiçando milhares de dólares em estudos probabilísticos, com o propósito de priorizar sistemas a serem analisados. Isso aumenta o custo total da manutenção sem, necessariamente, diminuir os riscos dos ativos falharem.



### 2.6.8 Detecção

A detecção refere-se a uma estimativa da habilidade dos controles atuais em detectar causas ou modos potenciais de falha, antes de ocorrer um efeito da falha.

Para avaliar a detecção, a equipe deve assumir que o modo de falha tenha ocorrido e, então, verificar a capacidade dos controles atuais em detectá-lo. No entanto, inspeções aleatórias de qualidade não são eficientes em detectar a existência de modos de falha. Amostragem seguindo uma base estatística é um método de controle válido, que aumenta a probabilidade de detecção.

Para reduzir a pontuação, é necessário melhorar os controles de prevenção e detecção presentes no processo. Como sempre, o critério de avaliação deve ser definido por consenso e, então, utilizado com consistência (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

### 2.6.9 Risco

O risco é calculado para priorizar as ações de correção e melhoria do processo. Segundo a ABNT (2012), o número de prioridade de risco (RPN) é calculado levando-se em conta a severidade (S), ocorrência (O) e a detecção (D). A equação (1) é, em geral, empregada para a avaliação do risco. Consiste da multiplicação simples desses três itens, qual seja

$$R = S \times O \times D \quad (1)$$

Fogliatto e Ribeiro (2009) sugerem que cada critério de classificação da criticidade (severidade, ocorrência e detecção) possua uma escala de 1 a 10. Dessa forma, o valor de risco pode variar entre 1 a 1000.

### 2.6.10 Avaliação das Consequências das Falhas

Consequência da falha é a classificação do efeito da falha, de um determinado modo de falha, em categorias, com base nos impactos sobre a segurança, o meio ambiente, a capacidade operacional e os custos. Se qualquer um destes modos de falha não estiver previsto ou evitado, o tempo e o esforço que precisam ser gastos para corrigi-los também afetam a organização, pois repará-los consome recursos que poderiam ser melhor utilizados em outros lugares (SAE, 2011).

Para Moubray (1997), se as consequências são muito graves, são feitos esforços consideráveis para evitar o modo de falha, ou pelo menos a antecipá-lo a tempo de reduzir ou eliminar as consequências. Por outro lado, se o modo de falha só tem consequências menores, é possível que nenhuma ação proativa seja tomada e o modo de falha simplesmente seja corrigido cada vez que ocorre.

As consequências das falhas são mais importantes que as suas características técnicas. Portanto, a manutenção proativa aplica muito mais ênfase em evitar ou reduzir as consequências das falhas, do que prevenir as falhas por si só (MOUBRAY, 1997; SAE, 2011; FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

As consequências das falhas em quatro categorias, descritas na sequência:

#### 2.6.10.1 Consequências de Segurança

Uma falha tem consequências de segurança se houver uma probabilidade intolerável de que possa matar ou ferir um ser humano.

#### 2.6.10.2 Consequências Ambientais

Uma falha tem consequências ambientais se houver uma probabilidade intolerável de falha que possa violar qualquer norma ou regulamento ambiental conhecido, seja organizacional, municipal, regional, nacional ou internacional.

#### 2.6.10.3 Consequências Operacionais

A principal função da maioria dos ativos geralmente é relacionada com a necessidade de gerar receita. Portanto, falhas que afetam as funções primárias desses ativos, afetam a capacidade de gerar receita da organização. Na prática, o efeito econômico global de qualquer falha que tem consequências operacionais depende de dois fatores: quanto custa a falha cada vez que ocorre (efeito sobre a capacidade operacional e mais o custo de reparo) e quantas vezes isso acontece.

#### 2.6.10.4 Consequências não Operacionais

As consequências de uma falha evidente que não tem nenhum efeito adverso direto sobre a segurança, o ambiente ou a capacidade operacional, são classificadas como não-operacionais. As únicas consequências associadas a estas falhas são os custos diretos de reparo, de modo que essas consequências são também econômicas.

#### 2.6.11 Seleção de Tarefas

Seleção de tarefas é o processo usado para determinar qual das várias opções é a mais adequada para evitar que um modo de falha ocorra ou, se não evitar, reduzir a consequência da sua falha a um nível que seja tolerável para a organização (United States, 2005). Estas tarefas que podem ser selecionadas em duas categorias: tarefas proativas e ações padrão.

### Tarefas proativas

São tarefas executadas antes que a falha ocorra, a fim de prevenir que um item entre em estado de falha. Abordam tarefas que são tradicionalmente conhecidas como Manutenção Preditiva e Manutenção Preventiva, embora o método RCM utilize termos como Recuperação Programada, Substituição Programada e Manutenção baseada na Condição (MOUBRAY, 1997).

### Ações padrão

São tarefas que lidam com o estado de falha, e são escolhidas quando não é possível identificar uma tarefa proativa pertinente. Ações padrão incluem: Procura de Falhas, Reprojeto do Subsistema e “Operar até a Falha” (MOUBRAY, 1997).

Na sequência do capítulo as tarefas são tratadas em detalhe.

#### 2.6.11.1 Manutenção Preditiva: Tarefas de manutenção baseada na condição

O objetivo das tarefas de manutenção baseada na condição é checar o ativo em busca de falhas potenciais, com o intuito de executar ações para prevenir a falha funcional ou evitar as consequências da falha funcional.

Segundo SAE (2011), essas tarefas são assim chamadas porque os itens inspecionados são deixados em serviço na condição em que eles continuam a cumprir os padrões de desempenho especificados, ou seja, na condição em que o modo de falha em questão é pouco provável de ocorrer antes da próxima verificação.

Para ser tecnicamente viável, qualquer tarefa baseada na condição deve satisfazer os seguintes critérios:

- a. Deve existir uma falha potencial claramente definida;

- b. Deve existir um intervalo P-F identificável (ou período de desenvolvimento da falha);
- c. O intervalo entre tarefas não deve ser superior ao menor intervalo provável de P-F, além de ser fisicamente possível;
- d. O menor tempo entre a descoberta da falha potencial e a ocorrência da falha funcional deve ser suficiente para que sejam executadas ações pré-determinadas para evitar, eliminar ou minimizar as consequências do modo de falha.

SAE (2011) classifica as quatro principais categorias de tarefas baseadas na condição em: Técnicas baseadas nas variações da qualidade do produto; Técnicas de monitoramento de efeitos primário (velocidade, vazão, pressão, temperatura, potência, corrente etc.); Técnicas baseadas nos sentidos humanos (olhar, ouvir, sentir e cheirar); Técnicas de monitoramento da condição: Termografia, Análise de Vibração, Ultrassonografia, Radiografia etc.

#### 2.6.11.2 Manutenção Preventiva: Recuperação Programada e Substituição Programada

Se uma tarefa de manutenção preditiva não puder ser encontrada para uma falha particular, a próxima escolha é a Manutenção Preventiva de Recuperação ou Substituição Programada.

Fogliatto e Ribeiro (2009) indicam que os componentes que possuem taxas de falha crescente (como os componentes mecânicos sujeitos a desgaste e degradação associados ao uso) podem ser substancialmente beneficiados pelas atividades de manutenção preventiva. Esses componentes envelhecem com o uso e, em geral, podem ser recuperados à condição de novos através de lubrificação, reaperto, realinhamento, retífica ou substituição de partes. Assim, a taxa de falha é constantemente recuperada à condição inicial.

### Recuperação Programada

As tarefas de Recuperação Programada implicam executar ações periódicas para recuperar a capacidade de um ativo à sua condição inicial, ou seja, restaurar a resistência à falha original. Essas ações são executadas em intervalos especificados (limites de idade), independentemente de sua condição no momento da manutenção.

Para SAE (2009), as tarefas de Recuperação Programada selecionadas são tecnicamente viáveis se atenderem aos seguintes critérios:

- a. Deve existir uma idade claramente identificável em que haja um aumento da probabilidade condicional de ocorrência de falha;
- b. Uma parte suficientemente grande das ocorrências deste modo de falha deve ocorrer após essa idade, a fim de reduzir a probabilidade de falha prematura a um nível que seja tolerável ao proprietário do ativo;
- c. A tarefa de manutenção deve recuperar a resistência à falha (estado) do componente a um nível que seja tolerável ao proprietário do ativo.

### Substituição Programada

As tarefas de Substituição Programada visam descartar um item ou componente antes de um limite de idade especificado, independentemente da sua condição no momento. Isto é feito no pressuposto de que a substituição do componente usado por um novo irá restaurar a resistência original à falha.

Se o modo de falha em questão está em conformidade com o padrão de falha A ou B (conforme Seção 2.3.1), é possível identificar a idade em que começa o desgaste (SAE, 2011).

Para SAE (2009), as tarefas de Substituição Programada selecionadas são tecnicamente viáveis se atenderem aos seguintes critérios:

a. Deve existir uma idade claramente identificável em que haja um aumento da probabilidade condicional de ocorrência de falha;

b. Uma parte suficientemente grande das ocorrências deste modo de falha deve ocorrer após essa idade, a fim de reduzir a probabilidade de falha prematura a um nível que seja tolerável ao proprietário do ativo.

#### 2.6.11.3 Manutenção Reativa: Tarefas de Procura de Falhas

O objetivo das tarefas de Procura de Falhas é verificar se um modo de falha oculto ou a combinação dos modos de falha ocultos tornam uma função protetora incapaz de prover a proteção requerida quando for necessário (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

As tarefas de Procura de Falhas devem garantir a detecção de todos os modos de falha ocultos aos quais são direcionados. Isto é especialmente importante para os dispositivos complexos, tais como os que são constituídos de sensores, circuitos elétricos e atuadores. Idealmente, isso deve ser feito através da simulação de condições que os sensores devem detectar, verificando se o atuador executa a função esperada (SAE, 2011).

Para SAE (2009), as tarefas de Procura de Falhas selecionadas são tecnicamente viáveis se atenderem aos seguintes critérios:

a. O intervalo selecionado para a tarefa deve levar em conta a necessidade de reduzir a probabilidade de falhas múltiplas do sistema de proteção associado a um nível que seja tolerável ao proprietário do ativo;

b. A tarefa deve assegurar que todos os componentes abrangidos pela descrição do modo de falha estão funcionais;

c. A tarefa de Procura de Falhas deve levar em conta qualquer probabilidade de que a tarefa em si possa deixar a função oculta em um estado de falha;

d. Deve ser fisicamente possível executar a tarefa nos intervalos especificados.

#### 2.6.11.4 Combinações de Tarefas

Algumas vezes, uma única tarefa não consegue reduzir o risco de falha a um nível razoavelmente baixo. Portanto, nesta situação pode ser apropriado procurar uma combinação de tarefas. No entanto, as combinações de tarefas são, inevitavelmente, mais caras do que tarefas individuais. Deve-se ressaltar que as situações em que são necessárias as combinações de tarefas são muito raras e cuidados devem ser tomados para não empregar tais combinações indiscriminadamente (SAE, 2011).

#### 2.6.11.5 Manutenção Reativa: Operar até a falha

A tarefa “Operar até a falha” deve ser selecionada quando o custo da ocorrência do modo de falha for menos oneroso do que a manutenção proativa (SAE, 2011).

Nesse caso, os ativos são mantidos em serviço até que uma falha funcional ocorra e, neste caso, são reparados ou substituídos.

Segundo SAE (2009), as tarefas "Operar até a falha" somente são válidas se:

- a. Uma tarefa programada adequada não puder ser encontrada para uma falha oculta, e as falhas múltiplas associadas não tiverem consequências de segurança ou ambientais, e
- b. Uma tarefa proativa com bom custo-benefício não puder ser encontrada para falhas com consequências operacionais ou não operacionais.

#### 2.6.11.6 Reprojeto de partes do ativo

Nos casos em que nenhuma tarefa proativa puder ser encontrada e não for aconselhável permitir que o ativo opere até a falha, o reprojeto de partes do ativo pode ser necessário.

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), o reprojeto pode simplificar o sistema, eliminando a possibilidade da falha em estudo, ou pode prever redundância e alarme. A existência de



redundância permite que, no caso de falha de um dos componentes, a função seja imediatamente restabelecida pelo outro componente. O alarme avisa a respeito da falha de um dos componentes, de forma que ela possa ser corrigida, recuperando a alta confiabilidade associada ao sistema redundante.

Para SAE (2009), antes de selecionar esta tarefa, devem ser observadas as seguintes condições:

a. Nos casos em que a falha está oculta e as falhas múltiplas associadas tem consequências de segurança ou ambientais, é obrigatório um reprojeto de partes do ativo que reduza a probabilidade de falhas múltiplas a um nível tolerável ao proprietário do ativo.

b. Nos casos em que o modo de falha é evidente e tem consequências ambientais ou de segurança, é obrigatório um reprojeto de partes do ativo que reduza a probabilidade de ocorrência do modo de falha a um nível tolerável ao proprietário do ativo.

c. Nos casos em que o modo de falha é oculto e as falhas múltiplas associadas não tem consequências de segurança ou ambientais, qualquer reprojeto de partes do sistema deve ter um custo-benefício aceitável para o proprietário do ativo.

d. Nos casos em que o modo de falha é evidente e não tem consequências de segurança ou ambientais, qualquer reprojeto de partes do sistema deve ter um custo-benefício aceitável para o proprietário do ativo.

No entanto, para Fogliatto e Ribeiro (2009), o reprojeto representa uma situação excepcional e não faz parte da rotina das equipes de trabalho. É importante observar que o reprojeto necessita de competências que usualmente não estão presentes nas equipes de RCM, além de mobilizar muitas horas de trabalho que poderiam paralisar todo o restante do programa. Assim, o redesenho de subsistemas deve ser uma decisão tomada com cautela e deve envolver recursos humanos adicionais, qualificados para essa tarefa.

## 2.7 PAS 55 – GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS

Este capítulo apresenta os requisitos do PAS 55 que são abordados no método proposto. O capítulo é constituído de 5 seções: Política de Gestão de Ativos, Estratégia de Gestão de Ativos, Objetivos da Gestão de Ativos, Plano da Gestão de Ativos e Gestão de Riscos.

O método proposto visa descrever etapas para criar e documentar processos auditáveis de Gestão de Riscos para uma organização que pretende implementar a Gestão de Ativos Físicos conforme o PAS (*Publicly Available Specification*) 55, documento elaborado pela *British Standards Institution*. Segundo Jenkins (2014) e IAM (2012), o PAS 55 é a fonte dos principais requisitos e princípios da primeira edição da norma internacional ISO 55000:2014 - *Asset management - Overview, principles and terminology*, que fornece uma visão geral da gestão de ativos, seus princípios, terminologia e os benefícios esperados com a adoção da gestão de ativos.

A BSI (2008) destaca que a implementação do PAS 55 deve permitir a uma organização alinhar ou integrar o seu sistema de gestão de ativos com outros sistemas de gestão relacionados. Dessa forma, as exigências e a estrutura do PAS 55 estão organizadas conforme ciclo PDCA (Planejar/Desenvolver/Controlar/Agir), que é uma ferramenta da qualidade criada por Walter A. Shewart e amplamente disseminada por William E. Deming. A Figura 8 apresenta esta estrutura.

Com o intuito de apresentar uma visão holística do PAS 55, a seguir são descritos os critérios que a organização precisa documentar antes de iniciar o processo de criação da Gestão de Riscos, os critérios criados a partir da Gestão de Riscos, bem como a própria Gestão de Riscos na visão do PAS 55.

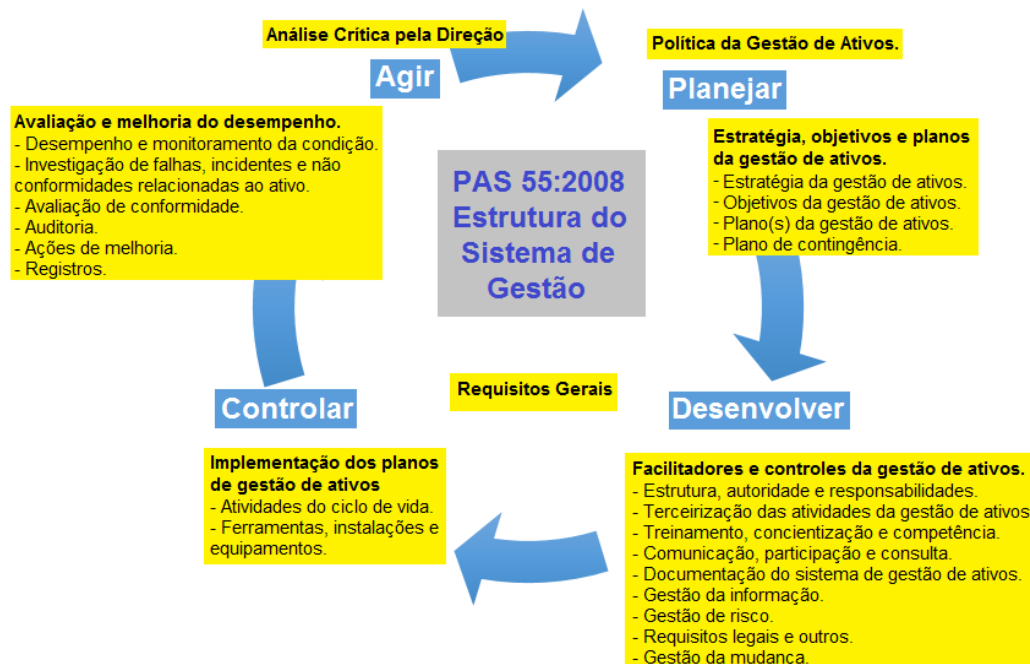


Figura 8 – Estrutura do Sistema de Gestão do PAS 55: 2008.  
Fonte: BSI (2008).

### 2.7.1 Política de Gestão de Ativos

A política de gestão de ativos é um meio para a alta direção comunicar aos seus diretores, funcionários e partes interessadas a posição e intenção da organização em relação à gestão de ativos. Isso fornece uma declaração de alto nível dos princípios da organização, abordagem e expectativas relacionadas à gestão de ativos.

A política de gestão de ativos fornece a estrutura em torno da estratégia, dos objetivos e dos planos que são desenvolvidos e implementados, sendo elaborada de maneira consistente com toda a abordagem da organização para a gestão de riscos (BSI, 2008a).

### 2.7.2 Estratégia de Gestão de Ativos

A estratégia de gestão de ativos estabelece a maneira como a política de gestão de ativos é alcançada. É um mecanismo de coordenação para garantir que as atividades executadas pelos ativos físicos estejam alinhadas com o intuito de alcançar o ótimo do plano estratégico

organizacional. Isto requer um plano ou esquema de alto nível para converter a política de gestão de ativos e planos de atividade em todo o portfólio de ativos.

A estratégia de gestão de ativos deve descrever, em alto nível, os mecanismos para atingir os requisitos do PAS 55 por meio de atividades empresariais (incluindo os métodos de prioridade, otimização, sustentabilidade e gestão de riscos). Quando necessário, deve-se também incluir referência para o desempenho necessário e requisitos de condição dos ativos, ou fornecer diretrizes para garantir que estes são definidos em função dos objetivos derivados de ativos e procedimentos associados de gestão ou de especificações funcionais (BSI, 2008a).

### 2.7.3 Objetivos da Gestão de Ativos

Os objetivos da gestão de ativos devem derivar dos objetivos organizacionais, mantendo consistência com os mesmos. Além disso, é necessário garantir que objetivos da gestão de ativos sejam mensuráveis para possibilitar que a política de gestão de ativos seja implementada e a estratégia de gestão de ativos alcançada.

Para garantir que os objetivos de gestão de ativos sejam realizáveis, deve-se consultar as partes que provavelmente são afetadas e, dessa forma, auxiliar na garantia de que os objetivos sejam razoáveis e amplamente aceitos. Além disso, é conveniente considerar informações ou dados a partir de fontes externas da organização, como, por exemplo, terceiros, fornecedores importantes e demais partes interessadas (BSI, 2008a).

### 2.7.4 Plano da Gestão de Ativos

Os planos de gestão de ativo devem dar suporte à organização para atingir a estratégia de gestão do ativo e apresentar os objetivos de gestão de ativo nas seguintes atividades do ciclo de vida:

- Criação, aquisição ou aperfeiçoamento do ativo;

- Utilização, manutenção, desativação e descarte de ativos.

O desenvolvimento de planos de gestão de ativo e das atividades do ciclo de vida deve levar em consideração o impacto de ações em uma fase do ciclo de vida sobre as atividades necessárias em outras fases do ciclo de vida.

Os planos de gestão de ativo devem ser otimizados e as ações priorizadas coletivamente, levando em consideração o valor total, as necessidades de recurso, interdependências, os riscos e o impacto de desempenho (BSI, 2008).

### 2.7.5 Gestão de Riscos

Gestão de riscos é um princípio importante para a gestão de ativos proativa. O objetivo geral é entender a causa, o efeito e a probabilidade de ocorrência de eventos adversos, para gerenciar de forma ótima tais riscos em um nível aceitável e fornecer uma trilha de auditoria para a gestão de riscos (BSI, 2008a).

Os requisitos da metodologia do PAS 55-1 podem ser cumpridos em sua maioria ao garantir que uma abordagem passo a passo e sistemática seja adotada para a gestão de riscos dos ativos:

- Classificar os ativos e definir o escopo: preparar uma lista de sistemas dos ativos e ativos constituintes, e coletar informações sobre eles, inclusive sobre as atividades de gestão e controle que afetam o desempenho dos ativos; definir o escopo e os limites das avaliações dos riscos de ativos individuais;
  - Identificar riscos plausíveis: criar uma tabela de potenciais eventos e causas;
  - Identificar os controles de riscos existentes (ou propostas para ativos planejados e atividades planejadas);
  - Determinar o nível de risco: estimar a probabilidade e as consequências para cada evento em potencial, assumindo que os controles planejados ou existentes estejam em vigor. A

efetividade de quaisquer controles de riscos, e a probabilidade e as consequências das falhas também devem ser consideradas;

- Determinar a tolerância aos riscos: decidir se os controles planejados ou existentes (se existem) são suficientes para manter os riscos sob controle e para satisfazer quaisquer requisitos legais, estatutários e outros da gestão de ativos.

Conforme PAS 55, a Gestão de Riscos é composta das seguintes fases: Identificação de riscos, Análise de riscos e Seleção de controles (BSI, 2008a).

### 3 MÉTODO PROPOSTO

Este capítulo estrutura uma proposta de um método que procura obter uma relação custo-benefício adequada para Identificação de Riscos, Análise de Riscos e Controle dos Riscos em conformidade com o PAS 55 – Gestão de Ativos Físicos.

A relação custo-benefício do método está diretamente relacionada aos custos da quantidade e da profundidade das análises que são realizadas nos ativos, durante o planejamento, e aos custos de manutenção, durante a execução. O benefício é a redução dos riscos.

Dessa forma, uma vez que o método é direcionado à gestão dos ativos que a organização adquire para tornar seu negócio lucrativo, esta pode possuir uma grande variedade de ativos, com informações heterogêneas sobre as condições dos mesmos. Neste caso, dificilmente é justificável um grande investimento para a obtenção dos dados estatísticos necessários para a criação de modelos de previsão precisos sobre a ocorrência de falhas. No entanto, mesmo sem estas informações, a organização precisa aplicar um método sistemático para gerir os riscos, mesmo que seja fortemente baseado em análises qualitativas. O investimento em análises quantitativas pode ser justificável para organizações que possuem um número grande de ativos iguais, como ocorre na aviação civil comercial.

O método é aplicável a instituições que já estejam comprometidas com a Gestão de Ativos em conformidade com o PAS 55. Dessa forma, os seguintes documentos devem ser criados pela organização: Plano Estratégico Organizacional, Política de Gestão de Ativos, Estratégia de Gestão de Ativos e Objetivos da Gestão de Ativos, descritos no capítulo 2.7. Estes documentos são referências para a aplicação do método proposto.

Com base nos requisitos da Gestão de Riscos do PAS 55, foram realizadas pesquisas sobre técnicas de gestão de riscos debatidas na literatura, bem como a sequência de execução destas técnicas. Como resultado, optou-se por utilizar a sequência lógica apresentada pela

ABNT (2012), baseada na ISO/IEC 31010:2012, por se tratar de uma norma atual. Esta norma apresenta ferramentas e técnicas para as fases da gestão de riscos, das quais, conforme Tabela 1, foram selecionadas as técnicas a serem empregadas no método proposto.

Tabela 1 – Ferramentas e Técnicas de Avaliação de Riscos.

Ferramentas e Técnicas	Processo de avaliação de riscos				
	Identificação de Riscos	Análise de riscos			Avaliação de riscos
		Consequência	Probabilidade	Nível de risco	
<i>Brainstorming</i>	FA	NA	NA	NA	NA
Análise de modos de falha e efeito (FMEA/FMECA)	FA	FA	FA	FA	FA
Manutenção centrada em confiabilidade (RCM)	FA	FA	FA	FA	FA
FA - Fortemente aplicável					
NA - Não aplicável					
A - Aplicável					

Fonte: ABNT (2012).

A ABNT (2012) separa o processo de gestão de riscos em sete elementos, divergindo em nível de detalhamento do processo do PAS 55. Portanto, com o intuito de abranger os requisitos de ambos os processos, a Tabela 2 apresenta a equivalência entre os processos, bem como as técnicas a serem utilizadas no método proposto:

Tabela 2 – Equivalência dos processos de Gestão de Riscos.

PAS 55 (BSI, 2008a)	Gestão de Riscos (ABNT, 2012)	Técnicas
Plano de Comunicação	Comunicação e Consulta	Fora do escopo do trabalho
Identificação de Riscos	Estabelecimento do contexto, Identificação de Riscos	Brainstorming/ RCM
Análise de Riscos	Análise de Riscos	FMECA/ RCM
Controle dos Riscos	Avaliação de Riscos, Tratamento de Riscos, Monitoramento	RCM
Análise Crítica pela Direção	Análise Crítica	Fora do escopo do trabalho

Fonte: Adaptado de BSI (2008a) e ABNT (2012).

A sequência lógica de execução das etapas de gestão de riscos do método proposto é apresentado na Figura 9. Em complementação, a Tabela 3 apresenta a SIPOC, descrevendo em nível macro as Fontes, Entradas, Processos, Saídas e Consumidores do método.



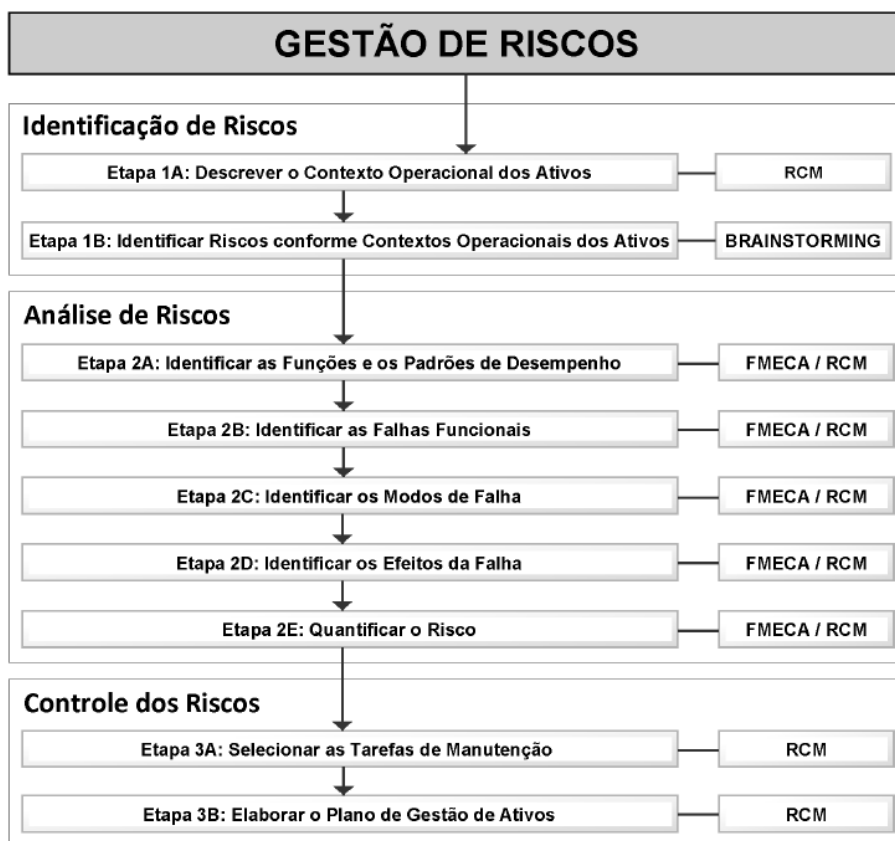


Figura 9 – Fluxograma das Etapas de Execução do Método.  
Fonte: Adaptado de BSI (2008a) e SAE (2011).

É importante que todas as fases estejam perfeitamente alinhadas, pois as informações geradas desde o princípio devem satisfazer as condições do PAS 55 e das técnicas empregadas na gestão de riscos. Na sequência desta seção são detalhadas as fases do método.

### 3.1 Fase 1 - Identificação de Riscos

Nesta fase é utilizada a técnica *Brainstorming*. Conforme descrito na Seção 2.4, esta técnica pode ser empregada na identificação de riscos de ativos conhecidos e de novos sistemas de ativos, com pouca informação acumulada, onde soluções inovadoras podem ser necessárias. No entanto, por ser uma técnica pouco estruturada, é necessária uma boa preparação previamente à reunião com as partes interessadas.

Tabela 3 – SIPOC das Etapas de Execução do Método.

Fonte	Entradas	Processo	Saídas	Consumidores
Organização, Engenharia de Manutenção, Engenharia de Processos	Documentos em conformidade com o PAS 55, informações dos ativos e do sistema de produção	Etapa 1A: Descrever o Contexto Operacional dos Ativos Responsáveis: Engenharia de Manutenção Técnica: RCM	Contextos Operacionais dos Ativos	Etapa 1B
Etapa 1A	Contextos Operacionais dos Ativos	Etapa 1B: Identificar Riscos conforme Contextos Operacionais dos Ativos. Responsáveis: Partes Interessadas da Organização. Técnica: <i>Brainstorming</i>	Lista de Riscos Identificados	Etapa 2A
Etapa 1	Contextos Operacionais dos Ativos, Riscos Identificados, informações dos ativos.	Etapa 2A: Identificar as Funções e os Padrões de Desempenho. Responsáveis: Engenharia de Manutenção, Operadores Técnicas: FMECA / RCM	Formulário FMECA	Etapa 2B
Etapas 1 e 2A	Contextos Operacionais dos Ativos, Riscos Identificados, informações dos ativos, Formulário FMECA	Etapa 2B: Identificar as Falhas Funcionais. Responsáveis: Engenharia de Manutenção, Operadores Técnicas: FMECA / RCM		Etapa 2C
Etapas 1 e 2B		Etapa 2C: Identificar os Modos de Falha. Responsáveis: Engenharia de Manutenção, Operadores Técnicas: FMECA / RCM		Etapa 2D
Etapas 1 e 2C		Etapa 2D: Identificar os Efeitos da Falha. Responsáveis: Engenharia de Manutenção, Operadores Técnicas: FMECA / RCM		Etapa 2E
Etapas 1 e 2D		Etapa 2E: Quantificar o Risco. Responsáveis: Engenharia de Manutenção, Operadores Técnicas: FMECA / RCM		Etapa 3A
Etapas 1 e 2		Contextos Operacionais dos Ativos, Riscos Identificados, informações dos ativos, Formulário FMECA	Etapa 3A: Selecionar as Tarefas de Manutenção. Responsáveis: Engenharia de Manutenção Técnica: RCM	Tarefas de Manutenção para cada Modo de Falha
Etapas 1, 2 e 3A	Contextos Operacionais dos Ativos, Riscos Identificados, informações dos ativos, Formulário FMECA, Tarefas de Manutenção para cada Modo de Falha	Etapa 3B: Elaborar o Plano de Gestão de Ativos. Responsáveis: Engenharia de Manutenção Técnica: RCM	Plano de Gestão dos Ativos	Engenharia de Manutenção, Operadores

Fonte: Adaptado de BSI (2008a), SAE (2011) e ABNT (2012).

O PAS 55 indica que as seguintes partes interessadas devem participar do processo de identificação de riscos: um representante da alta direção da organização, representantes da engenharia de processos, representantes da engenharia de manutenção e operadores dos ativos. A Seção 2.2.1 descreve os benefícios da participação das partes interessadas nesse processo.

O objetivo desta fase é identificar os principais riscos associados aos ativos físicos da organização a partir dos contextos operacionais dos ativos e sistemas de ativos.

### 3.1.1 Etapa 1A: Descrever o Contexto Operacional dos Ativos

A fim de identificar os riscos que são mais prováveis de afetar o negócio da organização, é necessário descrever o contexto operacional no qual os ativos físicos estão inseridos. Este contexto operacional estabelece os limites da identificação dos riscos, sendo a base para a aplicação da técnica *Brainstorming*.

O contexto operacional deve ser claramente definido antes de estabelecer as funções dos ativos, os modos de falha, as consequências da falha e as políticas de gestão da manutenção que são aplicadas a qualquer ativo, pois estes dependem diretamente do contexto operacional.

Conforme descrito na Seção 2.6.1, o contexto operacional de cada ativo, sob perspectiva da técnica RCM, pode conter os seguintes tópicos relacionados ao ativo: tipo de processos, padrões de qualidade, normas ambientais, normas de segurança, ambiente de operações, intensidade das operações, redundância, trabalhos em andamento, peças de reposição e fornecimento de matéria-prima.

A elaboração do contexto operacional pode ser um trabalho extenso, dependendo do tamanho da organização. Portanto, recomenda-se que a engenharia de manutenção faça esse trabalho, com base nas informações da Tabela 4 e em reuniões com os operadores.

Tabela 4 – Informações para a Fase 1 - Identificação de riscos.

<b>Fonte</b>	<b>Entradas</b>
Organização (Conforme PAS 55:2008 - Gestão de Ativos Físicos)	Plano Estratégico Organizacional
	Política de Gestão de Ativos
	Estratégia de Gestão de Ativos
	Objetivos da Gestão de Ativos
Engenharia de Manutenção	Portfólio de Ativos: tipos, capacidade, condição etc.
	Normas aplicáveis, regulamento internos e ações de controles vigentes relacionados à segurança, saúde e meio ambiente
	Informações sobre o ciclo de vida dos ativos
	Política de compras de peças de reposição
Engenharia de Processos	Informações sobre o sistema produtivo: redundância, padrões de qualidade, padrões ambientais, turnos de trabalho, estoque entre processos, gargalos, tempos de reparo etc.
	Variações no fornecimento de matéria-prima

Fonte: Adaptado de BSI (2008a).

Uma vez que uma organização pode ter centenas de ativos, é recomendada a combinação de ativos em sistemas de ativos, pois alguns riscos podem afetar igualmente um conjunto grande de ativos.

### 3.1.2 Etapa 1B: Identificar Riscos conforme Contextos Operacionais dos Ativos

Após a preparação da aplicação do *Brainstorming* pela equipe de facilitadores (engenharia de manutenção), com as descrições dos contextos operacionais dos ativos físicos da organização, nesta etapa ocorre a reunião com as partes interessadas.

Uma vez que os contextos operacionais contêm dados técnicos relativos ao funcionamento e à condição do ativo, o objetivo dessa etapa é identificar riscos que possam afetar os ativos físicos conforme critérios de desempenho e condições descritas no contexto operacional.

Portanto, é importante a contribuição de todas as partes interessadas para descrever riscos que tenham consequências em todas as atividades da organização que dependem do correto funcionamento dos ativos. A Tabela 5 apresenta uma lista de fontes de risco que podem ser analisados a fim de identificar riscos com boa probabilidade de afetar a organização.

Tabela 5 – Fontes de Risco.

Desastres naturais
Falha em atender aos requisitos reguladores de desempenho (ex. falha nos controles)
Falha física (falha funcional, dano acidental, sabotagem)
Falhas em materiais ou serviços fornecidos por terceiros.
Riscos à reputação da organização
Riscos à saúde (ergonomia, substâncias tóxicas, temperaturas extremas, ruído, vibração, radiação, iluminação deficiente, carga de trabalho física ou mental)
Riscos à segurança das pessoas (grau de proteção dos ativos, perigos mecânicos de operação, instalação elétrica, líquidos ou gases sob pressão)
Riscos ao meio ambiente
Riscos associados com diversas fases do ciclo de vida dos ativos (Criar, Adquirir, Utilizar, Manter, Renovar e Descartar)
Riscos relativos à legislação
Riscos relativos ao desenvolvimento sustentável a longo prazo
Riscos relativos ao impacto social
Riscos relativos ao transporte e armazenamento de materiais

Fonte: Adaptado de BSI (2008a).

Considerando heterogeneidade das partes interessadas envolvidas, esta etapa é importante para entender as consequências das falhas dos ativos, pois o método RCM propõe, principalmente, evitar as consequências das falhas.

As informações geradas na Fase 1 são a fonte para a aplicação do método FMECA na Fase 2.

### 3.2 Fase 2 - Análise de Riscos

De posse do contexto operacional e dos riscos identificados para cada ativo ou sistemas de ativos, o objetivo desta fase é aplicar técnicas de Análise de Riscos dos ativos. De modo geral, nesta fase desenvolve-se a compreensão dos riscos, identificando as causas e as fontes de riscos, descrevendo os efeitos dos riscos e estimando os níveis de cada risco, a fim de fornecer informações para a avaliação dos riscos e para a seleção de estratégias de tratamento destes riscos, a ser realizado na Fase 3.

Moubray (1997), United States (2005), Bloom (2006), Fogliatto e Ribeiro (2009) e SAE (2011) recomendam as técnicas FMEA/FMECA para a análise de riscos, uma vez que são parte integrante da técnica RCM. Dessa forma, nesta fase é utilizada a técnica FMECA.

A Tabela 6 apresenta os documentos que são importantes fontes para o processo de análise de riscos. A tabela é uma compilação das orientações apresentadas por SAE (2011), Moubray (1997), United States (2005) e BSI (2008a).

Tabela 6 – Informações para a Fase 2 - Análise de riscos.

<b>Fonte</b>	<b>Entradas</b>
Fase 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formulário contendo os contextos operacionais dos ativos ou sistemas de ativo;</li> <li>- Lista dos riscos identificados;</li> </ul>
Engenharia de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informações sobre os ativos: histórico de falhas, dados sobre a confiabilidade do ativos, incidentes e não-conformidades relacionadas com o ativo, existência das tarefas de manutenções proativa e dados históricos sobre o desempenho das manutenções proativas; consequências das falhas e a forma como o ativo degrada com o tempo.</li> <li>- Manuais de operação e manutenção;</li> <li>- Desenhos, diagramas, listas de partes dos ativos, lista de peças de reposição etc.</li> <li>- Dados históricos sobre o desempenho dos ativos e os custos de manutenção e operação associados.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de BSI (2008a).

O FMECA estrutura a análise de riscos nas seguintes etapas: identificar as funções dos ativos, com seus respectivos padrões de desempenho, identificar as falhas funcionais, identificar os modos de falha, identificar os efeitos das falhas e quantificar os riscos.

### 3.2.1 Etapa 2A: Identificar as Funções e os Padrões de Desempenho

A declaração da função de um ativo deve ter um verbo, um objeto e um padrão de desempenho (quantificável sempre que possível). Primeiramente, deve-se consultar o contexto operacional do ativo para identificar parâmetros que embasam a determinação dos padrões de desempenho das funções dos ativos.

Conforme descrito na Seção 2.6.2, é necessário descrever as funções primárias e secundárias que possibilitam ao ativo agregar valor à organização.

Essa etapa é muito importante, pois o método pressupõe a manutenção das funções do ativo, principalmente da função principal, que é o motivo da aquisição do ativo, e das funções de segurança e ambientais, que preservam as pessoas e a reputação da empresa.

Para sistemas complexos, poder ser necessário a aplicação da técnica FBD (*Functional Block Diagrams*) para identificar as funções dos ativos. No entanto, é importante estimar o custo envolvido para análises adicionais, pois estas podem tornar caro, extenso e cansativo o processo global de gestão dos riscos.

### 3.2.2 Etapa 2B: Identificar as Falhas Funcionais

As falhas funcionais devem ser baseadas na descrição da função, a fim de manter a clareza na descrição. Funções bem descritas, com seus respectivos padrões de desempenho, são a principal fonte de informações para a identificação das falhas funcionais.

Uma vez que uma falha funcional é a incapacidade de um item em executar uma função específica dentro dos limites especificados, podem ser identificadas falhas parciais e falhas totais da função. Neste caso, devem ser listadas separadamente, pois os controles de riscos podem ser diferentes.

### 3.2.3 Etapa 2C: Identificar os Modos de Falha

Nesta etapa são identificadas as causas prováveis de falha, ou seja, os modos de falha. A Seção 2.6.4 exemplifica os principais modos de falha.

Para melhorar a relação-custo benefício do método, apenas os modos de falha que são prováveis devem ser identificados, tais como: falhas que já ocorreram antes no mesmo ativo ou

similares, modos de falha que já são objetos da manutenção proativa ou qualquer modo de falha que ainda não ocorreu, mas tem reais possibilidades de ocorrência.

Sempre que possível, a indicação do modo de falha deve incluir uma descrição do mecanismo de falha (por exemplo, fadiga), além de uma condição específica. Dessa forma, as ações podem ser dirigidas à raiz do problema e não aos sintomas que ele apresenta.

#### 3.2.4 Etapa 2D: Identificar os Efeitos da Falha

Os Efeitos da Falha são os efeitos que os modos de falha (quando ocorrerem) tem sobre os ativos e seu ambiente, caso não sejam executadas ações proativas para evitar a ocorrência deste modo de falha. Esta premissa é essencial para a aplicação do método.

Os efeitos da falha devem descrever as evidências de que a falha funcional ocorreu (se existir), de que forma isso pode afetar a segurança e o meio ambiente, os danos físicos (às pessoas, à segurança do sistema, aos ativos físicos) que podem ocorrer, de que forma isso pode afetar a produção ou a operação e as ações necessárias para restaurar a função do sistema. A Seção 3.2.4 descreve exemplos de efeitos da falha.

#### 3.2.5 Etapa 2E: Quantificar o Risco

Nesta etapa, a equipe de análise de risco precisa quantificar o risco com base em informações históricas confiáveis e/ou com base na experiência dos profissionais da manutenção e da operação dos ativos. A quantificação do risco é importante para que seja determinado um valor para a tolerância ao risco e, dessa forma, priorizar os riscos a serem combatidos e selecionar controles que mantenham os riscos em níveis aceitáveis pela organização.

Na literatura existem diversas propostas para quantificar o risco. Neste trabalho, optou-se por empregar o número de prioridade de risco (*Risk Priority Number* – RPN) para quantificar



o risco, devido à grande quantidade de artigos que utilizam este indicador. Conforme descrito na Seção 2.6.9, a quantificação do risco é o produto da severidade, ocorrência e detecção.

### Severidade

A severidade aplica-se exclusivamente ao efeito da falha. A avaliação deve considerar um cenário onde não existam tarefas proativas de controle do risco. É medida por uma escala de 1 a 10, conforme critérios sugeridos na Tabela 7.

Tabela 7 – Escala de Severidade.

Severidade do Efeito		Escala
Muito Alta	O Efeito compromete a segurança do operador e/ou o impacto ambiental compromete a reputação da organização. Infringe regulamentos governamentais.	10
	O Efeito compromete a segurança do operador e/ou o impacto ambiental compromete a reputação da organização. Não infringe regulamentos governamentais.	9
Alta	O Efeito provoca alta insatisfação do usuário, afetando a produtividade do ativo. A solução depende de serviços de terceiros.	8
	O Efeito provoca alta insatisfação do usuário, afetando a produtividade do ativo. A solução depende exclusivamente da organização.	7
Moderada	O Efeito provoca alguma insatisfação, devido à queda do desempenho ou mau funcionamento de partes do ativo. A solução depende de serviços de terceiros.	6
	O Efeito provoca alguma insatisfação, devido à queda do desempenho ou mau funcionamento de partes do ativo. A solução depende exclusivamente da organização.	5
Baixa	O Efeito provoca uma leve insatisfação, o usuário observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho do ativo. A solução depende de serviços de terceiros.	4
	O Efeito provoca uma leve insatisfação, o usuário observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho do ativo. A solução depende exclusivamente da organização.	3
Mínima	O Efeito afeta minimamente o desempenho do ativo e a maioria dos usuários talvez nem mesmo note sua ocorrência. A solução depende de serviços de terceiros.	2
	O Efeito afeta minimamente o desempenho do ativo e a maioria dos usuários talvez nem mesmo note sua ocorrência. A solução depende exclusivamente da organização.	1

Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2009).

### Ocorrência

A escala da ocorrência relaciona-se com as probabilidades de falha, sendo avaliada em uma escala de 1 a 10. A análise pode ser qualitativa ou quantitativa. No caso em que dados quantitativos estão disponíveis, recomenda-se a aplicação da Distribuição *Weibull*, conforme descrito na Seção 2.6.7. A Tabela 8 apresenta o critério de avaliação sugerido.

Tabela 8 – Escala de Ocorrência.

Probabilidade de Falha		Escala
Frequente	1 ou mais eventos/ano	10 9
Provável	0,1 a 1 evento/ano	8 7
Ocasional	0,01 a 0,1 evento/ano	6 5
Remoto	0,001 a 0,01 evento/ano	4 3
Improvável	Menos de 0,001 evento/ano	2 1

Fonte: Adaptado de ABS (2004).

### Detecção

A avaliação da detecção deve considerar que um modo de falha venha a ocorrer e, então, analisar se os controles atuais (antes da execução do método) conseguem detectar o modo de falha. O método utiliza uma escala quantitativa de 1 a 10, conforme sugerido na Tabela 9.

Tabela 9 – Escala de Detecção.

Possibilidade de detecção	Critério	Escala
Não detectável	Os controles atuais não irão detectar esse modo de falha ou não existem controles	10
Remota	Os controles atuais provavelmente não irão detectar esse modo de falha	9
		8
Baixa	Há uma baixa probabilidade de os controles atuais detectarem esse modo de falha	7
		6
Moderada	Os controles atuais podem detectar o modo de falha	5
		4
Alta	Há uma alta probabilidade de os controles atuais detectarem o modo de falha	3
		2
Detecção em todas as ocorrências	É certo que os controles atuais irão detectar esse modo de falha. Ação de correção imediata	1

Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2009).

### Tolerância ao Risco

A partir da quantificação do risco, segundo BSI (2008a), a organização deve determinar a tolerância aos riscos, que indica a necessidade de selecionar controles para reduzir o risco.

O índice de tolerância precisa ser traduzido em um grau de risco que pode ser tolerado por toda a organização. No entanto, é prudente combinar um valor de corte com o princípio de

Pareto, que estabelece a necessidade de atuação sobre os itens que apresentam maior risco, independentemente do valor absoluto obtido.

### 3.3 Fase 3 – Controle dos Riscos

Uma vez que a análise dos riscos de cada modo de falha provável foi realizada na Fase 2, na Fase 3 são abordados a avaliação, o tratamento e o monitoramento dos riscos conforme ABNT (2012).

Para a organização, os riscos dos ativos estão diretamente relacionados com as consequências dos efeitos da ocorrência dos modos de falha. Dessa forma, o objetivo dessa fase é avaliar as consequências dos modos de falha e propor ações de controle (tratamento e monitoramento) dos riscos identificados.

Para tanto, é utilizado o Diagrama de Decisão da técnica RCM, pois apresenta os critérios utilizados para avaliar as consequências dos modos de falha e, em função disso, selecionar as tarefas de gestão da manutenção adequadas a cada consequência, com o intuito de prevenir ou impedir o risco (falha).

Em seguida, as tarefas são registradas no Plano de Gestão dos Ativos, onde são referenciadas as informações de cada modo de falha, além de conter os responsáveis e a periodicidade para execução das tarefas. Para esta fase, é necessário que as partes interessadas contenham as informações listadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Informações para a Fase 3 – Controle dos Riscos.

<b>Fonte</b>	<b>Entradas</b>
Fase 1	Contextos Operacionais dos Ativos, Lista de Riscos Identificados.
Fase 2	Formulário FMECA contendo a relação de ativos, as funções e padrões de desempenho, as falhas funcionais, os modos de falha, os efeitos das falhas e a quantificação dos riscos.

Fonte: Adaptado de SAE (2011) e BSI (2008a).

Esta fase é constituída por duas etapas, conforme descrito na sequência.

### 3.3.1 Etapa 3A: Selecionar as Tarefas de Manutenção

Nesta etapa é utilizado o Diagrama de Decisão RCM. No entanto, os autores que descrevem a técnica RCM divergem no formato do diagrama de decisão. Neste trabalho, optou-se pelo Diagrama de Decisão baseado na proposta de SAE (2011), visto que é uma norma internacional atualizada e que pressupõe que as consequências de segurança e meio ambiente devem ser tratadas antes das consequências econômicas, além de considerar que algumas técnicas de gestão da manutenção são quase sempre mais rentáveis do que outras.

Essas suposições são usadas para estabelecer hierarquias em que os usuários são encorajados a escolher uma tarefa de manutenção partindo sempre das categorias superiores na hierarquia, analisando se as tarefas são tecnicamente e economicamente viáveis.

Dessa forma, o resultado dessa suposição é que o Diagrama de Decisão selecionado está construído de tal forma que, se as consequências de segurança ou ambientais de uma falha são consideradas intoleráveis, os usuários são obrigados a encontrar uma tarefa de manutenção que reduza as consequências a um nível tolerável, sem considerar os aspectos econômicos da falha.

O Diagrama de Decisão apresentado na Figura 10 é aplicado em três etapas, como se segue:

- a. Use o Diagrama de Decisão para determinar a categoria de consequências que se aplica ao modo de falha em questão.
- b. Use os critérios de viabilidade técnica abordados na Seção 2.6.11 para avaliar se as tarefas de manutenção são tecnicamente e economicamente viáveis em cada categoria.
- c. Selecione uma tarefa de manutenção da primeira categoria que satisfaça os critérios de viabilidade técnica e econômica, e que lidará eficazmente com as consequências do modo de falha em análise.

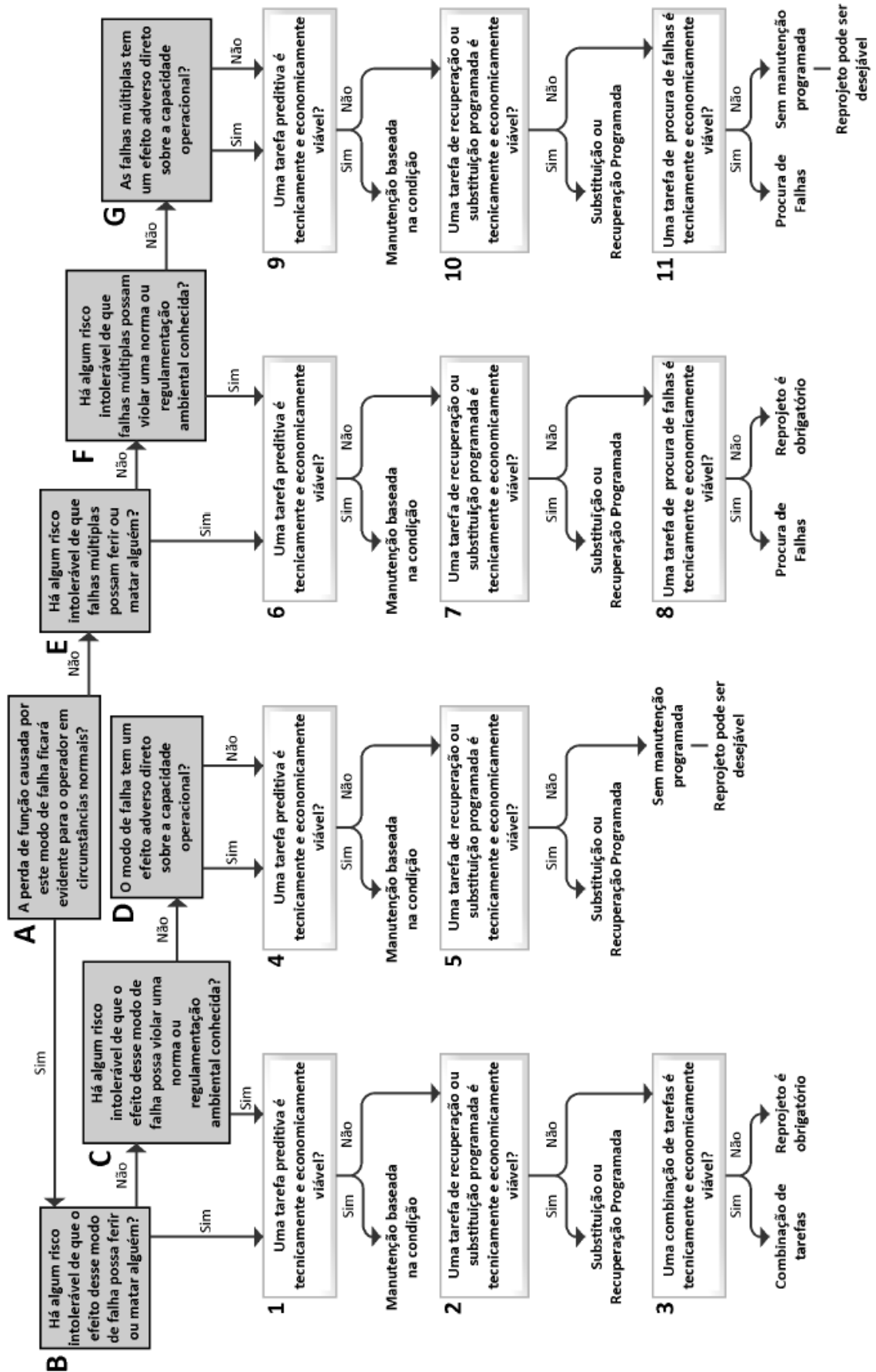


Figura 10 – Diagrama de Decisão RCM.  
 Fonte: SAE (2011).

A Seção 2.6.11 descreve os critérios para avaliar a viabilidade de realização de cada tarefa selecionada.

### 3.3.2 Etapa 3B: Elaborar o Plano de Gestão de Ativos

Após a aplicação do Diagrama de Decisão, as decisões tomadas pela equipe precisam ser registradas em um formulário que contenha informações rastreáveis e que seja auditável. Para assegurar a conformidade com os procedimentos de BSI (2008), esse formulário é denominado Plano de Gestão dos Ativos. Nesse trabalho, o formulário proposto é uma adaptação do Formulário RCM proposto por Moubray (1997), conforme Figura 15. Nessa adaptação, a Avaliação das Consequências é baseada no Diagrama de Decisões proposto por SAE (2011).

O formulário Plano de Gestão dos Ativos está dividido em 11 colunas.

As colunas F (Função), FF (Falha Funcional), MF (Modo de Falha) identificam o modo de falha conforme formulário FMECA gerado na Fase 2 (exemplo na Figura 12). O Plano de Gestão dos Ativos deve conter a mesma classificação do modo de falha descrito no Formulário FMECA.

As próximas cinco colunas, denominadas “Avaliação das Consequências”, referem-se às questões do Diagrama de Decisão RCM, como segue:

- As colunas E (Falha Evidente), S (Segurança), M (Meio Ambiente) e O (Operação) são usadas para registrar as respostas (Sim ou Não) às questões relativas às consequências de cada modo de falha. Por exemplo, se a resposta for “Sim” para o bloco A do Diagrama de Decisão, significa que a falha é evidente e, portanto, a coluna E (falha evidente) recebe a letra “S”. Se a consequência afetar a Segurança, o Meio Ambiente ou a Operação, as colunas S, M ou O, recebem a letra “S”, respectivamente. Caso contrário, recebem a letra “N”.

- A coluna “Ação” identifica o tipo de ação selecionada conforme Diagrama de Decisão. Quando a resposta for “Sim” para qualquer uma das perguntas dos blocos numerados de 1 a 11, a coluna deve ser preenchida com: B1, B2, B3, C1, C2, C3, D4, D5, E6, E7, E8, F6, F7, F8, G9, G10 ou G11, em função da resposta. No entanto, se a resposta for “Não” para as perguntas dos blocos numerados 3, 5, 8 ou 11, a coluna deve ser preenchida com: NB3, NC3, ND5, NE8, NF8, NG11, em função da resposta.

As últimas três colunas registram a ação que foi selecionada (se existir), a frequência pela qual a ação deve ser executada e quem deve executar a ação. Essas colunas são descritas em detalhes na sequência:

#### Tarefas Propostas

Se uma tarefa proativa ou uma tarefa de procura de falhas for selecionada durante o processo de tomada de decisão, uma descrição da tarefa deve ser registrada na coluna “Tarefa Proposta”. Idealmente, a tarefa deve ser descrita em nível suficiente de detalhes para deixar a intenção absolutamente clara para quem for usar a informação.

Para o PAS 55, conforme BSI (2008a), as tarefas propostas devem conter:

- ações para prever ou prevenir a ocorrência de falhas funcionais;
- ações corretivas para a ocorrência de falhas funcionais que não possam ser previstas ou prevenidas;
- propostas para criar/adquirir ou renovar/descartar o ativo;
- ações de monitoramento do desempenho e da condição dos ativos.
- diretrizes para elaboração do procedimento para investigação de falhas, incidentes e não conformidades relacionadas ao ativo;
- indicação da necessidade de análises adicionais para estabelecer se os riscos são ou não toleráveis.

### Periodicidade

A periodicidade depende do tipo de estratégia de manutenção, como se segue:

- Os intervalos das tarefas baseadas na condição são definidos pelo intervalo P-F.
- Os intervalos das tarefas de recuperação programada ou substituição programada dependem da vida útil do item em questão.
- Os intervalos das tarefas da procura de falhas são definidos em função da consequência das múltiplas falhas, que determina a disponibilidade necessária, e o tempo médio em ocorrências das falhas ocultas.

Sempre que existirem dados quantitativos, a periodicidade deve ser baseada em estudos de confiabilidade. Quando os dados forem escassos ou inexistentes, a periodicidade deve ser definida pela equipe de trabalho (que reúne a máxima experiência no respectivo equipamento).

Na falta de dados históricos para a Manutenção Preventiva, os operadores e a Engenharia de Manutenção são os profissionais que possuem conhecimento sobre a relação entre falhas e tempo de uso, e podem ajudar na definição apropriada dos intervalos de recuperação ou substituição de componentes.

### Responsável

Na coluna “Responsável” deve ser descrito o nome da pessoa competente para executar corretamente a tarefa associada a cada modo de falha. A responsabilidade da maioria das atividades é da Engenharia de Manutenção, mas outras atividades podem ser responsabilidade da operação, da Engenharia de Processos ou de terceiros (fabricante do equipamento, por exemplo, conforme estabelecido no contrato de compra do mesmo).



## **4 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO**

Considerando que o método proposto é aplicado da mesma forma para um ativo ou para diversos ativos, este capítulo apresenta a aplicação do método em um ativo do Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI (CTM), em Caxias do Sul/RS, com o objetivo de validar as fases e a sequência lógica proposta, bem como a aderência ao PAS 55.

A variação no número de ativos impacta no tempo investido, no custo das análises e na qualificação dos profissionais envolvidos no processo. No entanto, as fases e a sequência lógica de aplicação do método são rigorosamente as mesmas. Além disso, considerando as altas vidas úteis dos ativos atualmente e o prazo para conclusão da dissertação, não é possível realizar uma análise do impacto nos custos do ciclo de vida de cada ativo, resultante da adoção deste método.

Na sequência, são apresentados os documentos criados em cada fase de aplicação do método.

### **4.1 Fase 1 - Identificação de Riscos**

Essa fase segue os procedimentos apresentados na Seção 3.1. Para tanto, é importante caracterizar e documentar o contexto operacional do ativo a ser analisado.

Na CTM, o ativo é utilizado como recurso didático de apoio para ministrar aulas do Curso Técnico em Mecatrônica. Dessa forma, a carga horária de utilização, o nível de experiência dos operadores, a diversidade de operadores e o histórico de manutenções são diferentes da indústria. Portanto, os riscos potenciais são diferentes, pois dependem deste contexto operacional específico.

O ativo é um Torno CNC Mazak QTN100-II, conforme imagem ilustrada na Figura 11.



Figura 11 – Ativo a ser analisado.

Fonte: o autor.

Para a preparação da reunião de *Brainstorming*, o contexto operacional foi elaborado por um funcionário da manutenção, por dois professores que utilizam o ativo e pelo autor. A Tabela 11 apresenta o documento criado pela equipe de trabalho.

Tabela 11 – Contexto Operacional do ativo.

<b>Contexto Operacional - Torno CNC Mazak QTN100-II</b>	
<b>Especificação</b>	Potência Máxima do Spindle: 11kW; Rotação Máxima do Spindle: 6000 rpm; Deslocamento (X/Z): 185mm /385 mm; Precisão de usinagem: +/- 0,02mm. Capacidade de Armazenamento de Ferramentas: 12; Máximo Comprimento Usinável: 334 mm; Máximo Diâmetro Usinável: Ø 280 mm; Tamanho da Placa: 6"
<b>Tipo de processos</b>	Produção em lote unitário. Não depende de itens manufaturados em outro equipamento. Não é gargalo de produção. O abastecimento de matéria-prima é manual.
<b>Padrões de qualidade</b>	Precisão de usinagem do ativo é: +/- 0,02 mm
<b>Normas ambientais</b>	Descarte de resíduos deve atender à Resolução CONAMA N° 362/2005
<b>Normas de segurança</b>	Normas de segurança aplicáveis: NR12: 2010 – Máquinas e Equipamentos; NR10: 2004– Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.
<b>Ambiente de operações</b>	Temperatura e umidade não controlados. Temperatura ambiente varia entre 5°C e 35°C. Nominal: 20 °C. Umidade Relativa do Ar: 84% (nominal)
<b>Intensidade das operações</b>	A frequência máxima de operação é de 20 horas semanais. Média: 10 horas semanais. As frequências máximas ocorrem em dois ciclos por ano, de 3 meses cada (abril a junho; setembro a novembro).
<b>Redundância</b>	Não há meios alternativos de produção.
<b>Trabalhos em andamento</b>	Não aplicável. Produção em lote unitário.
<b>Peças de reposição</b>	Peças de manutenção não são mantidas em estoque. Existe estoque regulador para as ferramentas de corte.
<b>Fornecimento de matéria-prima</b>	A matéria-prima é adquirida semestralmente de fornecedores licitados.

Fonte: Adaptado de SAE (2011).

Após a criação do Contexto Operacional do ativo, foi programada uma reunião de *Brainstorming* para a identificação de riscos. As seguintes partes interessadas participaram: um representante da direção do CTM, um coordenador de cursos, três professores que operam o ativo e um representante da área de manutenção.

A reunião de *Brainstorming* foi dividida em dois momentos, tendo o autor como facilitador. No primeiro momento, o grupo identificou riscos com base no contexto operacional e em suas experiências profissionais. Apesar do contexto operacional servir como uma linha de pensamento, a identificação de riscos foi isenta de críticas a fim de permitir a explosão de criatividade do grupo.

No segundo momento, os riscos identificados foram analisados pelo grupo quanto a sua probabilidade de ocorrência, com o intuito de manter somente os riscos mais prováveis. Em seguida, estes riscos foram classificados conforme a lista de Fontes de Risco da Tabela 5.

Todos os riscos identificados foram associados com, pelo menos, uma fonte de risco listada. Porém, para algumas fontes de risco não haviam riscos relacionados. Dessa forma, realizou-se uma segunda rodada de identificação de riscos com base na lista de fontes de risco. Esta rodada revelou-se muito importante, pois alguns riscos prováveis não haviam sido identificados.

O resultado da reunião de *Brainstorming* é a lista de riscos apresentada na Tabela 12.

#### **4.2 Fase 2 - Análise de Riscos**

Na Fase 2 é realizada a análise de riscos conforme procedimentos da seção 3.2. A seguinte equipe realizou a análise: o autor, um representante da área de manutenção e dois professores que operam o ativo. Além do Contexto Operacional e da Lista de Riscos Identificados, foram utilizados os documentos disponíveis no CTM conforme proposto na Tabela 6.

Tabela 12 – Lista de Riscos Identificados.

<b>FONTES DE RISCO</b>	<b>RISCOS IDENTIFICADOS</b>
<b>Desastres naturais</b>	Baixa probabilidade
<b>Falha em atender aos requisitos reguladores de desempenho (ex. falha nos controles)</b>	Falha em usinar dentro da tolerância de precisão devido ao desgaste das ferramentas de corte e/ou dos componentes da máquina Longos períodos de inatividade podem comprometer o funcionamento do ativo
<b>Falha física (falha funcional, dano acidental, sabotagem)</b>	Dano acidental devido a falhas na operação ocasionado por nível insuficiente de conhecimento dos operadores Dano acidental devido a falhas na programação do ativo ocasionado por nível insuficiente de conhecimento dos programadores Falha em um dispositivo de emergência (botão de emergência, sensor etc.) Incêndio no ativo
<b>Falhas em materiais ou serviços fornecidos por terceiros.</b>	Falta de matéria-prima devido a problemas de licitação Padrão de qualidade da matéria-prima inferior ao especificado Demora no atendimento da assistência técnica do ativo e na entrega de peças de reposição.
<b>Riscos à reputação da organização</b>	Acidentes com alunos podem causar um impacto negativo na reputação da escola Se houver demora na correção de falhas no ativo, as aulas ficam comprometidas, gerando insatisfação dos alunos.
<b>Riscos à saúde (ergonomia, substâncias tóxicas, temperaturas extremas, ruído, vibração, radiação, iluminação deficiente, carga de trabalho física ou mental)</b>	Exposição frequente aos ruídos da máquina pode causar danos ao sistema auditivo do operador.
<b>Riscos à segurança das pessoas (grau de proteção dos ativos, perigos mecânicos de operação, instalação elétrica, líquidos ou gases sob pressão)</b>	Esmagamento, enroscamento ou corte de membros humanos em partes móveis da máquina O operador pode sofrer choque elétrico em contato com a máquina ou em contato com o quadro de energia
<b>Riscos ao meio ambiente</b>	Descarte inadequado dos resíduos pode causar danos ambientais
<b>Riscos associados com diversas fases do ciclo de vida dos ativos (Criar, Adquirir, Utilizar, Manter, Renovar e Descartar)</b>	Operação inadequada do equipamento pode diminuir a vida útil do ativo Falta de registros de manutenção ou registros inadequados podem comprometer a análise futura de falhas e/ou diminuir a vida útil do equipamento
<b>Riscos relativos à legislação</b>	Não atendimento aos requisitos da NR-12 pode impossibilitar a utilização do ativo Descarte inadequado dos resíduos pode ocasionar multas
<b>Riscos relativos ao desenvolvimento sustentável a longo prazo</b>	Obsolescência do equipamento pode reduzir o custo-benefício de emprego do mesmo
<b>Riscos relativos ao impacto social</b>	Baixa probabilidade
<b>Riscos relativos ao transporte e armazenamento de materiais.</b>	Não há transporte de peças ou dispositivos superiores a 5 kg. Não há armazenamento de qualquer item próximo da área de trabalho do ativo

Fonte: Adaptado de BSI(2008a).

A equipe de trabalho identificou as Funções, as Falhas Funcionais, os Modos de Falha, os Efeitos da Falha e Quantificou o Risco para cada risco identificado na Fase 1, além de especificar o limite de Tolerância ao Risco em 100. A Figura 12, a Figura 13 e a Figura 14 apresentam os resultados das análises, organizados em formulários FMECA.



Formulário FMECA		SISTEMA DE ATIVO		SISTEMA DE ATIVO Nº		Facilitador:		Data:		Folha Nº	
		Máquinas de Usinagem		SA 01		Igor Krakheche		30/08/2014		2	
		ATIVO		ATIVO Nº		Auditor:		Data:		de	
		Tomo CNC Mazak QTN100-II		A 01		XXXXXX		XX/XX/XXXX			
FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL (Perda da Função)		MODO DE FALHA (Causa da Falha)		EFEITO DE FALHA (O que acontece na ocorrência da falha)		S		O D R	
3	Garantir a segurança do operador	A	Esmagamento, enrocamento ou corte de membros do operador em partes móveis da máquina	Falha no intertravamento de segurança que impede os movimentos dos eixos da máquina enquanto a porta estiver aberta	Danos à saúde do operador. Efeito apresenta risco de segurança ao operador. Afastamento do operador por acidente de trabalho. O acidente pode causar um impacto negativo na reputação da escola. Ação corretiva: substituir mecanismo com defeito (ex. sensor, relé de segurança etc.). Analisar se a gravidade do acidente requer bloqueio da máquina e investigação formal. Tempo médio de reinício: 60 min para acidentes de baixa gravidade.	9	3	10	270	100	
		B	Operador sofre choque elétrico na máquina	Estrutura metálica da máquina não está devidamente aterrada	Danos à saúde do operador. Efeito apresenta risco de segurança ao operador. Afastamento do operador por acidente de trabalho. O acidente pode causar um impacto negativo na reputação da escola. Ação corretiva: aterrar a estrutura metálica da máquina. Analisar se a gravidade do acidente requer bloqueio da máquina e investigação formal. Tempo médio de reinício: 30 min para acidentes de baixa gravidade.	9	6	10	540	100	
4	Garantir a integridade física dos componentes do ativo	A	Dano físico ao ativo devido à colisão entre suas partes móveis	1	Painel elétrico da máquina não está bloqueado para impedir o acesso do operador	Danos à saúde do operador. Efeito apresenta risco de segurança ao operador. Afastamento do operador por acidente de trabalho. O acidente pode causar um impacto negativo na reputação da escola. Ação corretiva: bloquear acesso ao painel de energia para qualquer pessoa não habilitada. Analisar se a gravidade do acidente requer bloqueio da máquina e investigação formal. Tempo médio de reinício: 30 min para acidentes de baixa gravidade.	10	6	10	600	100
				2	Falha em um dispositivo de parada de emergência, (botão de emergência, sensor de posição etc.)	O painel da máquina mostra um alarme de colisão. Colisão entre partes móveis do ativo pode danificar seriamente o ativo. Ativo não opera até que o dano seja corrigido. Ação corretiva: Chamar a assistência técnica da máquina. Investigar causas da deterioração do dispositivo. Tempo médio de reinício: depende da assistência técnica.	8	4	10	320	100
		B	Dano físico ao ativo devido a incêndio	1	Erro de programação do ativo ocasionado por nível insuficiente de conhecimento do programador	O painel da máquina mostra um alarme de colisão. Colisão entre partes móveis do ativo pode danificar seriamente o ativo. Ativo não opera até que o dano seja corrigido. Ação corretiva: Chamar a assistência técnica da máquina. Tempo médio de reinício: depende da assistência técnica.	8	10	5	400	100
				3	Insuficiente de conhecimento do operador	O painel da máquina mostra um alarme de colisão. Colisão entre partes móveis do ativo pode danificar seriamente o ativo. Ativo não opera até que o dano seja corrigido. Ação corretiva: Chamar a assistência técnica da máquina. Tempo médio de reinício: depende da assistência técnica.	8	3	9	216	100
				1	Sobreaquecimento do sistema elétrico do ativo	Indícios de fumaça saindo do painel elétrico da máquina. Se o fogo não for contido, pode apresentar risco à segurança do operador e à integridade do ativo. Ativo não opera até que o dano seja corrigido. Ação corretiva: Utilizar o extintor de incêndio do laboratório para extinguir o fogo e acionar a Brigada de Incêndio. Substituir o(s) componente(s) danificado(s) ou chamar a assistência técnica da máquina. Investigar causas da falha. Tempo médio de reinício: depende da gravidade do dano.	9	3	10	270	100

S - Severidade; O - Ocorrência; D - Detecção; R - Risco; TR - Tolerância ao Risco.

Figura 13 – Formulário FMECA – Folha 2.

Fonte: Adaptado de Moubray (1997).

Formulário FMECA		SISTEMA DE ATIVO		SISTEMA DE ATIVO Nº		Facilitador:		Data:		Folha Nº		
		Máquinas de Usinagem		SA 01		Igor Krakheche		30/08/2014		3		
		ATIVO		ATIVO Nº		Auditor:		Data:		de		
		Torno CNC Mazak QTN100-II		A 01		XXXXXX		XX/XX/XXXX				
FUNÇÃO		FALHA FUNCIONAL (Perda da Função)		MODO DE FALHA (Causa da Falha)		EFEITO DE FALHA (O que acontece na ocorrência da falha)		S	O	D	R	TR
5	Emitir ruído em nível não superior a 90 dB, medido na altura da cabeça do operador, por no máximo 4 horas contínuas	A	Emissão de ruído em nível superior ao limite especificado	1	Características de usinagem da peça influenciam no nível de emissão de ruído	Exposição frequente aos ruídos da máquina pode causar danos ao sistema auditivo do operador e diminuir a produtividade do operador. Ação corretiva: Operador deve usar protetor auricular. Verificar parâmetros de usinagem para tentar reduzir o nível de ruído. Tempo médio de reinício: imediato.	5	9	2	90	100	
6	Descartar resíduos em conformidade com a Resolução CONAMA Nº 362/2005	A	Descarte não conforme dos resíduos	1	Procedimento de descarte não foi seguido corretamente	Falta de comprovação do destino dos resíduos. Impacto ambiental sério. Possibilidade de gerar multas para a organização. Ação corretiva: abrir oportunidade de melhoria corretiva. Notificar responsáveis internos. Verificar o nível do impacto ambiental e propor ações de mitigação do impacto. Tempo médio de reinício: imediato.	10	5	3	150	100	
7	Operar em condição de viabilidade técnica e econômica por, no mínimo, 15 anos, atendendo à legislação vigente.	A	Operação do ativo demanda altos custos de manutenção.	1	Operação inadequada do ativo gera um desgaste prematuro	Aumento no número de peças usinadas fora da tolerância especificada. Desgaste prematuro dos componentes. Aumento no aquecimento de partes móveis. Aumento no consumo de energia. Ação corretiva: capacitar os operadores. Tempo médio de reinício: Imediato.	7	4	2	56	100	
		B	Ativo não está em conformidade com legislação de segurança de máquinas.	1	Projeto do ativo não atende aos requisitos da NR-12	Laudo de não conformidade do ativo à NR-12. Possibilidade de gerar multas para a organização. Bloqueio da máquina. Ação corretiva: Verificar viabilidade técnica e econômica de adequação à norma. Tempo médio de reinício: Após obtenção de laudo de conformidade.	10	8	5	400	100	

S - Severidade; O - Ocorrência; D - Detecção; R - Risco; TR - Tolerância ao Risco.

Figura 14 – Formulário FMECA – Folha 3.

Fonte: Adaptado de Moubray (1997).

### 4.3 Fase 3 – Controle dos Riscos

A Fase 3 finaliza a aplicação do método. A mesma equipe de trabalho da Fase 2 utilizou os procedimentos da seção 3.3 para elaborar o Plano de Gestão de Ativos para combater os riscos identificados. A Figura 15 apresenta o Plano de Gestão de Ativos criado.

Plano de Gestão dos Ativos		SISTEMA DE ATIVO						SISTEMA DE ATIVO Nº	Facilitador:	Data:	Folha Nº	
		Máquinas de Usinagem						SA 01	Igor Krakheche	31/08/2014	1	
		ATIVO						ATIVO Nº	Auditor:	Data:	de	
		Torno CNC Mazak QTN100-II						A 01	XXXXXX		1	
Ref.	FMECA			Avaliação das Consequências				Ações Propostas			Periodicidade	Responsável
F	FF	MF	E	S	M	O	Ação					
1	A	1	S	N	N	S	D4	Verificar o nível de sujeira no filtro do cooler do spindle	Mensal	Operador		
								Utilizando Termografia, verificar a temperatura de operação do motor do spindle após a operação contínua de 1 (uma) hora	Trimestral	Manutenção		
1	A	2	S	N	N	S	D4	Verificar a tela de monitoramento da potência de usinagem indicada no painel da máquina	Durante o processo	Operador		
								Criar estoque mínimo regulador para a solicitação de compra de um novo lote de matéria-prima. Estoque mínimo suficiente para um semestre de aula.	Imediato	Operador		
								Emitir solicitação de compra sempre que o estoque atingir o nível mínimo	Semestral	Operador		
1	B	1	S	N	N	S	D5	Apertar os elementos de máquina dos eixos de movimentação	Semestral	Manutenção		
								Criar cronograma semanal para manter o ativo ligado por duas horas consecutivas	Imediato	Operador		
								Ligar o ativo por duas horas consecutivas conforme cronograma	Semanal	Operador		
1	B	3	S	N	N	S	D4	Analisar as características da matéria-prima na entrega do lote	Semestral	Operador		
								Criar instruções de pré-uso do ativo com checklist de verificação	Imediato	Manutenção		
2	A	1	S	N	N	S	D4	Verificar a pressão e a vazão da bomba da unidade hidráulica, conforme instruções de pré-uso	Diário	Operador		
								Verificar o intertravamento de segurança que impede os movimentos dos eixos da máquina enquanto a porta estiver aberta, conforme instruções de pré-uso	Diário	Operador		
3	B	1	S	S	N	N	B1	Utilizando Terrômetro, verificar aterramento da máquina. Limite superior: 10Ω	Trimestral	Manutenção		
3	B	2	S	S	N	O	B1	Verificar acesso ao painel elétrico da máquina por pessoas não habilitadas	Trimestral	Manutenção		
4	A	1	N	N	N	O	G11	Realizar procedimento de procura de falhas simulando acionamentos dos dispositivos de parada de emergência	Semestral	Manutenção		
4	A	2	S	N	N	O	D5	Utilizar software CAM para verificar falhas de programação	Por programa	Operador		
4	A	3	S	N	N	O	D5	Aplicar procedimentos de operação da máquina, conforme instruções de pré-uso	Diário	Operador		
4	B	1	S	S	S	S	B1	Utilizando Termografia, verificar a temperatura do painel elétrico após a operação contínua de 1 (uma) hora	Trimestral	Manutenção		
5	A	1	S	N	N	S	D5	Utilizar protetor auricular ao operar o ativo, conforme instruções de pré-uso	Diário	Operador		
6	A	1	S	N	S	N	C1	Verificar laudo de destino adequado de descarte dos resíduos	Mensal	Qualidade		
7	A	1	S	N	N	S	D5	Aplicar procedimentos de operação da máquina, conforme instruções de pré-uso	Diário	Operador		
7	B	1	S	N	N	S	D4	Contratar análise de conformidade do ativo à NR-12	Imediato	Direção		

Figura 15 – Plano de Gestão dos Ativos.  
Fonte: Adaptado de Moubray (1997) e SAE (2011).



#### 4.4 Resultados

Após a aplicação do método proposto em um ativo do CTM, os seguintes resultados foram obtidos:

- 21 riscos foram identificados;
- 18 modos de falha foram analisados, distribuídos em 7 Funções;
- Média da Severidade: 7,88;
- Média da Ocorrência: 5,61;
- Média da Detecção: 5,72;
- Média do RPN: 242,77 (66% dos modos de falha acima da tolerância);
- 13 Tarefas Preditivas foram propostas (72%);
- 5 Tarefas Preventivas foram propostas (22%);
- 1 Tarefa de Procura de Falhas foi proposta (6%);
- 72% das consequências tem efeito direto sobre a capacidade operacional;
- 22% das consequências tem efeito direto sobre a segurança;
- 6% das consequências tem efeito direto sobre o meio ambiente;

Analisando os resultados quantitativos, algumas considerações podem ser feitas.

Consideração 1: 66% dos modos de falha estão acima do limite tolerável.

Este indicador tem que ser considerado com cautela, pois:

- O nível de tolerância ao risco foi criado com base na análise de apenas um ativo. A organização que aplicar o método em diversos ativos, poderá utilizar o Princípio de Pareto para determinar qual nível de tolerância ao risco é aceitável.

- O método foi aplicado em um ativo novo e com frequência de utilização muito inferior à média da indústria. Dessa forma, o histórico de manutenções corretivas ainda não é uma fonte

rica de informações para estimar o RPN. Em uma organização madura, a estimativa do RPN será baseada em fontes mais ricas de informações e em profissionais mais experientes.

- Quando novos controles forem criados, a partir das ações propostas pelo Plano de Gestão de Ativos, o fator “Detecção” reduzirá o RPN para a maioria dos modos de falha.

Portanto, o processo de revisão das informações dos formulários propostos no método é muito importante para que a organização aprenda com o método e melhore a relação custo-benefício da Gestão de Ativos.

Consideração 2 - o número de modos de falha é inferior ao número de riscos identificados.

Este indicador demonstra que o mesmo modo de falha pode gerar mais de um risco para a organização. Neste caso, a organização pode priorizar ações para evitar os modos de falha que geram diferentes riscos para a organização.

Consideração 3 - Média da Severidade: 7,88.

Este indicador é alto, considerando uma escala de 1 a 10. A média deste indicador não será reduzida com a execução das ações propostas. Dessa forma, tende a manter a média do RPN alta se os fatores “Ocorrência e Detecção” não forem reduzidos. No entanto, essa média pode indicar uma análise conservadora de riscos conservadora pela equipe ou um filtro alto de corte dos riscos identificados.

Consideração 4 - 13 Tarefas Preditivas foram propostas (72%).

Este indicador é bastante coerente com o método, que afirma que tarefas preditivas devem ser prioritárias sobre as demais tarefas.

Consideração 5 - 72% das consequências tem efeito direto sobre a capacidade operacional; 22% das consequências tem efeito direto sobre a segurança; 6% das consequências tem efeito direto sobre o meio ambiente.

Quando a organização possuir estes indicadores para diversos ativos, pode utilizá-los para identificar quais ativos tem mais consequências de segurança e ambiental. Dessa forma, possuirá mais um critério para priorizar investimentos.

## 5 CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as respostas às perguntas da pesquisa, a análise sobre o alcance dos objetivos, a análise sobre o processo de aplicação do método de gestão de riscos, dificuldades do trabalho e oportunidades para desenvolvimentos futuros.

Através da revisão bibliográfica, foram identificadas diversas técnicas e ferramentas cujos processos podem ser empregados na gestão de riscos. Porém, parte destas técnicas não abrange todo o processo de gestão de riscos, conforme preconiza a ABNT (2012), ou não está em conformidade com o PAS 55. Dessa forma, a solução encontrada foi a combinação de três técnicas amplamente utilizadas na literatura, para que todos os elementos da Gestão de Riscos da ABNT (2012) estivessem contemplados e para que os requisitos do PAS 55 fossem atendidos.

As técnicas selecionadas são o *Brainstorming*, o FMECA e o RCM. No entanto, a aplicação destas técnicas não segue procedimentos rígidos em todos os seus processos. Dessa forma, a literatura pesquisada apresenta diversas formas de aplicação dos processos destas técnicas. A partir disso, pesquisou-se detalhadamente os resultados obtidos pela aplicação de cada processo em estudos de caso da literatura técnica, para que fosse possível identificar quais processos são mais aderentes ao PAS 55. Outro resultado desta pesquisa foi a identificação da sequência lógica de aplicação dos processos que está mais alinhada com os objetivos do PAS 55.

Os objetivos do trabalho foram alcançados. A análise do cenário atual da Gestão de Ativos e da Gestão de Riscos, em nível nacional e internacional, demonstram que existem um espaço muito grande para estudos nessas áreas e, principalmente, para a aplicação destes processos na indústria a fim de agregar valor aos negócios das organizações. O método proposto abrange a aplicação dos processos de Identificação de Riscos, Análise de Riscos e Controle de Riscos em uma sequência lógica de etapas que permite um aprendizado gradual da equipe envolvida, um

envolvimento das partes interessadas e, principalmente, garante a aderência do método aos requisitos do PAS 55. Esta aderência foi observada a partir da criação de exemplos de aplicação do método que, quando confrontados com os requisitos do PAS 55, apresentam consistência no cumprimento dos objetivos deste procedimento técnico.

A principal contribuição do trabalho é proposta de um método que permite a organização gerir os riscos de forma eficiente para a obtenção de valor de seus ativos, ao mesmo tempo que aumenta o cuidado com a segurança e com o meio ambiente. A descrição da sequência lógica de aplicação permite o emprego do método de forma estruturada, o que possibilita a organização racionar sobre os riscos envolvidos com seus ativos e se preparar para prevenir ou lidar com a ocorrência destes riscos. A aplicação do método reforçou a opinião de diversos autores, no sentido de que o sucesso da aplicação do método é diretamente proporcional ao conhecimento das partes interessadas sobre os ativos da organização.

As principais dificuldades encontradas referem-se à grande diversidade de processos aplicados em estudos de casos, sendo difícil de identificar quais são as melhores práticas da gestão de riscos. Dada a flexibilidade de aplicação das ferramentas pesquisadas, os estudos de casos propõem diversas soluções, principalmente para as escalas de severidade, ocorrência e detecção na análise de riscos. Outro grande desafio foi desenvolver uma opinião sobre a viabilidade econômica das análises quantitativas das probabilidades de falhas, em comparação com a subjetividade das análises qualitativas e, a partir disso, apresentar um método em que fosse possível a utilização de ambas as análises. A primeira depende da qualidade das informações disponíveis, ao passo que a segunda depende da experiência dos profissionais envolvidos.

O trabalho não abrangeu todos os requisitos do PAS 55. Dessa forma, a aplicação do método em uma organização comprometida com o PAS 55 apresentaria questionamentos que poderiam demandar uma revisão do método. Além disso, o método não foi aplicado em uma

simulação. Desse modo, contribuições importantes dos profissionais envolvidos com a gestão de riscos poderiam tornar o método mais robusto e mais aplicável à realidade das organizações.

## **5.1 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS**

Para a aplicação do método, é necessária a criação prévia do Plano Estratégico Organizacional, da Política de Gestão de Ativos, da Estratégia de Gestão de Ativos e dos Objetivos da Gestão de Ativos em conformidade com o PAS 55. Portanto, o desenvolvimento de propostas para a elaboração destes requisitos é uma boa oportunidade de trabalhos futuros, inclusive para analisar a aderência do método a estes requisitos e ao PAS 55 como um todo.

Além disso, o escopo do PAS 55 não trata diretamente os fatores humanos, como liderança, motivação e cultura. Porém, estes fatores são críticos para o alcance bem-sucedido da gestão de ativos otimizada e sustentável. Dessa forma, trabalhos de Gestão de Ativos que considerem estes fatores são importantes para aumentar a massa crítica sobre esta área.

Outra boa oportunidade de trabalho seria a realização de análises sobre as viabilidades técnicas e econômicas de ferramentas de análise da condição dos ativos, inclusive com coleta de informações em tempo real. Este estudo é importante para embasar as decisões em relação à manutenção preditiva, pois a técnica RCM é baseada no fato de que as ações proativas devem ser as primeiras a serem consideradas.

Finalmente, um trabalho essencial a ser desenvolvido seria a exploração de métodos quantitativos para análises probabilísticas de falhas, de forma que estas possam tornar-se mais viáveis economicamente. Dessa forma, melhoraria a tomada de decisões sobre períodos mais precisos de ações de manutenção.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000**: 2009: Gestão de riscos - Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 31010**: 2012: Gestão de riscos - Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55000**: 2014: Gestão de ativos - Visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. Gestão de Ativos e PAS 55, 2014. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/sidebar/pas55>>. Acesso em: 25 Mai. 2014.
- AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. **Guidance Notes on Reliability-Centered Maintenance**. Houston, 2004.
- BARENDT, D. M. et al. Risk analysis of analytical validations by probabilistic modification of FMEA. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 64, p. 82–86, Mai. 2012.
- BLOOM, N. **Reliability Centered Maintenance - Implementation Made Simple**. Nova York: McGraw-Hill, 2006.
- BRITISH STANDARD INSTITUTE. **PAS 55-1**: Especificação para a Gestão Otimizada dos Ativos Físicos. Tradução de ABRAMAN. Rio de Janeiro, 2008.
- BRITISH STANDARD INSTITUTE. **PAS 55-2**: Diretrizes para a Aplicação do PAS 55-1. Tradução de ABRAMAN. Rio de Janeiro, 2008a.
- EL-AKRUTI, K.; DWIGHT, R.; ZHANG, T. The strategic role of Engineering Asset Management. **International Journal of Production Economics**, v. 146, n. 1, p. 227–239, Jul. 2013.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- HUGGETT, J. **Asset Management – the changing role of Maintenance Management**. Hampshire, 2012. Disponível em: <[www.twopl.com/\\_assets/client/images/collateral/Asset Management the changing role of maintenance management\\_edited August 2012.pdf](http://www.twopl.com/_assets/client/images/collateral/Asset%20Management%20the%20changing%20role%20of%20maintenance%20management_edited%20August%202012.pdf)>. Acesso em: 25 Mai. 2014.
- THE INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT. **An Anatomy of Asset Management**. Bristol, UK: Redhouse Lane Communications, v. 1.1, 2012.
- JENKINS, S. Asset Management's Next Act. **Chemical Engineering**, v. 121, n. 2, p. 17–20, Feb. 2014.
- KEENEY, R. L. Value-Focused Brainstorming. **Decision Analysis**, v. 9, n. 4, p. 303–313, Dec. 2012.

MENDES, A. A.; RIBEIRO, J. L. D. Establishment of a maintenance plan based on quantitative analysis in the context of RCM in a JIT production scenario. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 127, p. 21–29, Jul. 2014.

MINNAAR, J. R.; BASSON, W.; VLOK, P. J. Quantitative Methods Required for Implementing PAS 55 or the ISO 55000 Series for Asset Management. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 24, n. 3, p. 98-111, Nov. 2013.

MOUBRAY, J. **Reliability-Centered Maintenance**. 2. ed. Nova York City: Industrial Press, 1997.

OLDENHOF, M. T. et al. Consistency of FMEA used in the validation of analytical procedures. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 54, n. 3, p. 592–595, Feb. 2011.

POWELL, A. **A Window of Opportunity for INCOSE: The Zero(th) Order Risk Management Standard**. Sixteenth Annual International Symposium of the International Council On Systems Engineering (INCOSE). Orlando: INCOSE. 2006. p. n. 9, p. 17.

ROEDLER, G.. **A Path to Convergence of Risk Management**. Sixteenth Annual International Symposium of the International Council On Systems Engineering (INCOSE). Orlando: INCOSE. 2006. p. n. 9, p. 17.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE JA1011: Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes**. Washington, DC, 2009.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE JA1012: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard**. Washington, DC, 2011.

UNITED STATES. NAVAL AIR SYSTEMS COMMAND. **NAVAIR 00–25–403: Guidelines for the Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process**. Washington, DC, 2005.

UNITED STATES. NAVAL AIR SYSTEMS COMMAND. **S9081-AB-GIB-010: Reliability-Centered Maintenance (RCM) Handbook**. Washington, DC, 2007.

VINODH, S.; SANTHOSH, D. Application of FMEA to an automotive leaf spring manufacturing organization. **The TQM Journal**, v. 24, n. 3, p. 260-274, 2012.

WOLDE, M.; GHOBBAR, A. A. Optimizing inspection intervals - Reliability and availability in terms of a cost model: A case study on railway carriers. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 114, p. 137-147, Jun. 2013.

WOODHOUSE,. Setting the right standards in asset management. **IAM Assets Journal**, v. 7, n. 1, p. 8-10, Mar. 2011.

XIAO, N. et al. Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA. **Engineering Failure Analysis**, v. 18, n. 4, p. 1162–1170, Jun. 2011.

YSSAAD, B.; KHIAT, M.; CHAKER, A. Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems. **Electrical Power and Energy Systems**, v. 55, p. 108-115, Feb. 2014.



ZHOU, X.; XI, L.; LEE, J. Reliability-centered predictive maintenance scheduling for a continuously monitored system subject to degradation. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 92, n. 4, p. 530-534, Apr. 2007.

## GLOSSÁRIO

**AÇÃO CORRETIVA:** Ação implementada para eliminar uma não conformidade, defeito, ou situação indesejável detectada, a fim de prevenir sua repetição.

**AÇÃO PREVENTIVA:** Ação implementada para eliminar as causas possíveis de uma não conformidade, defeito ou situação indesejável, a fim de prevenir esta ocorrência.

**ALTA DIREÇÃO:** Pessoa, ou grupo, nomeada ou autorizada que dirige e controle a organização no mais alto nível.

**ATIVOS:** Planta, maquinário, propriedade, veículos e outros itens que possuem um valor distinto para a organização.

**CAUSA:** Aquilo ou aquele que faz com que uma coisa exista ou aconteça.

**CICLO DE VIDA:** Intervalo de tempo que se inicia com a identificação da necessidade de um ativo e termina com a desativação do ativo ou qualquer responsabilidade associada.

**CONFIABILIDADE:** Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo. É a probabilidade de que um item ou uma máquina funcione corretamente em condições esperadas durante um determinado período de tempo, ou de ainda estar em condições de trabalho após um determinado período de funcionamento.

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL:** Abordagem balanceada e permanente para atividade econômica, responsabilidade ambiental e processo social.

**DISPONIBILIDADE:** Capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante o intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo-se que os recursos internos requeridos estejam assegurados.

**EROSÃO:** Deterioração de uma superfície devido à ação abrasiva de fluidos em movimentos.

**FALHA:** Perda da capacidade de um item para realizar sua função específica. Pode equivaler ao termo avaria. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar sua função em um determinado período de tempo, onde o item deverá sofrer manutenção ou ser substituído. A falha leva o item ao estado de indisponibilidade.

**INSPEÇÃO:** Análise crítica efetuada em um item, verificando seu estado real em comparação com o exigido.

**MANTENABILIDADE:** Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar as suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios e meios prescritos.

**MANUTENÇÃO CORRETIVA:** Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

**MANUTENÇÃO PREDITIVA:** São tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico para tentar “prever” ou “predizer” a proximidade da ocorrência de uma falha

**MODO DE FALHA:** É a expressão utilizada para caracterizar o processo e o mecanismo de falha que ocorre nos itens. Um determinado modo de falha se tornará mais ou menos evidente dependendo da função que o item está desempenhando num caso específico.

**MANUTENÇÃO PREVENTIVA:** Manutenção efetuada em intervalos pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, destinado a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação de um item.

**MÉTODO:** Forma de procedimento sequencial, sistemático e ordenado.

**ORGANIZAÇÃO:** Companhia, corporação, firma, empresa, autoridade ou instituição, parte ou combinação disto, incorporada ou não, pública ou privada, que possui suas próprias funções e administração.

**PARTE INTERESSADA:** Pessoa ou grupo que possui interesse no desempenho, sucesso ou impacto das atividades da organização.

**PLANO ESTRATÉGICO ORGANIZACIONAL:** Plano de longo prazo global para a organização derivado de, e representado, sua visão, missão, valores, políticas de negócio, requisitos das partes interessadas, objetivos e gestão de seus riscos.

**POLÍTICA FUNCIONAL:** Abordagem, regras e limites estabelecidos por uma organização, que proporcionam direção e estrutura para o controle de processos e atividades relacionados a ativos específicos.

**PORTFÓLIO DE ATIVO:** A gama completa de ativos e sistemas de ativo pertencentes a uma organização.

**REDUNDÂNCIA:** Princípio que consiste na existência de dois componentes de um sistema com as mesmas funções. Cada componente funciona de forma autônoma, estando um a exercer o comando e o outro pronto a substituir o primeiro em caso de falha deste.

**SUSTENTABILIDADE:** Alcançar ou manter um consenso ótimo entre desempenho, custos e riscos durante o ciclo de vida do ativo, evitando impactos adversos de longo prazo para a organização a partir de decisões de curto prazo.

**VIDA ÚTIL:** Período de vida onde o equipamento produz bens a um custo razoável e pode ser mantido em operação.

## FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;"><b>DP</b></p>	2. DATA <p style="text-align: center;">13 de outubro de 2014</p>	3. REGISTRO N° <p style="text-align: center;">DCTA/ITA/DP-062/2014</p>	4. N° DE PÁGINAS <p style="text-align: center;">93</p>
5. TÍTULO E SUBTÍTULO:  Proposta de um método para a implantação da gestão de riscos em conformidade com o procedimento técnico PAS 55:2008 – gestão de ativos físicos.			
6. AUTOR(ES):  <b>Igor André Krakheche</b>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):  Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:  1. Gestão de Ativos Físicos. 2. Gestão de Riscos. 3. <i>Reliability Centered Maintenance</i> .			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO:  Concorrência econômica; Equipamentos; Ferramentas; Redução de custos; Garantia de qualidade; Avaliação de riscos; Administração de empresas; Administração.			
10. APRESENTAÇÃO: <span style="float: right;"><b>X Nacional</b>      <b>Internacional</b></span>  ITA, São José dos Campos. Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Orientador: Prof. Dr. Luís Gonzaga Trabasso. Defesa em 18/09/2014. Publicada em 2014.			
11. RESUMO:  Diante da forte concorrência industrial em nível internacional, as organizações precisam maximizar a rentabilidade de seus ativos para garantir a sobrevivência do negócio. Isso implica assegurar a melhoria da produtividade e da rentabilidade e, ao mesmo tempo, em reduzir os custos de manutenção. Nesse cenário, surgiu a Gestão de Ativos, que objetiva a obtenção de valor do ativo, enquanto equilibra os custos financeiros, ambientais e sociais, os riscos, a qualidade de serviço e o desempenho dos ativos. Com o intuito de padronizar a Gestão de Ativos, o <i>British Standard Institute</i> (BSI) criou o PAS55:2008 – Gestão de Ativos Físicos, um procedimento técnico com requisitos que visam estabelecer uma gestão abrangente e aperfeiçoar o sistema de gestão para todos os tipos de ativos físicos das organizações. Nesse contexto, a Gestão de Riscos é um princípio importante para a gestão de ativos proativa. Dessa forma, o trabalho visa propor um método para a implantação da Gestão de Riscos dos ativos físicos que esteja em conformidade com os requisitos do PAS55:2008. A Gestão de Riscos objetiva entender a causa, o efeito e a probabilidade de ocorrência de eventos adversos, para gerenciar de forma eficiente tais riscos, em nível aceitável, e fornecer uma trilha de auditoria para a gestão de riscos. Para tanto, foram pesquisadas técnicas e ferramentas que apresentam boas relações custo-benefício para a Gestão de Riscos e que sejam aderentes aos requisitos do PAS 55. Em função disso, foi proposto uma sequência lógica de aplicação do método, abrangendo a Identificação de Riscos, a Análise de Riscos e o Controle dos Riscos. Ao final, são apresentadas considerações sobre as limitações do método proposto, bem como oportunidades de complementação do trabalho para abordar demais requisitos do PAS 55.			
12. GRAU DE SIGILO:  <b>(X) OSTENSIVO</b> ( ) RESERVADO      ( ) CONFIDENCIAL      ( ) SECRETO			