



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO E TÉCNICAS FUNDAMENTAIS



AURO NETO CATERINGER STARLING ALBUQUERQUE

ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS
APLICADA EM EMPRESAS DOS SETORES DE MINERAÇÃO E ENERGIA
NUCLEAR COM BASE EM ESTUDOS DE CASO

OURO PRETO - MG
2017

AURO NETO CATERINGER STARLING ALBUQUERQUE

netocateringer@hotmail.com

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS
APLICADA EM EMPRESAS DOS SETORES DE MINERAÇÃO E ENERGIA
NUCLEAR COM BASE EM ESTUDOS DE CASO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Dsc. Washington Luiz Vieira da Silva

Coorientador: Msc. Henrique Nogueira Soares

**OURO PRETO – MG
2017**

A345e

Albuquerque, Auro Neto Cateringer Starling.

Estudo comparativo sobre a gestão de ativos físicos aplicada em empresas dos setores de mineração e energia nuclear com base em estudos de caso [manuscrito] / Auro Neto Cateringer Starling Albuquerque. - 2017.

87f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luiz Vieira da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Henrique Nogueira Soares.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Gestão de empresas - Gestão de Ativos. 2. ABNT - NBR ISO 55000. 3. Normalização - PAS 55. I. Silva, Washington Luiz Vieira da. II. Soares, Henrique Nogueira . III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

CDU: 681.5

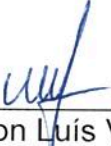


UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO E TÉCNICAS FUNDAMENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

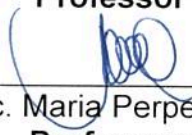
ATA DA DEFESA

Aos 04 dias do mês de Abril de 2017, às 11h 00min, na sala 6, localizado na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia do aluno, **Auro Neto Cateringer Starling Albuquerque** sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Prof^a. DSc. Maria Perpétuo Socorro Mol Pereira, Prof. DSc. Luis Antonio Bortolaia. O candidato (a) apresentou o trabalho intitulado: “**Estudo comparativo sobre Gestão de Ativos aplicada em empresas dos setores de mineração e energia nuclear com base em estudos de caso**”, sob orientação do DSc. Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADO com a nota/conceito 7,6.

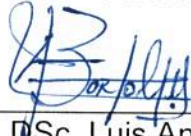
Ouro Preto, 04 de Abril de 2017.



Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva
Professor Orientador



Prof^a. DSc. Maria Perpétuo Socorro Mol Pereira
Professora Avaliadora



Prof. DSc. Luis Antonio Bortolaia
Professora Avaliador



Auro Neto Cateringer Starling Albuquerque
Aluno(a)

Dedico essa conquista a Deus e a
minha Mãe, sem vocês eu nada seria.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos presentes em minha vida. A minha mãe Lúcia pela educação, amor e carinho, por se dedicar e me apoiar em todas as situações e momentos de minha vida, além de ser um exemplo. Ao meu padrasto Ravel, por sempre se preocupar e ajudar da melhor maneira possível. A minha namorada Kheanne, por todo amor, paciência e companheirismo. A minha família, em especial meu avô Dino, por ser uma inspiração e minha avó Lurdinha por todo sentimento de afeto e carinho. Aos amigos de infância Flavianny, Gabriel e Jecão pelo apoio e preocupação. Aos meus amigos da Engenharia Mecânica e de Ouro Preto, em especial Flávio, Sapo, Minhoca, Carneiro, Flanela, Capenga, 20 e Tia Rita, por toda ajuda, além dos momentos de ferração e descontração. Ao meu orientador Washington, por todo tempo dedicado a me ajudar. Aos meus professores Luís Antônio Bortolaia e Zirlene também pela ajuda e tempo dedicados a mim. E a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para essa conquista, deixo meu mais sincero obrigado.

*“O fracasso é a oportunidade de começar de novo
com mais inteligência e redobrada vontade.”*

Henry Ford

RESUMO

ALBUQUERQUE, Auro Neto Cateringer Starling: **Estudo comparativo sobre a gestão de ativos físicos aplicada em empresas dos setores de mineração e energia nuclear com base em estudos de caso**, 2017. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar as contribuições obtidas com a implantação dos preceitos das normas de gestão de ativos NBR ISO 55000 e/ou PAS 55. Realizaram-se pesquisas bibliográficas, com o intuito de estruturar uma base teórica, sobre os temas necessários para melhor compreensão das metodologias e normas. O trabalho adota uma abordagem qualitativa, exploratória, bibliográfica e estudo de caso. Utilizou-se de quatro estudos de caso aplicados em empresas brasileiras, sendo três do setor de mineração e uma do setor de energia. Procurou-se por uma análise dos resultados apresentados nas empresas em questão, identificar quais as contribuições obtidas ao se implantar um sistema de gestão de ativos com base nos preceitos das normas. Apresentaram-se as contribuições obtidas com a implantação da gestão de ativos físicos como: aumento da disponibilidade física, da confiabilidade, do desempenho e do tempo médio para a falha, assim como redução do número de falhas, do tempo médio para o reparo e de alguns custos e riscos operacionais. Conclui-se, a partir da análise dos estudos de caso, que, com a correta implantação dos preceitos da norma de gestão de ativos, obtém-se uma melhor visão dos ativos e seus ciclos de vida, gerando melhorias ao sistema e agregando valor ao negócio, sendo algo essencial para sobrevivência das organizações no cenário atual.

Palavras-chave: Gestão de Ativos, Ativos Físicos, NBR ISO 55000, PAS 55.

ABSTRACT

The paper focus on presenting the contribution obtained with the implantation of the technical standards from ISO 55000 and PAS 55. Bibliographic research was made to help structure a theoretical base about the understanding of those technical standards. The paper uses a qualitative, exploratory and bibliographic approach, as well as study cases reviews. Studies were made in four Brazilian companies, being three mining companies and one energy company. The analysis searched for possible contributions achieved in those companies by the implantation of a asset management system, based on the technical standards. A table with the results of the analisys was presented, containing: increase of physical disponibility, confiability, performance and mean time to failure, as well as reduction of the failure numbers, mean time to repair and some operational risks. The results concluded that, with the right application of those standards the companies gained better sight of the asset and his cycles, and managed to improve the work system, gaining market value and organization, important items on the competitive scenario they work in.

Key-words: Asset Management, Physical Asset, NBR ISO 55000, PAS 55.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.5: Fases do ciclo de vida dos ativos.	6
Figura 2.6: CAPEX e OPEX.	7
Figura 2.7: Estrutura do Sistema de GA.	9
Figura 2.1: Tipos de Manutenção.	16
Figura 2.2: Manutenção Preditiva e Detectiva.	20
Figura 2.3: Componentes de um programa de MCC.	22
Figura 2.4: Ciclo PDCA.	25
Figura 3.1: Materiais e Métodos.	27
Figura 4.1: Operações da AngloGold Ashanti no Mundo.	30
Figura 4.2: Evolução do Programa de Gerenciamento de Riscos na Gerencia de Manutenção de HME.	43
Figura 4.3: Acidentes com Perda de Tempo – ACPT e Sem Perda de Tempo - ASPT na Gerencia de Manutenção de HME.	44
Figura 4.4: Macrofluxo do BPF.	44
Figura 4.5: Efetividade da Programação de Manutenção Preventiva no Ano de 2011.	45
Figura 4.6: Custos com Serviços Internos de Manutenção de HME no período de 2011 a 2014.	46
Figura 4.7: Riscos Identificados na Auditoria Contábil na Gerencia de Manutenção de HME da Mina de Cuiabá no período de 2009 a 2014.	47
Figura 4.8: Modelo do Sistema de Gestão para a Gestão de Ativos da AngloGold Ashanti Brasil.	48
Figura 4.9: Blocos Que Integram o Modelo do Sistema de Gestão para a Gestão de Ativos da AngloGold Ashanti Brasil.	49
Figura 4.10: Estratégia de Comunicação Para Implantação do Sistema de Gestão para a Gestão de Ativos.	52
Figura 4.11: Disponibilidade Física da Frota de Equipamentos de Perfuração Fan Drill, da Mina de Cuiabá no período de 2009 a 2014.	53
Figura 4.12: Tempo Médio Entre Falhas – MTBF das Principais Frotas de HME da Mina de Cuiabá no ano de 2014.	54
Figura 4.13: Mapa Estratégico da AngloGold Ashanti Brasil.	55
Figura 4.14: Seleção da Tática de Manutenção para os equipamentos críticos A, B e C.	56
Figura 4.15: Dados de números de falhas em todas PR's da planta de 2008 a 2013.	60
Figura 4.16: Total de falhas funcionais para PR's com RCM.	61
Figura 4.17: Total de falhas potenciais + funcionais para PR's com RCM.	61
Figura 4.18: Tempo médio para a falha (MTTF) em dias para PR's com RCM.	62
Figura 4.19: Tempo médio para reparo (MTTR) em horas para PR's com RCM.	62

Figura 4.20: Fator de confiabilidade para PR's com RCM.	63
Figura 4.21: Fator médio de confiabilidade para PR's com RCM.	63
Figura 4.22: Fator de confiabilidade para PR's com sistêmicas de manutenção antigas.	64
Figura 4.23: Fator médio de confiabilidade para PR's com sistêmicas de manutenção antigas.	64
Figura 4.24: Total de falhas potenciais + funcionais para PR's com sistêmicas de manutenção antigas.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Variável e Indicadores.	28
Tabela 3.2: Instrumento de coleta de dados para verificação das contribuições da Gestão de Ativos.	28
Tabela 4.1: Metodologia para avaliações dos riscos dos modos de falhas e indisponibilidades dos trechos funcionais.	39
Tabela 4.2: Severidade – consequência da falha do equipamento no trecho funcional	40
Tabela 4.3: Detecção – possibilidade da falha do equipamento ser detectada.	40
Tabela 4.4: Ocorrência – possibilidade de ocorrência da falha do equipamento.	41
Tabela 4.5: Matriz de Risco.....	42
Tabela 4.6: Avaliação dos Trechos Funcionais do Sistema FAK.	66
Tabela 4.7: Avaliações de Desempenho do Trecho KUA-2-T001.....	67
Tabela 4.8: Modos de Falha X Risco.	68
Tabela 4.9: Contribuição da GA nos casos estudados de acordo com seus indicadores.	69

LISTA DE ACRÓNIMOS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
 ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção.
 APL – *Application Part List* (Lista de Peças Aplicáveis).
 BPF – *Business Process Framework* (Estrutura do Processo Empresarial).
 BS – *British Standards* (Normas Britânicas).
 BSI – *British Standards Institution* (Instituto Britânico para a Normalização).
 CBM – *Condition Based Maintenance* (Manutenção Baseada na Condição).
 DF – Disponibilidade Física.
 ERP – *Enterprise Resource Planning* (Planejamento de Recurso Corporativo).
 Et al. – *Et alii* (entre outros).
 FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis* (Análise do Modo e Efeito da Falha).
 GA – Gestão de Ativos.
 GFMAM – *Global Forum on Maintenance and Asset Management* (Fórum Global sobre Manutenção e Gestão de Ativos).
 HME – *Heavy Mobile Equipment* (Equipamento Móvel Pesado).
 IAM – *Institute of Asset Management* (Instituto de Gestão de Ativos).
 INPO – *Institute of Nuclear Power Operations* (Instituto de Operações de Energia Nuclear).
 ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização).
 LCC – *Life-cycle Cost* (Custo do Ciclo de Vida).
 MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio Entre Falhas).
 MTTF – *Mean Time to Failure* (Tempo Médio para Falha).
 MTTR – *Mean time to Repair* (Tempo Médio para Reparo).
 NBR – Normas Brasileiras.
 OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Global do Equipamento).
 PAS – *Publicly Available Specification* (Especificação Disponível ao Público).
 PDCA – *Plan, Do, Check and Action* (Planejar, Executar, Verificar e Agir).
 PWR – Pressurized Water Reactor (Reator à Água Pressurizada).
 RCA – *Root Cause Analysis* (Análise da Causa Raiz).
 MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade.
 SSMA/RS – Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Responsabilidade Social.
 TI – Tecnologia da Informação.
 TPM – *Total Preventive Maintenance* (Manutenção Preventiva Total).
 TQM – *Total Quality Management* (Gestão da Qualidade Total).

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema	1
1.2	Justificativa	3
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	Geral	4
1.3.2	Específicos.....	4
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Gestão de ativos	5
2.1.1	Ativos	5
2.1.1.1	Ciclo de Vida.....	6
2.1.1.2	Custo do ciclo de vida – LCC	7
2.1.2	Sistema de Gestão de Ativos	8
2.1.2.1	Política de gestão de ativos	11
2.1.2.2	Estratégia de gestão de ativos.....	12
2.1.2.3	Objetivos de gestão de ativos	12
2.1.2.4	Plano de gestão de ativos	13
2.2	Conceito de manutenção	15
2.3	Métodos de manutenção	16
2.3.1	Manutenção Corretiva	17
2.3.2	Manutenção Preventiva	17
2.3.3	Manutenção Preditiva	18
2.3.4	Manutenção Proativa	19
2.3.5	Manutenção Detectiva	19
2.4	Ferramentas de Manutenção	20
2.4.1	Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC	20
2.4.2	Análise do Modo e Efeito da Falha – FMEA	22
2.4.3	Método de Melhorias – Ciclo PDCA	24
3	METODOLOGIA.....	26
3.1	Tipo de Pesquisa	26
3.2	Materiais e Métodos.....	27
3.3	Variáveis e Indicadores.....	27
3.4	Instrumento de Coleta de Dados	28

3.5	Tabulação de dados.....	28
3.6	Considerações Finais do Capítulo.....	29
4	RESULTADOS	30
4.1	Apresentação geral dos casos.....	30
4.1.1	Estudo de Caso 1	30
4.1.2	Estudo de Caso 2	32
4.1.3	Estudo de Caso 3	36
4.1.4	Estudo de Caso 4	38
4.2	Resultados dos Casos.....	42
4.2.1	Resultados Caso 1.....	42
4.2.2	Resultados Caso 2.....	55
4.2.3	Resultados Caso 3.....	57
4.2.4	Resultados Caso 4.....	65
4.3	Contribuição da Gestão de Ativos Físicos	68
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	70
5.1	Conclusão.....	70
5.2	Recomendações	70
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

As empresas vêm procurando novos métodos de manutenção mais competitivos devido às exigências de mercado, que também tornam visíveis as necessidades de renovação dos sistemas de gestão, fazendo com que os gestores procurem acompanhar a evolução tecnológica mudando os perfis de gestão.

Segundo Menezes *et al* (2011), a sustentabilidade da empresa depende da total disponibilidade dos equipamentos em linhas de manufatura, a falha de uma instalação pode diminuir a produção além de provocar riscos de segurança às pessoas, como também pode gerar impactos danosos ao meio ambiente diminuindo assim a rentabilidade da empresa, desta forma fica comprovada a necessidade de um sistema de manutenção eficaz.

A manutenção é um importante campo de conhecimento dentro da engenharia, pois visa à prevenção e à correção de falhas com base em alguns métodos aplicados nas máquinas e equipamentos, bem como em cada componente individualmente. Por isso a manutenção exerce um papel fundamental que pode destacar uma empresa da outra.

Para a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), segundo a NBR 5462 (1994), o termo “manutenção” é abordado como todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter um item (qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente) podendo desempenhar uma função requerida.

De acordo com Moubray (2000, p.50), “manutenção é o conjunto de técnicas que assegura que os ativos (itens) físicos (equipamentos, sistemas, instalações) continuem fazendo o que os usuários desejam que eles façam”.

Segundo Fuentes (2006, p.78), “é amplamente reconhecido que a função manutenção adiciona valor à organização produtiva, quando esta é realizada de forma adequada, ou seja, que seus objetivos sejam definidos em concordância com o negócio da organização”.

Em um dado momento, apenas o uso dos conhecimentos obtidos ao longo do tempo não eram suficientes para garantir a sustentabilidade da empresa, assim como produzir o máximo possível sem deixar que a linha de produção parasse por conta de algum problema inesperado e fosse gasto o mínimo possível, não era mais suficiente.

A ABRAMAN, em documento publicado no ano de 2011 cita que os resultados das soluções aplicadas no âmbito da manutenção mostram que a disponibilidade do parque industrial, para a maioria das empresas produtivas, ainda é baixo quando comparado com empresas de países economicamente desenvolvidos.

Além disso, os custos vão crescendo em função do uso de equipamentos com requisitos tecnológicos cada vez mais sofisticados, assim necessitam de colaboradores altamente qualificados e de limitações de capital para novos investimentos. Desta forma, o atual mundo dos negócios tem uma grande desvantagem em relação aos países economicamente desenvolvidos.

Segundo Kardec *et al* (2014), com a necessidade de uma linguagem comum para a Gestão de Ativos e não existindo nenhuma norma formal sobre o assunto, o IAM (*Institute of Asset Management*) produziu a PAS-55:2004 (Especificações para a Gestão Otimizada de Ativos Físicos de Infraestrutura), revisada em 2008, que especifica 28 aspectos de boas práticas relativas à Gestão de Ativos, onde mostra desde a estratégia para o ciclo de vida até a manutenção realizada dia a dia.

Entre os anos de 2009 e 2013 foi definido e desenvolvido o padrão internacional de Gestão de Ativos, tendo o lançamento das normas ISO 55000 e NBR ISO 55000 em 2014. A NBR ISO 55000 (2014) é composta por três normas:

- ABNT NBR ISO 55000 (Gestão de Ativos – Visão Geral, Fundamentos e Terminologia);
- ABNT NBR ISO 55001 (Gestão de Ativos: Sistemas de gestão – Requisitos);
- ABNT NBR ISO 55002 (Gestão de Ativos: Sistemas de gestão – Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 55001);

No contexto apresentado, observa-se que atualmente as indústrias estão em busca de novos métodos para gestão de suas organizações, porém a ideia de Gestão de Ativos ainda é muito nova, no entanto mostra-se uma necessidade futura.

Os estudos de caso analisados foram realizados em três empresas do setor de mineração, AngloGold Ashanti Brasil, Copebrás e Gerdau; e uma empresa do setor de energia nuclear, Usina Angra 2.

Com o intuito de disseminar a ideia de Gestão de Ativos, apresentando seus benefícios e contribuições obtidas nas empresas citadas, tem-se a seguinte problemática:

Como o estudo da Gestão de Ativos Físicos podem contribuir para melhoria das empresas do setor de mineração e energia nuclear?

1.2 Justificativa

As organizações buscam uma forma de ver na prática suas estratégias se tornarem tarefas, decisões, atividades técnicas e financeiras, garantindo que os seus ativos irão cumprir/desempenhar sua função durante seu ciclo de vida.

Para a ABNT, segundo a NBR ISO 55000 (2014), vida de um ativo corresponde ao período compreendido desde sua criação até o fim de sua vida (não necessariamente a vida de um ativo termina quando este é retirado de operação e descartado). Já o ciclo de vida se inicia ao identificar a necessidade de um ativo, seguindo das fases de especificação, desenvolvimento, projeto e fase de concepção até a construção, aquisição e instalação, chegando à fase de operação e manutenção, terminando na fase de desativação e desmontagem do equipamento ou quaisquer responsabilidades posteriores sobre este.

Segundo Nicolay (2015), a gestão de ativos é a atividade que prioriza os investimentos e concentra esforços nos ativos mais críticos, que sustentam os processos da organização para obter máximo valor dos ativos, o que normalmente envolve equilibrar custos, riscos, oportunidades e desempenhos. Os benefícios gerados pela gestão de ativos vão depender de cada empresa, mas alguns deles são:

- Alinhamento da visão da organização;
- Menos barreiras internas;
- Desempenho financeiro melhorado;
- Risco gerenciado;
- Serviços e produtos melhorados;
- Responsabilidade social demonstrada;
- Conformidade demonstrada;
- Melhoria da reputação;
- Melhoria da sustentabilidade organizacional;
- Melhoria da eficiência organizacional.

Dessa forma, as empresas desenvolveram práticas de manutenção, desempenho do sistema de gestão e outras atividades em busca de sua sustentabilidade. Em função dessas

considerações, julgam-se relevantes estudos de casos aplicados em empresas brasileiras, que abordem estratégias e políticas de Gestão de Ativos com a implementação das normas NBR ISO 55000 e/ou PAS 55, analisando e apresentando suas contribuições.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar a aplicação e as contribuições da Gestão de Ativos em três empresas do setor de mineração e uma do setor de energia nuclear.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre Gestão de Ativos Físicos (NBR ISO 55000/1/2 e PAS 55) e Manutenção, utilizando base de dados disponíveis na literatura atual e artigos científicos;
- Elaborar um instrumento de coleta de dados para verificar as contribuições da Gestão de Ativos;
- Fazer uma análise dos estudos de caso selecionados;
- Analisar as contribuições da Gestão de Ativos nas empresas estudadas.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho será dividido em cinco capítulos e apresenta-se conforme a estrutura a seguir:

No primeiro capítulo é apresentada a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos gerais e específicos. Já o segundo capítulo trata da fundamentação teórica sobre gestão de ativos, conceitos de manutenção e algumas de suas ferramentas. Em seguida, o terceiro capítulo aborda o processo metodológico adotado na pesquisa, bem como as ferramentas utilizadas para coleta de dados e verificações necessárias. No quarto capítulo são relatadas as análises e os resultados obtidos a partir dos dados coletados pelos estudos de caso. E o quinto capítulo encerra o trabalho com as conclusões e recomendações a respeito da Gestão de Ativos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gestão de ativos

2.1.1 Ativos

Conforme Kardec et al (2014), ativo se refere a um item, algo ou entidade de uma organização que tenha valor real ou potencial. Este valor varia entre os tipos de organização e seus públicos de interesse, podendo ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro.

Fecha (2012) classifica as cinco categorias de ativos a serem gerenciados para atingir o planejamento estratégico organizacional:

- Ativos físicos: edifícios, equipamentos, máquinas, entre outros;
- Ativos humanos: conhecimento, competências, responsabilidades, experiência;
- Ativos financeiros: lucro, capital financeiro, ações, fundo de maneiio, dívidas;
- Ativos intangíveis: reputação, moral, impacto social, imagem, relações externas;
- Ativos de informação: dados em formato digital, informação empresarial da organização e clientes, informação de desempenho financeiro.

O presente trabalho será focado na gestão de ativos físicos, assim como o escopo da PAS 55, considerando as demais categorias apenas quando estas impactarem na otimização desta gestão de ativos físicos.

Segundo a norma PAS 55, traduzido livremente, um ativo pode ser uma planta, maquinário, propriedade, construções, veículos e qualquer outro item que possui valor distinto para a organização.

De acordo com Souza (2009), o desempenho de um ativo é medido pela confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e capacidade. A NBR 5462 (1994) define estes conceitos como:

- Confiabilidade: capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas, durante certo intervalo de tempo;
- Disponibilidade: capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade,

manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados;

- **Mantenabilidade:** capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar sua função requerida, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos;
- **Capabilidade:** capacidade de um item atender a uma demanda de serviço de determinadas características quantitativas, sob dadas condições internas.

2.1.1.1 Ciclo de Vida

Ouertani *et al* (2008) define o ciclo de vida do ativo como a sucessão de quatro fases:

- **Aquisição** – fase na qual são envolvidas todas as atividades de análise, junto ao plano técnico e financeiro, planejamento e justificativa para aquisição de novos ativos;
- **Implantação** – fase em que são envolvidas todas as atividades de instalação, testes e comissionamento;
- **Operação e Manutenção** – fase em que são envolvidas as atividades de conservação e disponibilidade dos ativos, longevidade e capacidade (qualidade, desempenho e flexibilidade);
- **Abate** – fase relacionada com a alienação dos ativos.

A Figura 2.1 apresenta o ciclo de vida global de um ativo e suas fases, segundo Fecha (2012).

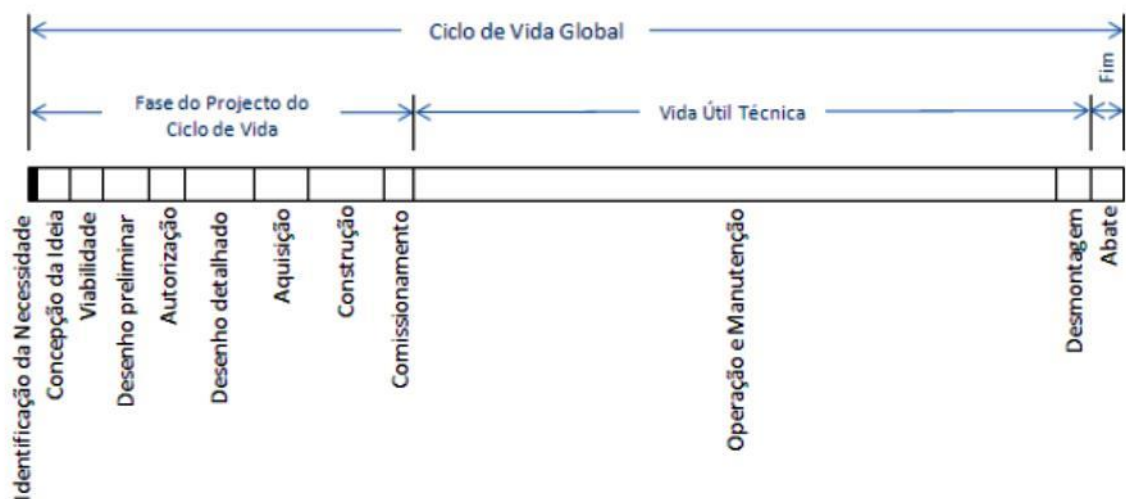


Figura 2.1: Fases do ciclo de vida dos ativos.

Fonte: Fecha (2012)

Observa-se na Figura 2.1 a fase do projeto do ciclo de vida do ativo – CAPEX – e a vida útil técnica do ativo – OPEX – que compõem o ciclo de vida global do ativo.

Segundo Ouertani *et al* (2008), ao fazer referência sobre ciclo de vida de um ativo físico, está implícita a definição de custo do ciclo de vida (do inglês *Life-Cycle Cost – LCC*), onde é imposta uma visão geral da gestão de ativos físicos a partir da fase inicial do projeto até a sua desativação.

Portanto, a gestão de riscos dos ativos físicos deve incluir a possibilidade de riscos em todo o ciclo de vida do ativo. Por exemplo, o processo associado ao projeto deve incluir a identificação e gestão de riscos para toda a vida do ativo, tendo em conta as condições de funcionamento e a criticidade da utilização de ativos (BSI PAS 55-2, 2008).

2.1.1.2 Custo do ciclo de vida – LCC

Segundo Kardec *et al* (2014), os custos do ciclo de vida dos ativos são compostos por custos de capital, conhecidos pela sigla CAPEX – *capital expenditure* ou *capital expense*, e custos operacionais, conhecidos pela sigla OPEX – *operational expenditure* ou *operational expenses*. Observa-se na Figura 2.2 os custos do ciclo de vida pra os autores.



Figura 2.2: CAPEX e OPEX.

Fonte: Kardec *et al* (2014)

Brown *et al* (1985) define o LCC como “um método de calcular o custo total da propriedade durante toda a vida útil de um ativo”, considerando além do custo inicial, todos

os custos significantes esperados posteriormente, como operação e manutenção, assim como o valor residual e/ou quaisquer outros que sejam quantificáveis.

De acordo com a NBR ISO 55000, a análise do LCC tem como objetivo principal garantir que seus ativos sejam capazes de entregar os produtos ou serviços requeridos e alcançar os seus objetivos organizacionais.

Segundo Bescherer (2005), o LCC de um ativo pode ser superior ao investimento inicial, por isso deve ser definido na fase de projeto. No entanto, a maioria das empresas utiliza os custos iniciais como critério principal, ou até como único critério, para seleção da compra. Isso se deve, em sua maioria, ao desconhecimento da técnica do LCC, à ausência de normas ou linhas orientadoras apoiando a implementação da técnica e, sobretudo, à falta de registro de dados dos ativos.

De acordo com Kardec *et al* (2014), verifica-se que geralmente, 80% do LCC são determinados por decisões realizadas nos primeiros 20% da vida do projeto. Assim, os custos de operação e manutenção podem representar 60 a 75% do LCC de um ativo.

2.1.2 Sistema de Gestão de Ativos

A especificação PAS 55 (2008) define o sistema de gestão de ativos como:

Atividades e práticas sistemáticas e coordenadas pelas quais uma organização gerencia de maneira ótima e sustentavelmente seus ativos e/ou sistemas de ativos, seu desempenho associado, riscos e custos durante seus ciclos de vida com a finalidade de alcançar seu planejamento estratégico organizacional.

Kardec *et al* (2014) diz que a Gestão de Ativos representa um novo paradigma do início do século 21, entretanto, para que se torne uma cultura organizacional, as lideranças, em todos os níveis organizacionais, precisam entender os conceitos, princípios e fundamentos desta nova forma de pensar e agir na gestão.

Observa-se na Figura 2.3 o processo dos sistemas de GA, baseado na PAS 55 e seus 28 pontos chaves subdivididos em 7 seções-chaves, que atendem perfeitamente aos preceitos do diagrama de PDCA.

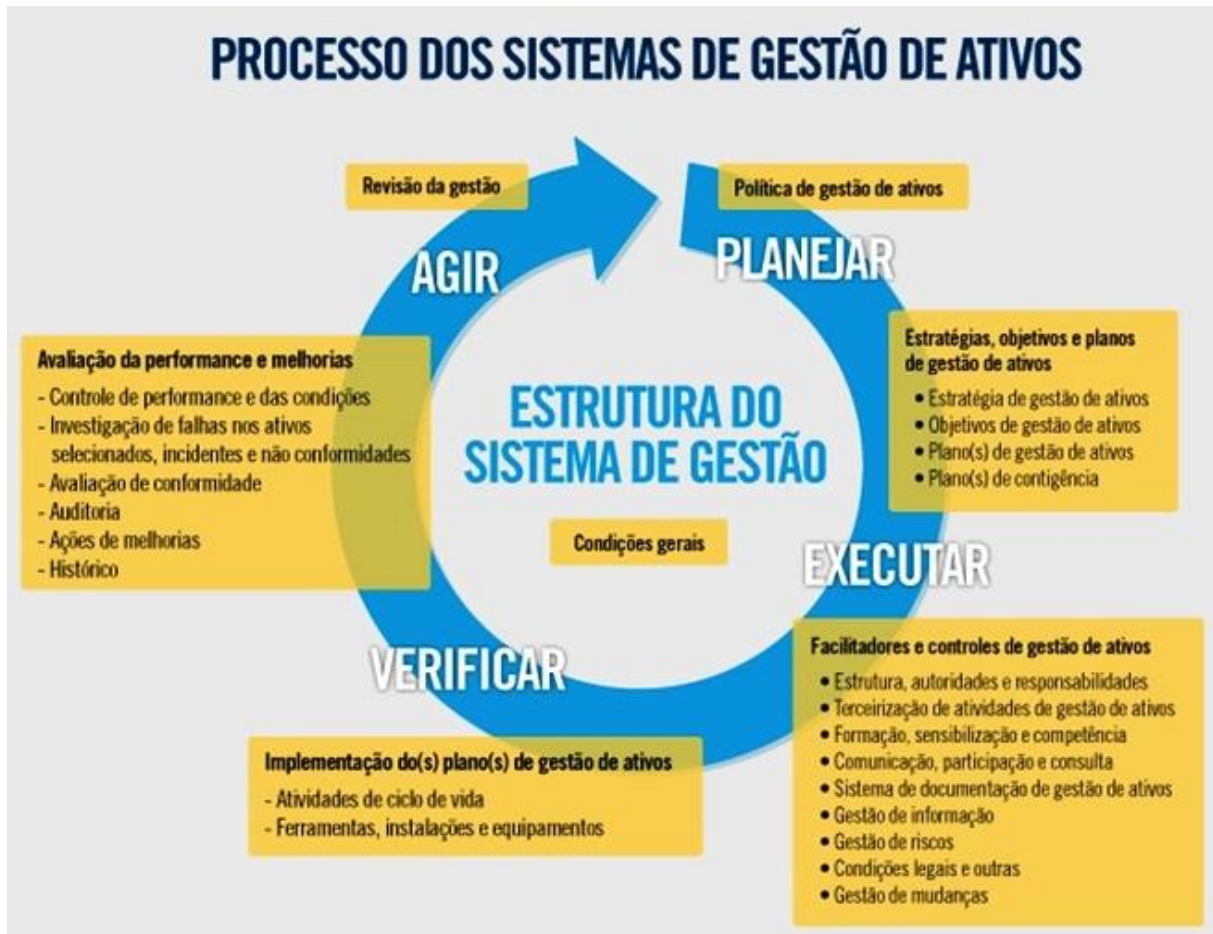


Figura 2.3: Estrutura do Sistema de GA.

Fonte: PAS 55 (2008)

Conforme a BSI PAS 55 (2008) e NBR ISO 55000 (2014), a gestão de ativos se baseia sobre os seguintes fundamentos:

- **Valor:** os ativos existem para gerar valor para a organização assim como para as suas partes interessadas. A gestão de ativos não foca o próprio ativo, mas o valor que o ativo pode gerar para a organização. O valor (que pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro) vai ser determinado pela organização e pelos seus *stakeholders*, e também de acordo com os objetivos da organização;
- **Garantia:** a gestão de ativos dá garantias de que os ativos irão cumprir suas funções requeridas, disponibilizar essa garantia surge da necessidade de gerir uma organização de forma eficaz. A garantia aplica-se aos ativos, gestão de ativos e ao sistema de gestão de ativos realizando:
 - Desenvolvimento e implementação de processos que unam a função e o desempenho necessário dos ativos ao cumprir os objetivos organizacionais;

- Implementação de processos de garantia de capacidade/recursos em todas as fases do ciclo de vida;
- Processos de monitorização e melhoria contínua;
- Fornecer os recursos necessários, e pessoal competente para a demonstração da confiabilidade, mediante a realização de atividades e operações de gestão de ativos.
- Alinhamento: a gestão de ativos permite que a organização converta os objetivos organizacionais em processos técnicos e financeiros, planos e atividades, com a aplicação de um processo sistematizado e sistêmico de tomadas de decisões realizando:
 - A implementação de um programa baseado no risco que é determinado pela informação, atividades e processos planeados baseados na tomada de decisão que transformam os objetivos da organização num plano de gestão de ativos;
 - A integração da gestão de ativos com os processos funcionais de gestão da organização, tais como a área financeira, recursos humanos, sistemas de informação, logística e operações;
 - A especificação, planeamento e implementação de um sistema de gestão de ativos de suporte ou de apoio.
- Liderança: para estabelecer com sucesso, operar e melhorar a gestão de ativos é essencial que haja liderança e comprometimento de todos os níveis gerenciais, assim:
 - A gestão de topo é responsável por:
 - Desenvolver a política e objetivos da GA, alinhando-os com os objetivos organizacionais;
 - Criar e promover ativamente a visão e os valores que orientam a política e a prática da GA dentro e fora da organização;
 - Definir as responsabilidades, objetivos da gestão e estratégias que criem o ambiente para o sistema de gestão de ativos.
 - Os líderes da organização devem:
 - Estar envolvidos no planeamento, implementação e operação do sistema de gestão de ativos;

- Utilizar sua autoridade para apoiar o sistema de gestão de ativos e garantir o seu alinhamento com outros sistemas de gestão dentro das organizações, através de um planejamento adequado;
- Reconhecer e resolver conflitos entre a cultura interna da organização e o desempenho do seu sistema de gestão de ativos.
- A gestão de topo e os líderes, em todos os níveis, são responsáveis por:
 - Garantir que os recursos são adequados, já que estes incluem financiamento apropriado e adequado, recursos humanos competentes e suporte de TI, e estão posicionados corretamente para apoiar o sistema de gestão de ativos;
 - Realizar a comunicação dos objetivos da GA da organização e sua importância para os colaboradores, clientes, fornecedores, prestadores de serviços e *stakeholders*.

2.1.2.1 Política de gestão de ativos

De acordo com a NBR ISO 55000 (2014) e PAS 55 (2008), uma organização deve estabelecer, documentar e divulgar uma política de GA que seja:

- Derivada e coerente com o plano de negócios;
- Apropriada à natureza e escala dos ativos em operações;
- Coerente com outras políticas;
- Consistente com a matriz de riscos;
- Enquadrada na estratégia, nos objetivos e nos planos a serem desenvolvidos e implementados;
- Incluir o compromisso de cumprir a legislação aplicável em vigor, e requisitos regulamentares e outros subscritos pela empresa;
- Incluída no compromisso com a melhoria contínua na gestão de ativos e desempenho de gestão de ativos;
- Documentada, implementada e mantida;
- Comunicada a todas as partes interessadas, incluindo os prestadores de serviços contratados;
- Analisada e aprovada anualmente pela liderança empresarial para garantir que ele permaneça relevante e consistente com o Plano de Negócios.

2.1.2.2 Estratégia de gestão de ativos

Para a NBR ISO 55000 (2014) e PAS 55 (2008), a organização deve estabelecer, documentar, implementar e manter uma estratégia de GA de longo prazo, que será autorizada pela liderança dos negócios e deve ser:

- Coerente e derivada da política de GA e o plano de negócios;
- Coerente com outras políticas e estratégias da organização;
- Capaz de identificar e considerar os requisitos de partes interessadas;
- Coerente com o gerenciamento do ciclo de vida de ativos relevantes;
- Relativizada em função dos riscos patrimoniais, ativos e do sistema de ativos;
- Funcional em relação ao desempenho e condição dos sistemas de ativos existentes e ativos críticos;
- Descritiva para a função desejada, o desempenho e a condição dos sistemas de ativos existentes e novos e ativos críticos, alinhado com o plano de negócios;
- Descritiva para a abordagem e métodos principais pelos quais os ativos e sistema de ativos serão gerenciados (por exemplo, critérios de criticidade e de valor, a abordagem e gestão de risco);
- Suficientemente informativa quanto à direção e orientação para permitir objetivos e planos específicos a serem produzidos;
- Criteriosa em relação à otimização e priorização de objetivos e planos;
- Comunicada a todas as partes interessadas, incluindo os prestadores de serviços contratados;
- Revista periodicamente para garantir que permaneça eficaz e coerente com a política de GA e plano de negócios.

2.1.2.3 Objetivos de gestão de ativos

A PAS 55 destaca que uma organização deve estabelecer e manter objetivos que sejam:

- Mensuráveis (quantificáveis ou susceptíveis de avaliação objetiva);
- Derivados e consistentes com a estratégia de GA;
- Coerentes com o compromisso de melhoria contínua;
- Comunicados a todas as partes interessadas, incluindo os prestadores de serviços contratados;

- Revisados e atualizados periodicamente para garantir que permaneçam relevantes e consistentes com a estratégia de GA;
- Consistentes com requisitos legais, regulatórios e outros da GA;
- Coerentes com as expectativas das partes interessadas relevantes e com os requisitos financeiros, operacionais e de negócio;
- Relacionados aos riscos inerentes;
- Oportunos em relação a melhorias, incluindo novas tecnologias e ferramentas, técnicas e práticas de GA.

2.1.2.4 Plano de gestão de ativos

Segundo a NBR ISO 55000 (2014), o plano de GA estabelece atividades que busquem alcançar a estratégia definida e realizar os objetivos ao longo do ciclo de vida do ativo – aquisição, operação, manutenção e descomissionamento – levando em conta o impacto causado por suas ações em atividades subsequentes. O plano de GA deve:

- Documentar: a) as tarefas e ações necessárias para otimizar os custos, os riscos específicos e o desempenho dos ativos e sistemas de ativos; b) as responsabilidades e autoridades designadas para a execução dessas medidas e realização dos objetivos; c) os meios e o tempo necessários para atingir essas ações;
- Ser comunicado a todas as partes interessadas relevantes para o detalhamento adequado a sua participação ou interesses comerciais na entrega do plano;
- Prever disposições adequadas, políticas funcionais, padrões, processos e procedimentos, facilitadores e recursos disponibilizados à execução eficiente e eficaz em termos de custos do plano;
- Incluir ações de melhorias para o sistema;
- Ser revisado periodicamente para garantir que permaneça eficaz e coerente com a estratégia e objetivos estabelecidos.

Conforme o GFMAM (2014), os seguintes conceitos são considerados como fundamentais na Gestão de Ativos:

- a) Estratégia e Planejamento de Gestão de Ativos:
 - Política de gestão de ativos;
 - Estratégia de gestão de ativos;

- Análise das necessidades e procura;
 - Planeamento estratégico;
 - Planos de gestão de ativos.
- b) Tomada de Decisão na Gestão de Ativos:
- Tomada de decisão em investimentos de capital;
 - Tomada de decisão nas operações e manutenção;
 - Otimização do custo do ciclo de vida e valor;
 - Otimização e estratégia de recursos;
 - Otimização e estratégia de paragens e indisponibilidade;
 - Estratégia de envelhecimento dos ativos.
- c) Atividades de Disponibilização do Ciclo de Vida:
- Legislação e normas técnicas;
 - Criação e aquisição de ativos;
 - Engenharia de sistemas;
 - Fornecimento de manutenção;
 - Análise de causa e efeito e engenharia de fiabilidade;
 - Operações de ativos;
 - Gestão de recursos;
 - Paragens/gestão da indisponibilidade;
 - Resposta a incidentes;
 - Racionalização e eliminação de ativos.
- d) Ativadores do conhecimento sobre ativos:
- Estratégia de informações sobre recursos;
 - Normas de ativos;
 - Sistemas de informação de ativos;
 - Dados e conhecimento de ativos;
 - Ativadores da organização e pessoas;
 - Contrato e gestão de fornecedores;
 - Liderança de gestão de ativos;
 - Estrutura organizacional, cultura, funções e responsabilidades;
 - Competência e comportamento.

e) Risco e Revisão:

- Criticidade, avaliação e gestão de riscos;
- Planos de contingência e análise de resiliência;
- Desenvolvimento sustentável;
- Tempo e mudanças climáticas;
- Sistemas de performance e monitoração dos parâmetros de degradação dos ativos;
- Gestão do sistema de alterações dos ativos;
- Revisão da gestão, auditoria e fiabilidade;
- Práticas contábeis;
- Relacionamento com *stakeholders*.

2.2 Conceito de manutenção

Para a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), segundo a NBR 5462 (1994), o termo “manutenção” é definido como todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter um item (qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente) podendo desempenhar uma função requerida.

De acordo com Moubray (2000, p.50), “manutenção é o conjunto de técnicas que assegura que os ativos (itens) físicos (equipamentos, sistemas, instalações) continuem fazendo o que os usuários desejam que eles façam.” O uso das corretas técnicas de manutenção buscam garantir que suas funções dentro dos parâmetros de disponibilidade, qualidade, prazos, custos, vida útil adequada e de preservação do meio ambiente “para garantir” a segurança humana sejam obtidas.

Com base nas definições apresentadas, pode-se concluir que manutenção é o ato de conservar, cuidar e manter os equipamentos em perfeito estado de funcionamento, eliminando as falhas ocorridas e garantindo a segurança.

Segundo Nascif (2011), a evolução da manutenção pode ser descrita por quatro gerações:

- A primeira geração representa a época na qual os consertos ou reparos após a falha eram simples;

- A segunda geração, dada nos anos de 1970, caracteriza-se pela manutenção preventiva, a qual visa manter uma periodicidade ideal para as intervenções de manutenção;
- A terceira geração, surgida na década de 1980, transformou indústrias em gerenciadoras de seus equipamentos, o que proporcionou diminuição das quebras dos equipamentos, aumentando a produtividade e qualidade dos produtos;
- A quarta geração aparece no séc. XXI, mais preocupada estrategicamente com a gestão de ativos da empresa, tendo uma visão realista de todo processo gerencial e industrial, considerando fatores de vida útil e econômica dos ativos atuando principalmente na geração de valores para as organizações, levando em consideração valores tangíveis e intangíveis.

2.3 Métodos de manutenção

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os tipos de manutenção divididos quanto à organização (que trabalha por áreas ou setores) e quanto à classificação (que possuem diferentes variáveis e cada empresa utiliza uma ou mais formas de manutenção existentes).

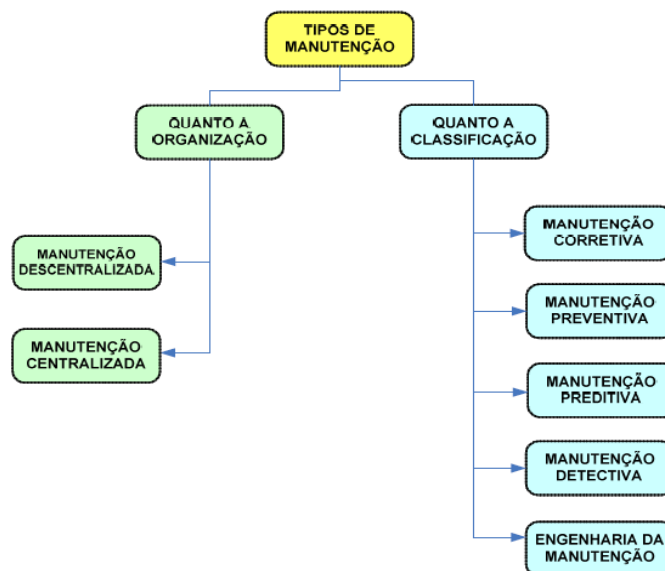


Figura 2.4: Tipos de Manutenção.

Fonte: Adaptado de Kardec (2001)

Observa-se na Figura 2.4 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** que a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações é realizada com base nos tipos de manutenção, que se dividem quanto à organização e quanto à classificação. (KARDEC, 2001)

Quanto à organização:

- **Manutenção Descentralizada:** a fábrica se divide em áreas ou setores, onde cada um fica a cargo de um grupo de manutenção.
- **Manutenção Centralizada:** todas as operações são planejadas por um único departamento, onde as equipes de manutenção e oficinas de serviço de manutenção atendem a todos os setores da fábrica.

Quanto à classificação:

- **Manutenção Corretiva;**
- **Manutenção Preventiva;**
- **Manutenção Preditiva;**
- **Manutenção Detectiva;**
- **Engenharia de Manutenção.**

2.3.1 Manutenção Corretiva

Conforme Kardec e Nascif (2001), a manutenção corretiva é oriunda da palavra “corrigir” e atua corrigindo uma falha ou quando se tem desempenho menor que o esperado em um equipamento. Ainda para os mesmos autores, a manutenção corretiva pode ser dividida em duas fases:

- **Manutenção Corretiva Não Planejada:** é realizada a correção da falha ou desempenho menor que o esperado após o fato ocorrer. Esse tipo de manutenção gera altos custos, pois, os danos aos equipamentos são maiores e causa e gera perda de produção;
- **Manutenção Corretiva Planejada:** é realizada a correção em função de um acompanhamento preditivo, detectivo ou até pela decisão gerencial de se operar até a ocorrência de falha. Todo processo é planejado, assim a manutenção fica mais barata, mais segura e mais rápida.

2.3.2 Manutenção Preventiva

Segundo NBR 5462 (1994), manutenção preventiva é definida como a operação efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, por meio de controles específicos e estruturados, predizendo o intervalo em que uma falha potencial se

transformará em falha funcional, destinando-se à redução das falhas ou à degradação de um item. Xavier (2003) complementa que uma boa preventiva é determinada por seus intervalos de tempo.

De acordo com Nunes e Souza (2001), o objetivo da preventiva é reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas e é realizada quando não se caracteriza este estado. Sua intervenção é prevista, preparada ou programada antes da ocorrência da falha. As vantagens obtidas com a manutenção preventiva são:

- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Redução de custos, mesmo em curto prazo;
- Redução das interrupções do fluxo produtivo;
- Cria-se uma mentalidade preventiva na empresa;
- Programada em horários mais convenientes;
- Melhor qualidade dos produtos, por manter condições operacionais dos equipamentos.

2.3.3 Manutenção Preditiva

Segundo Kardec e Nascif (2001), a manutenção preditiva obedece a um conjunto de atividades de acompanhamento sistemático das variáveis ou parâmetros que revelam o desempenho dos equipamentos, e assim se define a necessidade ou não de intervenção.

Para Xavier (2003), a intervenção realizada, após o acompanhamento preditivo, trata-se de uma manutenção corretiva planejada. Esse tipo de manutenção é conhecido como Manutenção Baseada na Condição do inglês *Condition Based Maintenance* (CBM), ele permite mais tempo de operação dos equipamentos e a intervenção, nos mesmos, ocorre com base em dados, não em suposições.

Xenos (2004) diz que a manutenção preditiva aperfeiçoa a troca das peças ou reforma de componentes e estende o intervalo entre manutenções, pois prevê quando a peça ou componente(s) estarão próximos de seu ciclo de vida.

Para Almeida (2008), a manutenção preditiva permite a prevenção de falhas, através do monitoramento sistemático das condições de operações, que consegue detectar o mau funcionamento de algum equipamento e assim planeja intervenções necessárias, possibilitando a operação do equipamento pelo maior tempo possível.

Segundo Kardec e Nascif (2001), a manutenção preditiva requer as seguintes condições básicas:

- O equipamento, sistema ou instalação deve merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos e sua influência no faturamento da empresa;
- O equipamento, sistema ou instalação deve permitir algum tipo de monitoramento/medição;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e sistemática.

2.3.4 Manutenção Proativa

Segundo Ferreira (2009), a manutenção proativa vem recebendo atenção mundial como o mais importante meio de se alcançar excelência na manutenção, substituindo o modo de trabalho reativo pelo proativo evitando condições ocultas que geram falhas e degradação do equipamento. Oposta a manutenção preventiva e preditiva, a manutenção proativa cria ações ligadas objetivando a causa raiz da falha e não apenas sintomas, buscando aumentar o ciclo de vida do equipamento mecânico ao invés de fazer reparos, quando na maioria das vezes nada está quebrado, aceitando a falha como rotina e algo normal substituindo a manutenção corretiva pela programada.

Ainda para Ferreira (2009), geralmente os sintomas da falha mascaram a causa raiz ou são considerados como a causa. Como a maioria dos sistemas dependem de fluidos – tais como lubrificantes, fluidos hidráulicos, líquidos refrigerantes, combustíveis e ar – eles carregam e transportam os contaminantes dentro do sistema. A presença anormal de contaminantes num sistema pode descrever a etapa inicial da falha, embora a máquina ainda não apresente perda de desempenho ou degradação de algum componente no momento, as condições que levam à falha e redução do ciclo de vida estão presentes e sem defesa.

2.3.5 Manutenção Detectiva

Conforme Xavier (2003), manutenção detectiva é efetuada em sistemas de proteção, onde busca detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal da operação e manutenção. A identificação desse tipo de falhas é essencial para garantir a confiabilidade do sistema, e suas ações devem ser realizadas por pessoas da manutenção, com treinamento e habilitação

necessária, assessorando as de operação. Com o aumento de sistemas automatizados nas operações, este tipo de manutenção vem sendo mais importante e utilizado para garantir a confiabilidade dos sistemas.

De acordo com Niquele (2012), um exemplo seria o circuito que aciona o gerador em um hospital. Se faltar energia e este circuito tiver uma falha o gerador não funcionará, porém apenas um técnico em eletrotécnica será capaz de verificar e identificar a ausência de tensão no circuito. Contudo, se a instalação possuir um sistema com alarme sonoro e visual, o próprio operador poderia identificar o defeito sem a necessidade do conhecimento técnico necessário.

Observa-se na Figura 2.5, segundo Nascif (2012), a interação da manutenção preditiva e da manutenção detectiva.

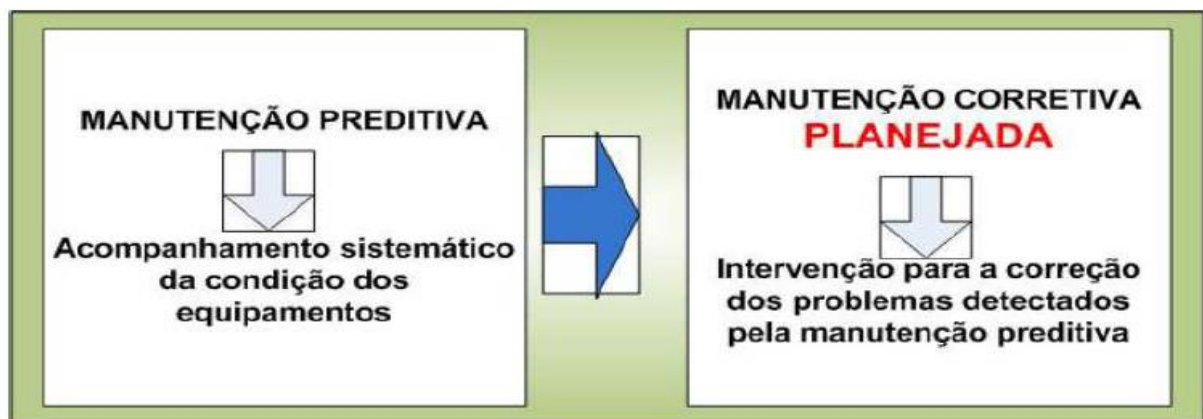


Figura 2.5: Manutenção Preditiva e Detectiva.

Fonte: Nascif (2012)

2.4 Ferramentas de Manutenção

2.4.1 Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC

Segundo Moubray (2000), a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) do inglês *Reliability Centered Maintenance* (RCM), foi criada no final da década de 60, inicialmente orientada para a indústria aeronáutica, que demonstrou não existir uma correlação entre idade e taxa de falhas, além de provar ser falsa a premissa básica de manutenção baseada em tempo para a maioria dos equipamentos com o objetivo de direcionar os esforços da manutenção para sistemas e componentes onde a confiabilidade é fundamental, garantindo o desempenho, a segurança e a preservação do ambiente com um melhor custo-benefício.

Para Lafraia (2001), confiabilidade pode ser definida como o nível de confiança, de um determinado sistema ou equipamento, ao desempenhar a função básica para a qual foi projetado, durante um período de tempo pré-estabelecido e sob condições de operação padronizadas. Dessa forma, a confiabilidade de um ativo depende quase que exclusivamente da qualidade do programa de manutenção, pois esta só pode ser aumentada através de medidas tomadas pela gestão de manutenção.

A norma SAE JA 1011:2009 foi o primeiro documento a integrar os procedimentos e considerações da metodologia MCC aplicada em quaisquer ativos físicos, industriais ou não, almejando um gerenciamento responsável e confiável. A norma descreve os procedimentos para identificar as melhores políticas de manutenção a serem implementadas nestes ativos, tendo controle dos modos de falhas e suas respectivas consequências, de maneira a evitar a popularização de pseudo práticas, onde estas são práticas não reconhecidas, aplicáveis e/ou efetivas no incremento de confiabilidade dos processos. O programa de MCC é uma metodologia que busca obter resultados através de sua prática sistêmica integrada às práticas empíricas atuais.

Segundo Moraes (2004), para se atingir esse objetivo, a política da MCC considera necessário que as equipes ligadas à operação e manutenção dos equipamentos respondam claramente as seguintes questões:

- Quais são as funções e níveis de desempenho previstos no projeto do equipamento e de seus subsistemas?
- Por que e como podem ocorrer falhas nessas funções?
- Quais as consequências da falha?
- É possível prever ou prevenir a falha? Caso não, que outra política de manutenção pode ser utilizada para impedir a ocorrência da falha?

A SAE JA 1011 ainda enumera as características mínimas que um programa de manutenção preventiva de um dado sistema funcional ou instalação devem ter, de modo a serem considerados como integrantes da metodologia MCC, conforme os preceitos clássicos determinados por obras precedentes. O arcabouço básico para que um programa seja considerado pertinente como MCC deve abranger as seguintes considerações abaixo:

- Funções – Discussão de quais são as funções estabelecidas pelo sistema funcional, de seus padrões de performance dentro do contexto operacional;

- Falhas – Estabelecimento de critérios que identifiquem em quais circunstâncias um sistema funcional não é capaz de prover suas funções adequadamente;
- Modos de Falhas – Determinação das causas de todas as falhas funcionais do ativo;
- Efeitos das Falhas – Inferência de o que irá acontecer, caso haja a ocorrência da falha funcional dentro de um determinado contexto operacional já estabelecido;
- Consequências das Falhas – Exposição de qual seria o grau de importância para os clientes da equipe de manutenção, em relação à evidência no processo de cada falha funcional;
- Técnicas preventivas e periodicidades – Definição do que deve ser feito para prever ou prevenir a degradação do sistema funcional, de modo a mitigar e/ou eliminar a ocorrência de uma falha funcional;
- Ações Default – Se não houve e/ou for aplicável, efetivo ou exequível, a aplicação de alguma técnica de manutenção preventiva, quais deverão ser as ações a serem tomadas de modo a controlar/gerenciar os modos de falha que porventura poderão surgir no ativo.

Para Seixas (2008), as estratégias de manutenção são integradas de modo a tirar vantagens de seus pontos fortes, otimizando a operacionalidade e eficiência da instalação e dos equipamentos, enquanto minimiza o custo do ciclo de vida. Observa-se na Figura 2.6 qual tipo de manutenção é realizada para cada caso em um programa de MCC.

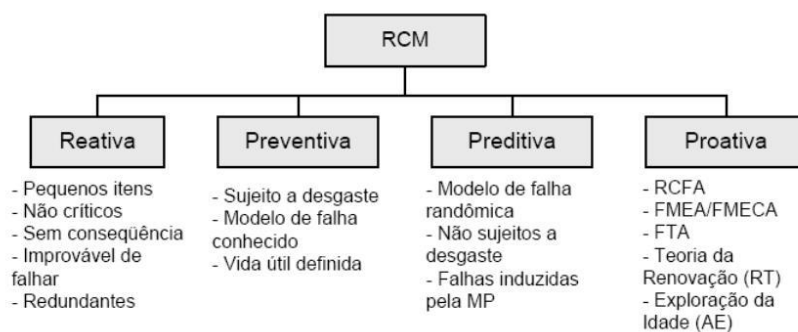


Figura 2.6: Componentes de um programa de MCC.

Fonte: Seixas (2008).

2.4.2 Análise do Modo e Efeito da Falha – FMEA

Segundo Pinto e Xavier (2007), a FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*) é uma ferramenta que busca evitar a ocorrência de falhas tanto no projeto do produto como no

seu processo, através da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria. Seu objetivo básico é detectar as falhas e suas causas raízes, intervindo antecipadamente no processo ou no equipamento. Com sua utilização as chances do produto ou processo falharem diminuí, aumentando assim sua confiabilidade, produtividade e disponibilidade.

Para Ogata *et al* (2003), as FMEA's são classificadas em dois tipos principais:

- FMEA de Projeto ou Produto: identifica, após concepção do projeto, os possíveis modos de falha de cada componente do sistema, assim como seus efeitos no mesmo e no produto;
- FMEA de Processo: identifica os modos de falhas do processo e seus efeitos sobre o produto, através da análise dos sistemas que possam inferir na qualidade e confiabilidade do produto.

Conforme Leopoldino (2007), existem três situações, cada uma com seu próprio escopo e foco, que justificam a geração de uma FMEA que são:

- Novos projetos, nova tecnologia ou novo processo. O escopo da FMEA é o projeto, tecnologia ou processos por completos;
- Modificações em projeto ou processo existente (quando existe uma FMEA para o projeto ou processo existentes). O escopo da FMEA deveria focar na modificação do projeto ou processo, possíveis interações devido à modificação e histórico de campo;
- Uso de um projeto ou processo existentes em um novo ambiente, localização ou aplicação (quando existe uma FMEA para o projeto ou processo existentes). O escopo da FMEA é o impacto do novo ambiente ou localização no projeto ou processo existente.

Leopoldino (2007) ainda destaca que geralmente a preparação da FMEA é responsabilidade de apenas uma pessoa, o engenheiro, porém este deveria ser um trabalho de equipe realizado com todos os envolvidos no processo ou projeto.

Segundo Chrysler, Ford e GM (2008), os principais dados que compõem uma FMEA são:

- Função;
- Modos de Falha;
- Causa;

- Consequência;
- Progressão da falha;
- Severidade;
- Detecção;
- Ocorrência;
- Risco;
- Ações Recomendadas.

2.4.3 Método de Melhorias – Ciclo PDCA

Campos (2004) define o método de melhorias – ou Ciclo PDCA como um método de gerenciamento de processos ou de sistemas, sendo o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas empresariais.

Segundo Agostinetti (2006), o ciclo PDCA visa controlar e conseguir resultados eficazes e confiáveis nas atividades de uma organização, sendo eficiente ao apresentar uma melhoria no processo. O método padroniza as informações do controle da qualidade, evita erros lógicos nas análises, e torna o entendimento das informações mais fáceis.

Para Andrade e Malhado (2003), o ciclo PDCA é composto por quatro módulos que produzem os resultados esperados de um processo e são descritos da seguinte maneira:

- **PLAN (Planejamento):** consiste em estabelecer a meta ou objetivo a ser alcançado, e o método (plano) para atingir as metas pré-estabelecidas;
- **DO (Execução):** o plano traçado é executado exatamente como previsto na etapa de planejamento, para isso todos os envolvidos são educados e treinados antes do início da execução. Ocorre também a coleta de dados para verificação na próxima etapa;
- **CHECK (Verificação):** é verificada a eficácia das ações executadas na etapa anterior comparando os dados coletados com a meta planejada;
- **ACTION (Ação):** a partir das análises realizadas na etapa anterior, adota-se o plano proposto caso as metas tenham sido alcançadas ou atua-se corretivamente sobre as causas que impediram a meta de ser atingida.

Segundo Campos (2004), o controle de processos deve ser executado de acordo com o método PDCA para atingir as metas necessárias à sobrevivência da empresa.

Observa-se na Figura 2.7 o ciclo PDCA apresentado por Deming (1990).

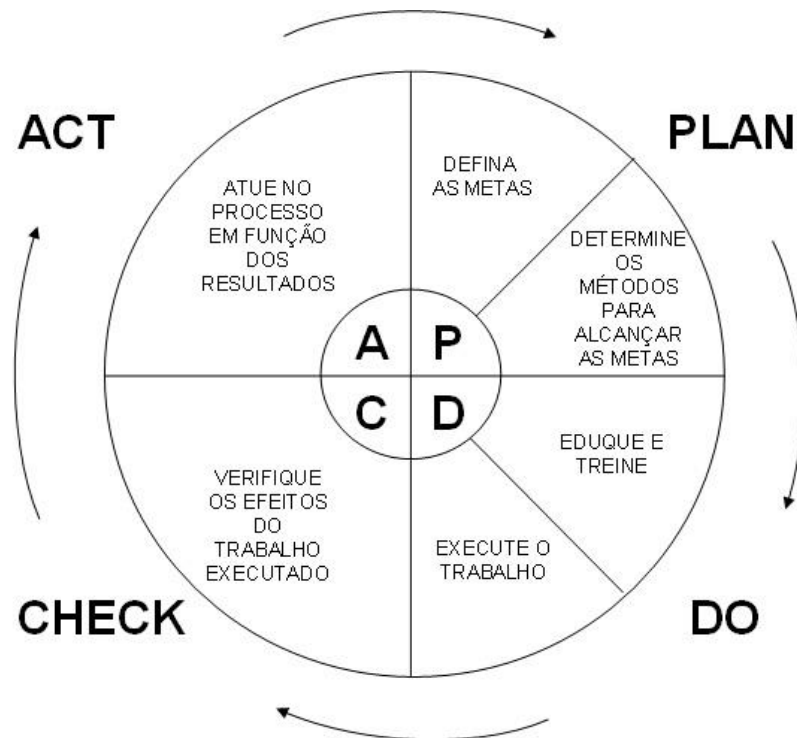


Figura 2.7: Ciclo PDCA.

Fonte: Deming (1990)

Conforme a ISO 9001: 2015, após todas as etapas completas, o ciclo deve ser girado sistematicamente, de forma que, a cada volta, haja correções das falhas. Girando continuamente, há constantes melhoras no processo.

Para Falconi (2009), o ciclo PDCA é utilizado para controle/melhoria de processos, sendo útil na solução de problemas. O método transforma a empresa numa escola, onde a busca por resultados é paralela à busca do conhecimento. Embora seja um método simples, quem o utiliza percebe que, quanto mais aprofundado o seu uso na empresa, maior é sua complexidade, portanto é uma busca constante de informações e conhecimento.

Assim, pelo estudo desta revisão bibliográfica, é possível analisar conceitos, modelos e técnicas aplicadas nas empresas estudadas, possibilitando um maior entendimento do presente estudo.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por objetivo apresentar os procedimentos utilizados para a pesquisa, mostrar os materiais e metodologias adotados para tabulação e coleta dos dados, além das considerações finais necessárias.

3.1 Tipo de Pesquisa

Conforme Gil (2002), pesquisa é o procedimento racional e sistemático que busca proporcionar respostas aos problemas propostos. É necessária quando não há informação suficiente ou quando as informações disponíveis estão desordenadas e não podem ser relacionadas ao problema adequadamente. A pesquisa desenvolve-se por um processo com inúmeras fases, iniciada pela formulação do problema até uma satisfatória apresentação dos resultados.

No presente trabalho adota-se uma abordagem qualitativa, que segundo Gressler (2004), é utilizada para descrever problemas complexos sem a manipulação de variáveis e/ou estudos experimentais (que contrapõem a abordagem quantitativa). Ela depende de fatores como a natureza dos dados coletados, a extensão da amostra, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos que nortearam a investigação. Usa uma visão holística, levando todos componentes de uma situação, suas interações e influências recíprocas em consideração. Esse processo consiste numa sequência de atividades, que envolvem a redução dos dados, a categorização desses dados, sua interpretação e a redação do relatório.

Em relação ao objetivo geral, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois será realizada uma revisão na literatura dos preceitos necessários para melhor entendimento da pesquisa. Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória busca proporcionar maior familiaridade com o problema, aprimorar ideias e descobrir intuições, visando torná-lo mais explícito e a construir hipóteses. Possui um planejamento bastante flexível, possibilitando considerar variados aspectos relativos ao fato estudado.

A tipologia de pesquisa, quanto ao procedimento utilizado, será a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. Segundo Fonseca (2002), a pesquisa bibliográfica é fundamental a todo trabalho científico, pois fornecerá conhecimentos teórico-empíricos essenciais ao trabalho. Ela é desenvolvida com base em material publicado (livros, artigos, teses e dissertações), permitindo ao pesquisador recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o assunto em questão. Já o estudo de caso para Gil (2002), caracteriza-se pelo

estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, permitindo um conhecimento amplo e detalhado de um fenômeno.

De acordo com o exposto, o objetivo do presente trabalho é, ao termino do estudo, ser capaz de identificar as contribuições fornecidas às empresas com a implementação de um sistema de Gestão de Ativos.

3.2 Materiais e Métodos

A Figura 3.1 apresenta os materiais e métodos utilizados na pesquisa.

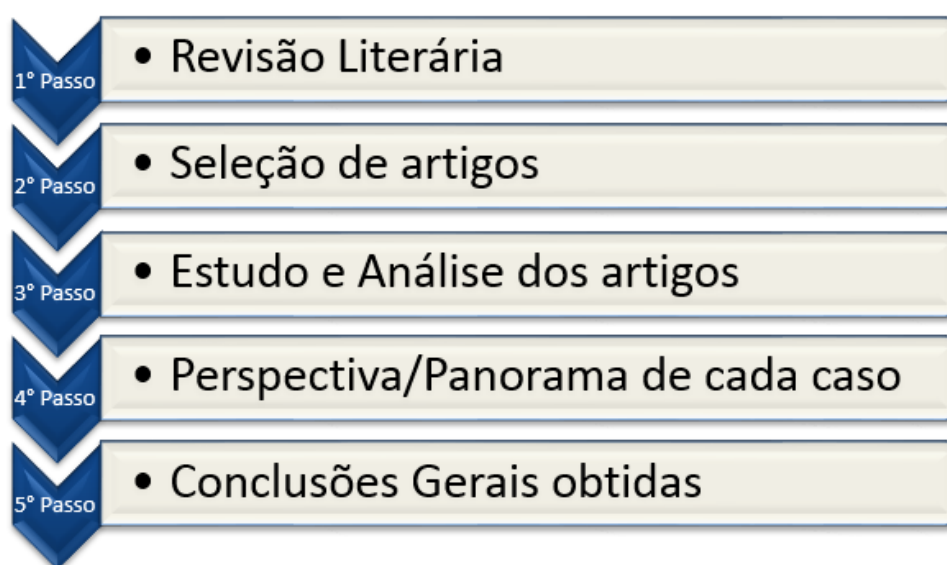


Figura 3.1: Materiais e Métodos.

Fonte: Pesquisa direta (2017)

Observa-se na Figura 3.1, que inicialmente foi realizada uma revisão literária sobre os assuntos que seriam abordados no trabalho e essenciais ao entendimento dele. Em seguida, foram selecionados quatro artigos com casos práticos da implantação e uso da GA. Os artigos foram então estudados e analisados para que fossem apresentadas as contribuições de cada caso. Encerrando com a análise e discussão dos resultados encontrados em cada caso selecionado, bem como as melhorias obtidas com a GA, apresentando, assim, a conclusão.

3.3 Variáveis e Indicadores

A Tabela 3.1 apresenta a variável pertinente à pesquisa, bem como seus indicadores.

Tabela 3.1: Variável e Indicadores.

Variável	Indicadores
Gestão de ativos	Disponibilidade Física; Confiabilidade; OEE/Desempenho; Nº de Falhas; MTTF ¹ ; MTTR ² ; Custos Operacionais; Riscos Operacionais.

¹ Tempo Médio para a Falha.

² Tempo Médio para o Reparo.

Fonte: Pesquisa Direta (2017)

Observam-se na Tabela 3.1 os principais indicadores para a GA, com isso obtém-se maior entendimento da importância destes no estudo.

3.4 Instrumento de Coleta de Dados

A coleta de dados para realização deste trabalho partiu da elaboração de um roteiro de pesquisa com os passos necessários para sua conclusão, seguido do estudo bibliográfico e da análise de artigos com implantação da Gestão de Ativos. Observa-se na Tabela 3.2 como os dados obtidos serão tabulados.

Tabela 3.2: Instrumento de coleta de dados para verificação das contribuições da Gestão de Ativos.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
Disponibilidade Física				
Confiabilidade				
OEE Desempenho				
MTTF ¹				
Nº de Falhas				
MTTR ²				
Custos Operacionais				
Riscos Operacionais				

¹ Tempo Médio para a Falha.

² Tempo Médio para o Reparo.

Fonte: Pesquisa Direta (2017)

3.5 Tabulação de dados

Os dados obtidos e documentados na pesquisa serão registrados no *software Microsoft Word*, e tabulados pelo *software Microsoft Excel* para uma melhor visualização das informações relevantes ao trabalho.

3.6 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo são apresentadas a metodologia e as ferramentas necessárias para a realização deste trabalho, assim como a variável e os indicadores relevantes no desenvolvimento desta pesquisa e a forma de tabulação dos dados adquiridos.

No capítulo seguinte serão apresentados os artigos selecionados, seus resultados e uma tabela com as contribuições da GA em cada caso.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados quatro casos que expõem o assunto abordado neste trabalho, obtendo-se assim a ideia de como é realizada a implantação da GA no Brasil e os possíveis resultados que podem ser obtidos com um sistema de gestão bem elaborado.

4.1 Apresentação geral dos casos

4.1.1 Estudo de Caso 1

O trabalho “Desenvolvimento e Implantação do Sistema de Gestão de Ativos case AngloGold Ashanti” realizado por Souza *et al* (2015), expõe a reestruturação realizada na gerencia de manutenção de “Heavy Mobile Equipment – HME”, na mina de Cuiabá na cidade de Sabará, Minas Gerais, da empresa AngloGold Ashanti Brasil no início de 2011, necessária devido à instabilidade da DF e da confiabilidade dos seus ativos. Além disso, os trabalhos de gestão passaram a ser orientados pelos fundamentos e conceitos de GA, onde posteriormente foi iniciada à implantação de um sistema de gestão para a GA.

A AngloGold Ashanti é a terceira maior empresa produtora de ouro do mundo, com sua matriz em Johannesburgo, na África do Sul, além de outras 20 operações em 10 países, divididos em quatro continentes.

Observam-se na Figura 4.1 todas as operações da AngloGold Ashanti.

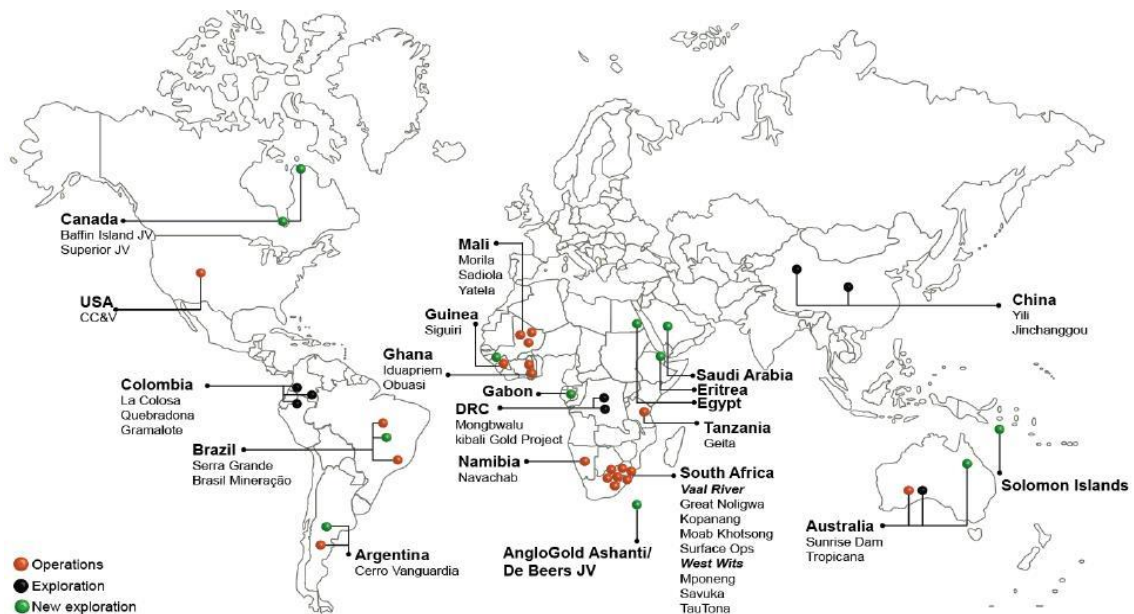


Figura 4.1: Operações da AngloGold Ashanti no Mundo.

Fonte: Souza *et al* (2015)

No Brasil, há três unidades: Córrego do Sítio (em Santa Bárbara, Minas Gerais); Cuiabá-Lamego (em Sabará, Minas Gerais); e Serra Grande (em Crixás, Goiás); além de contar com instalações administrativas na cidade de Nova Lima, Minas Gerais. Realiza processos de extração e beneficiamento de ouro, produção de ácido sulfúrico, geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, e negócios imobiliários. Contando com mais de 4.200 empregados diretos e 1.420 indiretos, tendo a garantia da saúde e da segurança dos trabalhadores como o primeiro valor da empresa.

Segundo Souza *et al* (2015), a empresa iniciou a operação de implantação do sistema de gestão para a GA na mina de Cuiabá no ano de 2013, devido possuir uma gerência de manutenção de HME, que não apresentava a performance necessária, além desta ser uma operação de extrema importância estratégica para a AngloGold Ashanti Brasil.

Essa gerência, no período de 2007 a 2010, entregou uma disponibilidade física da frota insuficiente para as necessidades de produção, baixa confiabilidade dos ativos, custo elevado de manutenção dos equipamentos e baixa moral da equipe. No final de 2010 foi realizada uma reestruturação gerencial no complexo de Cuiabá, sendo substituídos o Gerente Geral, Gerente de Operação da Mina e o Gerente de Manutenção de HME. Inicialmente esta nova equipe de gestores da área realizou um diagnóstico no qual identificou o seguinte cenário:

- Sistema de gestão de saúde, segurança e meio ambiente, frágil, com a ocorrência de incidentes pessoais constantemente;
- Processos básicos de gestão não difundidos e utilizados de maneira plena, sendo as rotinas de gestão pouco eficazes;
- Equipamentos degradados, com baixa confiabilidade ou em final de vida útil;
- Custos elevados com serviços terceirizados sem agregar o valor necessário;
- Gestão de peças e sobressalentes insuficiente para atender as necessidades da manutenção;
- Grande diversidade de equipamentos na frota, demandando grande volume de peças e componentes diferentes para manutenção;
- Baixo conhecimento técnico por parte dos profissionais de manutenção;
- Grande fragilidade na interação entre equipes de manutenção, operação e suprimentos;
- Custo elevado com peças, materiais e componentes adquiridos e não aplicados nos equipamentos, gerando condição de vulnerabilidade e degradação dos mesmos;

- Vulnerabilidade no *compliance*, constatada em sucessivas auditorias no período de 2008 a 2010.

Diante deste contexto e da necessidade de melhoria e apresentação de resultados crescentes e consistentes, a nova equipe de gestores elaborou um plano de gestão e trabalho estruturado com base nos fundamentos e nos conceitos de GA.

No Capítulo 4.2.1 serão apresentados os resultados obtidos na reestruturação da gerência de manutenção de HME.

4.1.2 Estudo de Caso 2

O trabalho “Desafios na implementação de gestão de ativos em uma indústria de mineração” realizado por Yamaki *et al* (2015), apresenta a implementação de GA na empresa Copebrás, pertencente à Anglo American, uma das maiores produtoras de fertilizantes do Brasil. Fundada em 1955, possui mina e planta de beneficiamento em Ouvidor-GO, uma planta industrial em Catalão-GO e uma unidade de produção em Cubatão-SP; fornecendo fertilizantes fosfatados e insumos para alimentação animal de alta qualidade em todo o país, além de fabricar produtos para fins industriais, como ácido fosfórico, sulfúrico e fluossilícico.

A Anglo American plc. é uma das maiores companhias de mineração do mundo, com negócios que abrangem commodities de alto volume, carvão metalúrgico e mineral, metais básicos e metais e minerais preciosos – nos quais é líder mundial em platina e diamantes. Em todos seus negócios adota os mais altos padrões de segurança e responsabilidade social, além de promover desenvolvimento sustentável nas comunidades próximas de suas regiões de atuação.

Esta GA tem por objetivo a cadeia de valor da produção, com foco na gestão de ativos físicos (equipamentos e plantas) durante seu ciclo de vida completo, para aperfeiçoar de forma sustentável as atividades relacionadas à produção e manutenção, melhorar o desempenho, aumentar a confiabilidade e disponibilidade das unidades produtivas. Ela fornece diretrizes para agregar valor através da redução de perdas, custos, tempo e melhoria da eficiência operacional, sendo monitoradas pela medição de desempenho dos ativos e dos processos chaves.

Além disso, a Anglo American conta com padrões técnicos para GA denominado GTS 20, baseados na norma PAS 55: 2008, implementada através de seis etapas compostas por 21

requisitos, focados na elaboração de uma política e estratégia de Gestão de Ativos, definição das táticas de manutenção, elaboração e revisão de FMEA, revisão dos planos de manutenção, monitoramento de condições, análise de falhas e implementação de melhorias. Os 21 requisitos de práticas recomendadas pelo grupo técnico são:

- Gestão de Ativos;
- Gestão de Ativos Financeiros;
- Gestão da Cadeia de Suprimentos de Ativos;
- Liderança, Pessoas e Organização;
- Gestão da Informação de Ativos;
- Gestão de Ativos de Segurança e Desenvolvimento Sustentável;
- Gestão de Ativos de Mineração;
- Gestão de Ativos nas Áreas Produtivas;
- Gestão de Ativos de Manutenção;
- Táticas de Manutenção;
 - Monitoramento de Condições;
 - Planejamento do Trabalho;
 - Instalações, Ferramentas e Oficinas;
 - Paradas de Manutenção;
 - Gestão de Contratos;
 - Gestão do Ciclo de Vida do Ativo;
 - Utilização do ERP.
- Gestão de Projetos de Ativos;
- Métricas de Desempenho de Ativos;
- Eliminação de Defeitos de Ativos;
- Otimização de Ativos.

Através desses requisitos do GTS 20, foram definidas as seguintes etapas para implementação da GA da manutenção:

- Constituição de uma equipe de trabalho;
- Elaboração da política de Gestão de Ativos;
- Elaboração da estratégia de Gestão de Ativos;
- Revisão da estratégia de Manutenção;

- Revisão das táticas de manutenção;
- Definição dos indicadores chaves de Manutenção;
- Definição de um quadro a vista padrão de Gestão de Ativos da Manutenção para cada planta;
- Autoavaliação dos requisitos do GTS 20;
- Definição das unidades produtivas críticas A de cada planta;
- Revisão da análise de criticidade de equipamentos;
- Elaboração e revisão de FMEA's;
- Revisão das táticas de manutenção no sistema ERP;
- Revisão de APLs (Application Part List) de componentes no sistema ERP;
- Identificação e implementação de melhorias;
- Resultados da implementação da Gestão de Ativos.

A política da Anglo American fosfatos assegura eficácia em seus produtos, operação segura e ambientalmente correta, atendendo as expectativas de seus clientes, fornecedores, acionistas, colaboradores e da sociedade em geral. Para isso, a GA deve garantir em seus processos o cumprimento dos padrões técnicos e gerenciais GTS 20 durante todas as fases do ciclo de vida do ativo - projeto, construção, operação, manutenção e desativação, fazendo com que a excelência do desempenho de seus ativos e a busca da melhoria contínua do seu sistema de gestão contribua decisivamente para a continuidade e expansão de seus negócios.

Uma estratégia de GA planejada para 3 anos foi elaborada com os seguintes tópicos:

- Implementação da política e estratégia de gestão de ativos;
- Implementação de uma estratégia de manutenção;
- Análise de criticidade de equipamentos;
- Definição da estratégia de monitoramento de condições;
- Indicadores chaves de desempenho dos ativos;
- Índice de rendimento global (OEE) das unidades produtivas a um nível estabelecido, eliminando perdas de produção;
- Processo de análise de falhas com plano de ação focado para bloqueio das falhas;
- Implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade;
- Revisão do plano de manutenção das plantas;
- Otimização dos ativos;

- Gestão eficaz de paradas de manutenção das unidades produtivas.;
- Gestão de equipamentos reserva e peças de reposição;
- Análise de custo do ciclo de vida do ativo;
- Utilização do sistema ERP para gestão dos ativos;
- Padronização de documentos;
- Treinamento, capacitação e acompanhamento de produtividade da equipe própria e contratada;
- Segurança e desenvolvimento sustentável como premissa na gestão de ativos;
- Atendimento ao GTS 20 (Gestão de Ativos);
- Análise crítica dos resultados da Manutenção.

Através de diretrizes estabelecidas pela GA, é definida a estratégia de manutenção mais adequada para cada equipamento das instalações industriais, analisando cada um quanto à sua importância ao processo produtivo e à consequência das suas falhas, gerando assim diferentes formas de tratamento. Esta estratégia deverá ser revisada a cada dois anos, medindo os esforços e o progresso obtido em relação aos objetivos antes estabelecidos, adequando as melhores estratégias e ações junto à gerência das áreas de manutenção e operação.

As táticas de manutenção aplicadas na empresa são influenciadas pela severidade de uma falha, onde as ações necessárias para mitigar suas consequências variam de acordo com a situação e em alguns casos, dependendo da gravidade da falha, o esforço e os custos associados não podem ser justificados. As táticas de manutenção aplicadas para cada caso são:

- Manutenção Baseada na Condição:
 - Capaz de detectar degradação das condições ou desempenho;
 - A falha deve ser previsível, desde a sua primeira evidência até a quebra completa;
 - Prática para monitorar e detectar a degradação em menos tempo do que o necessário para o problema se desenvolver completamente;
 - O tempo entre a falha potencial e a falha funcional é longo o suficiente para que algo seja feito e ações sejam tomadas para evitar as consequências da falha.
- Manutenção Baseada no Uso:

- Há um ponto evidente em que o ativo mostra um rápido aumento na taxa de falha, há uma “vida útil”;
- A tarefa restaura as condições do ativo e não há evidência de falha além desse ponto.
- **Manutenção Corretiva:**
 - Aplica-se quando nenhuma das outras Táticas de Manutenção pode ser aplicada com sucesso;
 - A consequência da falha pode ser tolerada.
- **Manutenção de Melhoria:**
 - Somente deve ser utilizada quando for reduzir custos, melhorar desempenho ou eliminar/reduzir as consequências de falhas.

Assim, os resultados obtidos na implementação de GA na empresa Copebrás serão apresentados no Capítulo 4.2.2.

4.1.3 Estudo de Caso 3

O trabalho “Integração dos preceitos da SAE JA 1011: 2009 e PAS 55: 2008 nas Sistêmicas de Manutenção de Pontes Rolantes na Gerdau Ouro Branco” realizado por Silva *et al* (2015), apresenta os procedimentos e ações necessárias para implementação de um programa de manutenção preventiva, moderno e eficaz, para todas as Pontes Rolantes da planta siderúrgica de Ouro Branco-MG do grupo Gerdau, devido ao descontrole técnico iminente de seu processo quanto a confiabilidade dos processos produtivos, utilizando práticas quantitativas e focadas nas causas raízes das falhas de uma sistêmica de Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), conforme padronizado pela SAE JA 1011:2009 e unificadas aos preceitos demarcados e enumerados pela PAS 55:2008 para a confecção de um plano de GA Físicos.

Pontes Rolantes (PR's) são equipamentos estruturais que operam de maneira aleatória em processos repetitivos por imposição de cargas cíclicas em ambientes geralmente agressivos às operações, assim o gerenciamento e execução efetiva de suas manutenções é um desafio ao departamento de manutenção.

Porém, devido a sua importância estratégica, são equipamentos que necessitam de altos níveis de confiabilidade, pois se indisponíveis acarretam, na maioria das vezes, sérios riscos operacionais, econômicos e comprometem a segurança das pessoas envolvidas.

Cada PR é composta por vários equipamentos, suscetíveis a anomalias geradas por falhas operacionais e/ou progressão de falhas pontuais à níveis catastróficos, com modos de falhas diversos e cada um com suas taxas de falhas, logo uma sistêmica de manutenção aplicável, efetiva e executável se faz prioridade, embora seja uma tarefa complexa e árdua.

Antes da implementação deste trabalho, a manutenção preventiva de todas as PR's da planta (exceto por um número insignificante de PR's) utilizava a sistemática de manutenção overhaul (reparo periódico/aperiódico, completo/incompleto de certos equipamentos com o intuito de incremento de confiabilidade), além desta, as únicas sistêmicas periódicas de manutenção eram a utilização de planos únicos executados para todo equipamento da PR com periodicidades iguais, independente do equipamento ou sua taxa e modos de falhas, de acordo com os seguintes métodos:

- Manutenção Mecânica:
 - Reaperto;
 - Lubrificação;
- Manutenção Elétrica:
 - Plano Único: reaperto de conexões elétricas e limpeza de painéis.

Em um número reduzido de PR's, uma equipe de colaboradores de outra gerência realizava as seguintes práticas:

- Manutenção Preditiva:
 - Termografia Analítica em Painéis Elétricos: executado em periodicidades de 4 a 6 meses numa pequena parcela de PR's da planta;
 - Ferrografia Qualitativa dos Óleos Lubrificantes dos Redutores: executado em periodicidades de 4 a 6 meses numa pequena parcela de PR's da planta;
 - Índice de Polarização e Absorção (IP&IA): executada em 14 motores elétricos, com potência maior do que 250 KW, encontrados em apenas 7 PR's da planta.

De modo a obter sistemas modernos onde a maior parte dos componentes não apresentem sintomas de falhas por desgaste, justifica-se uma maior avaliação das técnicas aplicáveis, efetivas e executáveis para a devida mitigação/eliminação dos modos de falhas dos componentes industriais.

Objetivando identificar características diferenciais nas formas como as falhas acontecem, buscando descrever e definir a melhor estratégia de manutenção para um dado

período de tempo e/ou condição operacional, além de almejar um nível coerente de confiabilidade para o processo tendo garantias da vida dos componentes das PR's, o estudo e uso das normas e preceitos se torna necessário.

No Capítulo 4.2.3 serão apresentados os resultados obtidos no processo de manutenção preventiva com o uso da SAE JA 1011: 2009 e da PAS 55: 2008.

4.1.4 Estudo de Caso 4

O trabalho “Indicadores de manutenção para a Gestão de Ativos” realizado por Marco *et al* (2015), teve o objetivo de monitorar o desempenho dos sistemas, equipamentos ou componentes ao cumprirem suas funções predeterminadas em projeto, avaliando as consequências das falhas (riscos) dos mesmos que podem contribuir para o acontecimento de eventos prejudiciais ao processo.

Estes indicadores são obtidos através das análises de dados de falhas e indisponibilidades extraídos dos históricos de manutenção, das ocorrências operacionais e dos resultados das inspeções e testes periódicos.

O estudo foi realizado na Usina Angra 2, a segunda usina nuclear brasileira, onde um Reator a Água Pressurizada (PWR) gera calor pela fissão dos núcleos atômicos utilizados na produção de vapor que aciona um conjunto turbina-gerador elétrico (equivalente às caldeiras de carvão, a óleo combustível ou a gás das usinas termoeletricas convencionais). Este reator usa água desmineralizada e tratada quimicamente como meio refrigerante, removendo o calor gerado pela fissão nuclear e desacelerando os nêutrons, que constituem o núcleo atômico, liberados no processo.

Angra 2 aplica o processo de confiabilidade de equipamentos definido no documento INPO AP 913 para implementação da sua gestão de ativos e para cumprir os requisitos da NBR ISO 55000 e do documento PAS 55.

Assim, as métricas de desempenho e os indicadores associados foram definidos com a finalidade de alcançar os seguintes objetivos:

- Monitorar a eficácia do programa de manutenção em mitigar as falhas dos sistemas e/ou componentes que desempenham as funções críticas de segurança ou funções relacionadas com a disponibilidade da planta;

- Estabelecer as diretrizes necessárias à organização e a administração para a priorização das atividades de manutenção de forma eficaz, de maneira a garantir a confiabilidade e a disponibilidade da planta, bem como a sua operação segura;
- Assegurar que os sistemas, equipamentos e componentes sejam capazes de cumprir suas funções previstas por projeto e estabelecer as ações corretivas necessárias quando o desempenho destes não for adequado, monitorando a efetividade das ações mediante o cumprimento das metas pré-fixadas (“Critérios de Performance”);
- Estabelecer as diretrizes para o gerenciamento do ciclo de vida da planta.

São consideradas como métricas de desempenho o número de falhas funcionais e o tempo de indisponibilidade dos sistemas, equipamentos e/ou componentes, contabilizadas por trechos funcionais, que são o maior agrupamento possível, onde à falha funcional de um componente é a falha funcional do agrupamento.

Enquanto os critérios de performance são definidos de acordo com a criticidade (significativo ou não para o risco) destes trechos funcionais.

Observa-se na Tabela 4.1 a metodologia utilizada para a avaliação dos riscos, sendo que este compreende o cenário resultante devido à ocorrência de uma falha, sua probabilidade e nível de danos (consequências), dos modos de falhas e indisponibilidade dos trechos funcionais.

Tabela 4.1: Metodologia para avaliações dos riscos dos modos de falhas e indisponibilidades dos trechos funcionais.

Evento	Metodologia	Avaliações de Risco
	FMEA/RCM e Manutenção baseada na condição	
Modos de Falhas	Avaliação da Falha: - Severidade - Detecção - Ocorrência	Matriz de Risco
Indisponibilidade	Análise Probabilística de Segurança	Monitor de Risco

Fonte: Marco (2015)

Observa-se nas Tabela 4.2, Tabela 4.3 e Tabela 4.4 os critérios de avaliação das falhas.

Tabela 4.2: Severidade – consequência da falha do equipamento no trecho funcional

Valor	Descrição	Critério
1	Categoria IV: Menor	Função não afetada ou atraso insignificante na operação ou nenhum impacto ambiental
2	Categoria III: Marginal	Função não afetada mas requer atenção ou atraso aceitável na operação ou nenhum impacto ambiental
3	Categoria II: Crítica	Função reduzida ou dano operacional significativo ou atraso na operação ou impacto ambiental limitado
4	Categoria I: Catastrófica	Completa perda de função ou inoperabilidade ou sérios impactos ambientais

Fonte: Marco et al (2015)

Tabela 4.3: Detecção – possibilidade da falha do equipamento ser detectada.

Valor	Descrição	Critério
		<u>Monitoração Preditiva</u>
1	Quase Certo	O controle atual quase sempre irá detectar a falha. Controles de detecção confiáveis são conhecidos e são utilizados em processos similares
		<u>Teste Funcional</u>
2	Alto	O controle atual têm uma boa possibilidade de detectar a falha
		<u>Alarme</u>
3	Médio	O controle atual têm uma possibilidade média de detectar a falha
		<u>Walkdown</u>
4	Baixo	O controle atual têm uma baixa possibilidade de detectar a falha
5	Quase Impossível	Nenhum controle conhecido está disponível para detectar a falha

Fonte: Marco et al (2015)

Tabela 4.4: Ocorrência – possibilidade de ocorrência da falha do equipamento.

Valor	Valor Quantitativo	Descrição	Critério
1	0,000001	Nível E Extremamente Improvável	A probabilidade de ocorrência é basicamente zero durante o intervalo de tempo de operação. A probabilidade de ocorrer um modo de falha único é menor que 0,001 da probabilidade global de falha durante o intervalo de tempo de operação.
2	0,00001	Nível D Remoto	Uma probabilidade improvável de ocorrência durante o intervalo de tempo de operação. A probabilidade de ocorrer um modo de falha único é maior do que 0,001 e menor do que 0,01 da probabilidade global de falha durante o intervalo de tempo de operação
3	0,0001	Nível C Ocasional	Uma probabilidade ocasional de ocorrência durante o intervalo de tempo de operação. A probabilidade de ocorrer um modo de falha único é maior do que 0,01 e menor do que 0,10 da probabilidade global de falha durante o intervalo de tempo de operação
4	0,001	Nível B Razoavelmente Provável	Uma probabilidade moderada de ocorrência durante o intervalo de tempo de operação. A probabilidade de ocorrer um modo de falha único é maior do que 0,10 e menor do que 0,20 da probabilidade global de falha durante o intervalo de tempo de operação
5	0,002	Nível A Frequente	Uma probabilidade alta de ocorrência durante o intervalo de tempo de operação. A probabilidade de ocorrer um modo de falha único é maior do que 0,20 da probabilidade global de falha durante o intervalo de tempo de operação

Fonte: Marco et al (2015).

Então um número de prioridade de risco (NPR) é obtido pelo produto dos valores atribuídos à severidade, detecção e ocorrência. Observa-se na Tabela 4.5 o grau de risco de acordo com o NPR.

Tabela 4.5: Matriz de Risco.

Severidade X Detecção X Ocorrência	
$\text{NPR} \leq 6$	Baixo Risco
$6 < \text{NPR} < 32$	Médio Risco
$\text{NPR} \geq 32$	Alto Risco

Fonte: Marco et al (2015)

Estes trechos funcionais são monitorados e depois classificados pelos seguintes requisitos:

- Requisito (a1), que não atende aos critérios estabelecidos e sua performance não assegura que seja capaz de cumprir suas funções de projeto;
- Requisito (a2), que atende aos critérios estabelecidos e sua performance assegura que seja capaz de cumprir suas funções de projeto.

Além de sinalizados pelas cores:

- Verde: desempenho desejável, Requisito (a2);
- Amarelo: desempenho aceitável, Requisito (a2);
- Laranja: desempenho ainda aceitável, Requisito (a2), tendendo para o Requisito (a1) e atingindo 75% do critério de performance;
- Vermelho: desempenho inaceitável, Requisito (a1), necessária implantação de ação corretiva imediata e fixação de metas para o trecho retornar ao Requisito (a2).

Será apresentado no Capítulo 4.2.4 os resultados obtidos no monitoramento dos sistemas analisados.

4.2 Resultados dos Casos

4.2.1 Resultados Caso 1

Depois de realizada a reestruturação da gerência de manutenção de HME na mina de Cuiabá da AngloGold Ashanti, foi dado início à implantação do sistema de gestão para a GA na mesma gerência.

Este plano de trabalho se iniciou pela gestão do risco à saúde e segurança, já que o primeiro valor da empresa é a garantia da saúde e da segurança de seus trabalhadores, pois, mesmo com um programa de gerenciamento de riscos à saúde, segurança, meio ambiente e

responsabilidade social – SSMA/RS, a gerência de manutenção de HME da mina de Cuiabá não apresentava resultados apropriados, além de possuir grande variação como observado na Figura 4.2, o que levava a uma alta taxa de incidentes, um dos principais riscos à implantação do sistema de gestão para a GA, ocupando parte do tempo dos gestores com a análise dos incidentes e implantação de ações corretivas.

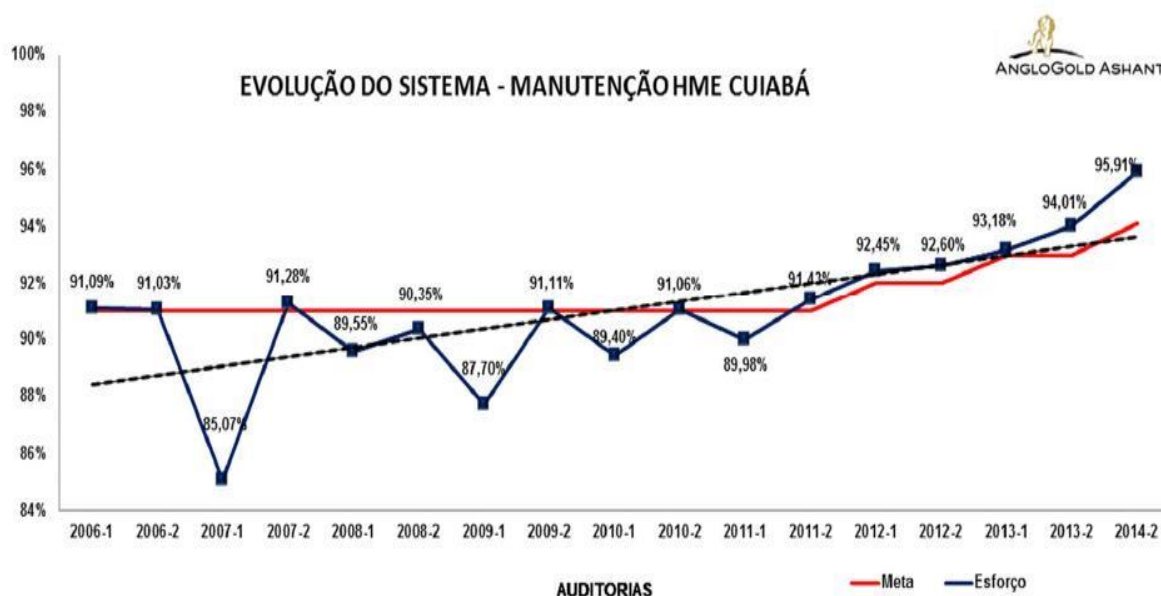


Figura 4.2: Evolução do Programa de Gerenciamento de Riscos na Gerencia de Manutenção de HME

Fonte: Souza (2015)

Assim foram implantadas diversas atividades de gestão de rotina, integração e motivação da liderança, revisão e utilização de novas ferramentas, intensificando a presença dos líderes e gestores na área operacional, dentre outras.

Com essas e outras ações, a partir do ano de 2011, houve uma melhora significativa no sistema de gerenciamento de riscos de SSMA/RS da AngloGold Ashanti Brasil, levando a redução da taxa de incidentes pessoais da referida gerência, observa-se na Figura 4.3 a redução dos acidentes com e sem perda de tempo.

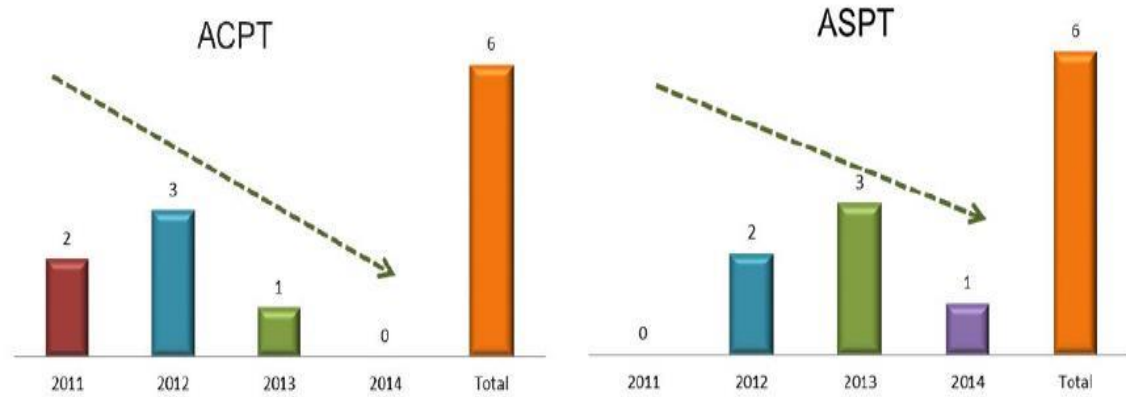


Figura 4.3: Acidentes com Perda de Tempo – ACPT e Sem Perda de Tempo - ASPT na Gerencia de Manutenção de HME.

Fonte: Souza (2015)

Com essa melhora nos resultados, os gestores obtiveram maior tranquilidade e tempo para atuar em outras atividades do sistema de gestão para a GA.

Seguindo o plano de trabalho, foi constatado que o processo de gerenciamento de rotina implantado na AngloGold Ashanti em 2009, o Business Process Framework – BPF, onde a empresa gerencia e contempla as principais etapas do negócio (requisição do trabalho, planejamento, programação, aprovisionamento de recursos e execução dos trabalhos), desde a Definição das Expectativas, Estratégia de Produção, Estratégia de Serviços, Programa Master de Produção, Orçamento, Gestão do Trabalho de Rotina e Análise & Melhoria, não conseguia entregar os resultados esperados durante seus dois primeiros anos. Observa-se na Figura 4.4 o macro fluxo deste processo.

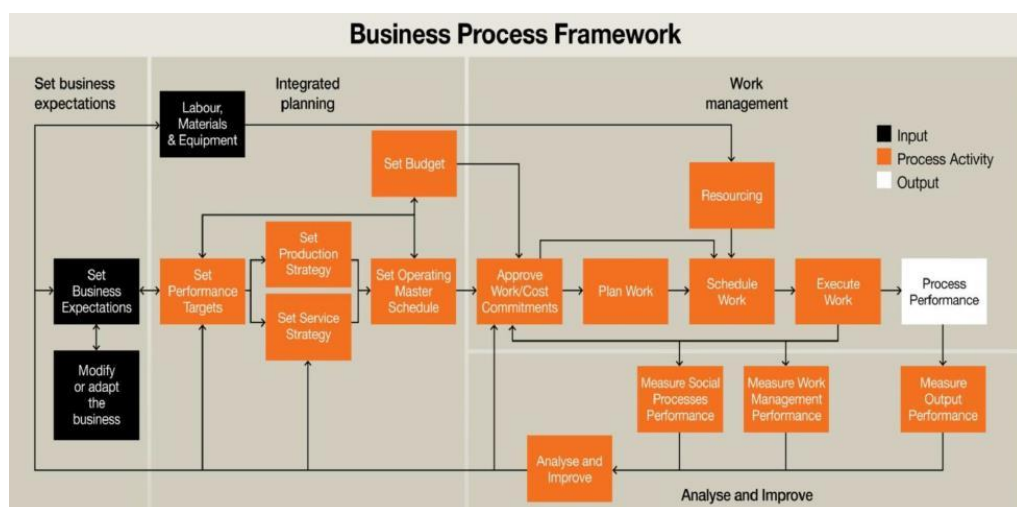


Figura 4.4: Macrofluxo do BPF.

Fonte: Souza (2015)

Então foi realizada pela equipe de planejamento, programação e controle de manutenção uma reciclagem nos treinamentos, revisão da rotina de trabalho, implantação de novas rotinas de gestão, definição de novos indicadores, análise e melhoria. Em agosto de 2011 este processo alcançou a etapa de estabilização, que se caracteriza pelo aumento da efetividade da programação e aumento dos trabalhos programados de manutenção comparados aos trabalhos não programados. Observa-se na Figura 4.5 esta estabilização a partir da semana 21.

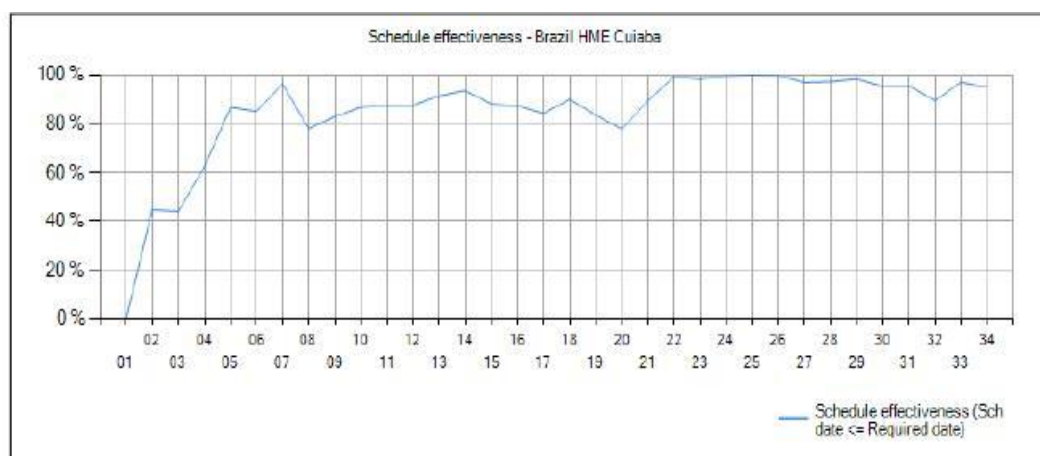


Figura 4.5: Efetividade da Programação de Manutenção Preventiva no Ano de 2011.

Fonte: Souza (2015)

Após ter alcançado este resultado, deu-se início a uma nova fase de gerenciamento, onde foi realizada uma análise detalhada de cada uma das etapas, de cada um dos fluxos de requisição do trabalho, planejamento, programação, provisionamento de recursos e execução dos trabalhos. Também foi realizado um treinamento de reciclagem com todos os envolvidos em cada um dos cinco processos anteriores mencionados, definidos e implantados novos produtos a serem utilizados na rotina do trabalho e implantada uma reunião de análise semanal de performance. Esta etapa do trabalho teve início em setembro de 2011 e foi concluída em março de 2013.

Outra fragilidade identificada foi na gestão de serviços, onde a gerência não tinha uma estratégia clara e alinhada para geração de valor do ativo. Conseqüentemente, além um alto custo com serviços terceirizados que não agregavam o valor necessário e não era possível identificar evolução de seus resultados, apresentava-se uma fragilidade de conhecimento na gerência da equipe de manutenção, já que grande parte das atividades de manutenção era terceirizada. Observam-se na Figura 4.6 os custos com contratação de serviços terceirizados para manutenção no período de 2011 a 2014.

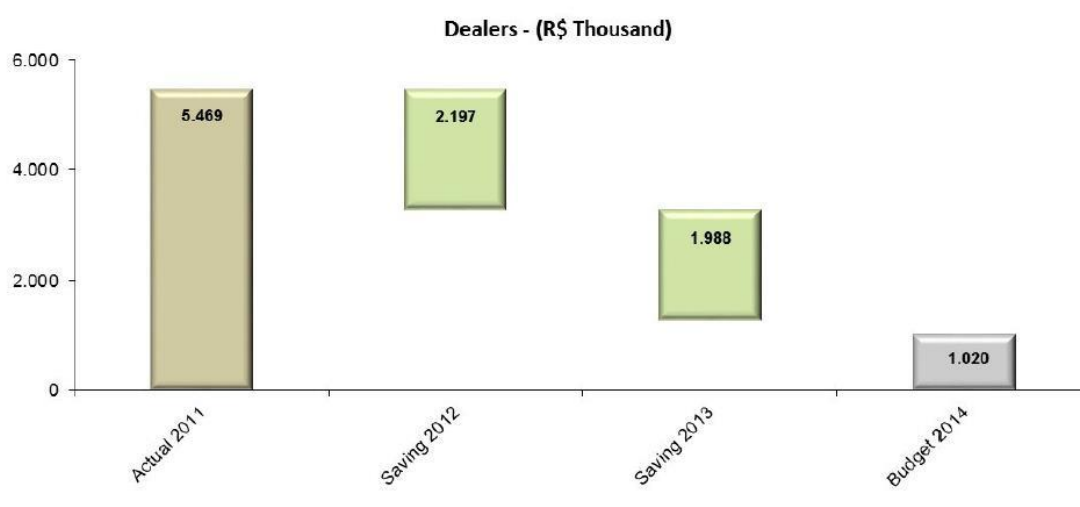


Figura 4.6: Custos com Serviços Internos de Manutenção de HME no período de 2011 a 2014.

Fonte: Souza (2015)

Assim foi definida uma estratégia de gestão de serviços terceirizados, cuja característica principal foi a primarização da maior parte dos serviços de manutenção.

Como apresentado anteriormente, a gerência da equipe de manutenção de HME apresentava uma vulnerabilidade quanto ao conhecimento, aumentada devido à estratégia de primarização proposta anteriormente e a inconstância de mão de obra no mercado por conta da alta demanda de profissionais no segmento de mineração. Além disso, havia uma baixa oferta de profissionais qualificados na área de manutenção de ativos vindos das instituições de educação. Então as gerências, em conjunto, criaram um centro de treinamento operacional – CTO, com accountability em treinamento e desenvolvimento de profissionais para manutenção e operação de ativos.

A compliance ou conformidade às normas de contabilidade, aplicação e apropriação de recursos também era outra área fragilizada na gerência de manutenção de HME, observa-se na Figura 4.7 a quantidade e a classificação de criticidade de riscos identificados, bem como a classificação geral dos resultados das auditorias.

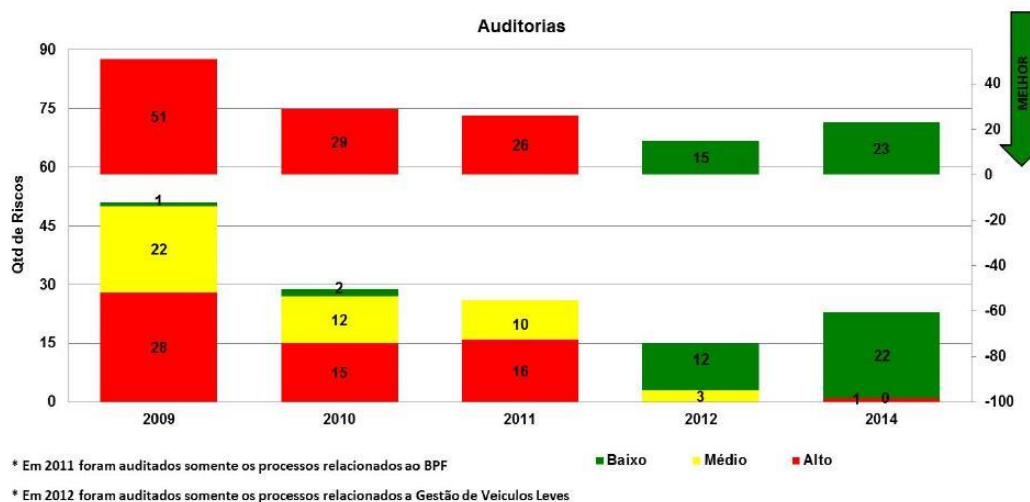


Figura 4.7: Riscos Identificados na Auditoria Contábil na Gerencia de Manutenção de HME da Mina de Cuiabá no período de 2009 a 2014.

Fonte: Souza (2015)

No intuito de eliminar essas fragilidades, foi revisada toda rotina de gestão, realizado treinamento com as lideranças e gerenciada a execução das rotinas, identificando e tratando as oportunidades de melhoria. Com isso, observa-se na Figura 4.7 que, nas duas últimas auditorias, os resultados melhoraram substancialmente, logo a vulnerabilidade foi reduzida de forma significativa, contribuindo para a gestão adequada do custo do ativo ao longo de seu ciclo de vida.

Quanto à liderança dos líderes da equipe de manutenção, era perceptível sua fragilidade e vulnerabilidade, assim foi desenhado um programa estruturado de desenvolvimento de lideranças, já que este é um dos fatores de sucesso diferencial para um sistema de gestão bem elaborado, em etapas ao longo de três anos, as quais proveriam aos gestores os conhecimentos e as competências necessárias para atuar neste e em outros trabalhos.

Embora todas as áreas fragilizadas encontradas tenham utilizado os fundamentos da GA, a AngloGold Ashanti Brasil, até então não possuía um sistema de gestão para a GA implantado na empresa. Então, em julho de 2013, dando início à implantação desse sistema, foi realizado um trabalho de *Benchmarking* em outras empresas de mineração para identificar seus sistemas de gestão. Em consequência disso e com base nos requisitos da norma ISO 55.000, a AngloGold Ashanti Brasil teve, em março de 2014, seu modelo de sistema de gestão para a GA elaborado, observa-se na Figura 4.8 a representação deste modelo.



Figura 4.8: Modelo do Sistema de Gestão para a Gestão de Ativos da AngloGold Ashanti Brasil.

Fonte: Souza (2015).

O modelo é composto por cinco estágios, cada estágio possui vários blocos, que por sua vez possuem vários processos, sendo um total de 14 blocos e 40 processos. Estes processos abrangem todo o ciclo de vida do ativo e são utilizados de acordo com cada um, não sendo obrigatória uma sequência na implantação dos blocos ou processos, nem sua total implantação, porém, assim como no modelo, os blocos do primeiro e segundo estágio servem como base para implantação dos demais.

Todos os requisitos dos processos tiveram a especificação elaborada de acordo com a NBR ISO 55000, não tendo por objetivo inicial certificar a AngloGold Ashanti Brasil na referida norma mas, à medida que a experiência e maturidade sobre o sistema de gestão for adquirido pela equipe de manutenção e pela empresa, entende-se que este seja um caminho natural, desde que benefícios sejam comprovados.

Observam-se na Figura 4.9 os 14 blocos do modelo do sistema de gestão para a GA, distribuídos em seus respectivos estágios.

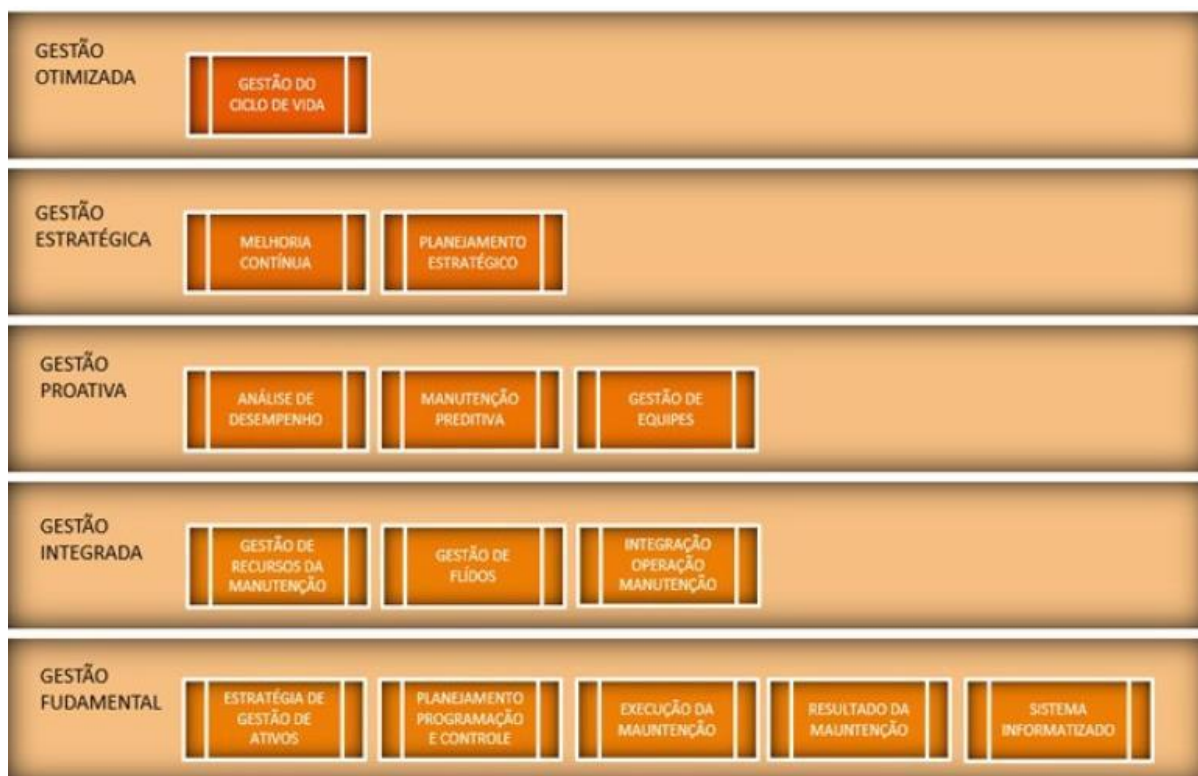


Figura 4.9: Blocos Que Integram o Modelo do Sistema de Gestão para a Gestão de Ativos da AngloGold Ashanti Brasil.

Fonte: Souza (2015).

Os 40 processos integrantes do modelo do sistema de gestão para a GA, distribuídos em seus respectivos estágios são:

1º Estágio – Gestão Fundamental:

- Identificação de Ativos;
- Criticidade de Ativos;
- Estratégia de Gestão de Ativos;
- Planejamento de Médio Prazo;
- Grandes Paradas de Manutenção;
- Orçamento da Manutenção;
- Planejamento de Curto Prazo;
- Aprovisionamento;
- Programação;
- Execução da Manutenção;
- Inspeção da Manutenção;

- Inspeção Autônoma;
- Plano de Manutenção Preventiva;
- Ponto de Monitoramento;
- Indicadores de Desempenho;
- Gerenciamento da Rotina;
- Sistema Informatizado.

2º Estágio – Gestão Integrada:

- Gestão de Materiais;
- Gestão de Contratos;
- Gestão de Componentes;
- Gestão de Ferramentas;
- Gestão de Instalações;
- Gestão do Acervo Técnico;
- Gestão de Fluidos;
- Integração Operação Manutenção.

3º Estágio – Gestão Proativa:

- Perfil de Perdas;
- Análise de Falhas;
- Manutenção Preditiva;
- Captação e Seleção de Pessoal;
- Ambientação Técnica;
- Capacitação Técnica;
- Gestão de Equipes.

4º Estágio – Gestão Estratégica:

- Gestão de Melhorias;
- Engenharia de Processos;
- Engenharia de Confiabilidade;
- Benchmarking;
- Planejamento Estratégico.

5º Estágio – Gestão Otimizada:

- Gestão de Novos Ativos;
- Custo do Ciclo de Vida;
- Desmobilização e Baixa de Ativos.

Em razão da maioria das atividades serem de estruturação do processo, muitos envolvidos relacionam os trabalhos da GA com atividades de projeto, sendo, portanto um dos grandes desafios durante todas as fases do trabalho, concorrer com a rotina operacional do trabalho de curto prazo.

Com o intuito de mitigar esse risco, foi criada uma estrutura de responsáveis por blocos, processos e os, denominados, agentes de mudança, cada um com seu papel específico definido, formando uma teia de liderança para disseminar os trabalhos.

- Responsável por blocos: presta contas sobre a implantação das atividades dos seus blocos à gerência gestora de ativos;
- Responsável por processos: se incumbem em liderar e executar as atividades para a implantação de seu respectivo processo;
- Agentes de mudança: é um facilitador, um elo entre o responsável pelo processo e a equipe de execução do mesmo, que esclarece dúvidas, auxilia na elaboração e implantação de produtos, atividades de comunicação e treinamento, dentre outras. Logo, também tem extrema importância no processo.

Paralelo a esta nova estruturação, elaborou-se uma estratégia de comunicação, com público alvo e produtos específicos a fim de suportar a disseminação de conceitos, divulgação de processos, produtos e resultados alcançados com a implantação do sistema de gestão para a GA na gerência de manutenção de HME da mina de Cuiabá. Observa-se na Figura 4.10 a estratégia de comunicação criada.

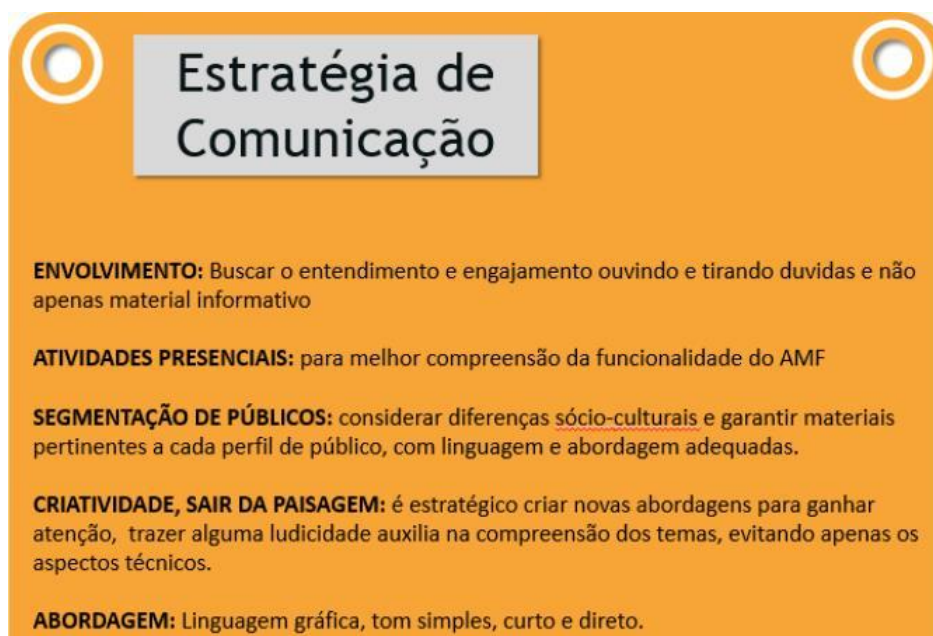


Figura 4.10: Estratégia de Comunicação Para Implantação do Sistema de Gestão para a Gestão de Ativos.

Fonte: Souza (2015)

Em um trabalho desta relevância, que interrelaciona diversas áreas da empresa, a avaliação e gestão adequada dos riscos é um dos fatores de sucesso. Assim, na fase de estruturação dos trabalhos, também foram mapeados os principais riscos envolvidos e definidas as ações necessárias para mitigá-los.

Com o modelo elaborado, realizou-se um diagnóstico geral da área de gestão de ativos de HME que indicou as oportunidades de trabalho. Este diagnóstico envolveu áreas que contribuem para a melhor performance dos ativos com custo e risco compatível com a realidade do negócio, estas áreas foram lideranças de manutenção, operação, suprimentos, recursos humanos e engenharia. Assim foi elaborado um plano de ações para eliminar os gaps identificados, envolvendo representantes de todas as áreas acima mencionadas.

O plano de implantação dos trabalhos foi estruturado em função dos estágios da pirâmide. Através dos principais gaps identificados na etapa de diagnóstico, foram definidos três pilares na implantação do 1º e 2º estágios do modelo, sendo eles gestão de materiais e serviços, gestão do conhecimento e integração manutenção e operação. No desenvolvimento destes trabalhos, houve uma interação constante dos suprimentos, almoxarifado, contratos, recursos humanos, fornecedores e operação, áreas de extrema relevância no ciclo de vida do ativo.

Em seguida foi realizado um trabalho extenso de implementação das ações definidas no plano de implantação, sendo bastante criterioso, para que os resultados esperados fossem obtidos no tempo correto.

Como a liderança forte e atuante é outro fator crítico de sucesso, para disseminar, praticar e gerenciar as atividades implantadas no sistema de gestão para a GA, os gestores e líderes foram inseridos na maioria das atividades de comunicação e nas rotinas de gestão da implantação.

Durante a execução das atividades de implantação, foram definidos novos processos, fluxos, padrões, revisadas as rotinas e executadas diversas ações de comunicação, treinamento, onde a atuação constante da liderança é de extrema relevância. Quanto mais os trabalhos evoluíam, novas oportunidades e iniciativas para retroalimentar o plano de implantação eram notadas.

Com a evolução consistente dos trabalhos realizados ao longo de 2014, vários resultados foram surgindo em diversas áreas, como por exemplo, a melhoria e a estabilidade da DF dos equipamentos, o aumento da confiabilidade que é medida pelo tempo médio entre falhas (MTBF) e pelo tempo médio de reparo da falha (MTTR), redução da falta de materiais em estoque, disponibilidade física mínima diária da frota para produção, entre outros.

A Figura 4.11 apresenta a evolução da DF (principal indicador da gerencia) para a frota de equipamentos de perfuração Fan drill no período de 2009 a 2014.

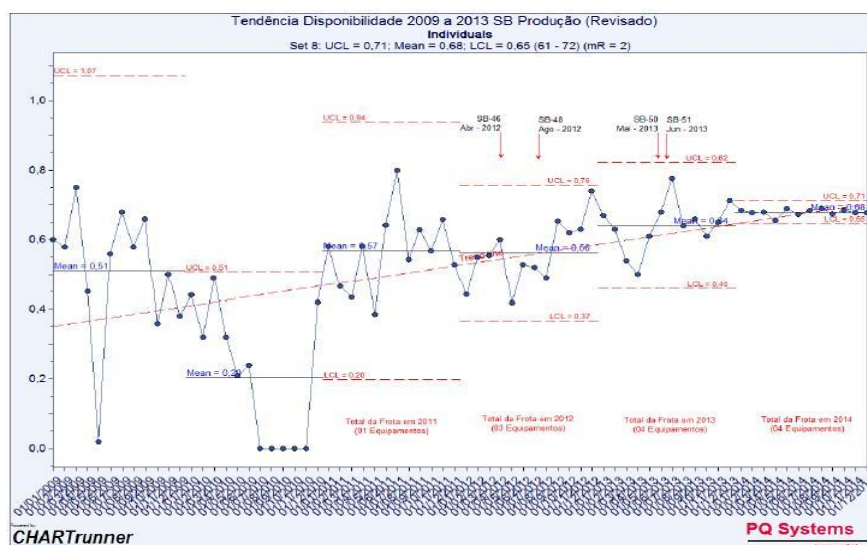


Figura 4.11: Disponibilidade Física da Frota de Equipamentos de Perfuração Fan Drill, da Mina de Cuiabá no período de 2009 a 2014.

Fonte: Souza (2015).

Observa-se na Figura 4.11 a melhora e estabilidade obtida na DF da frota, que era muito instável e a maioria das vezes muito baixa, após a implantação do sistema de gestão de ativos. A Figura 4.12 apresenta o MTBF das principais frotas de HME da mina de Cuiabá.

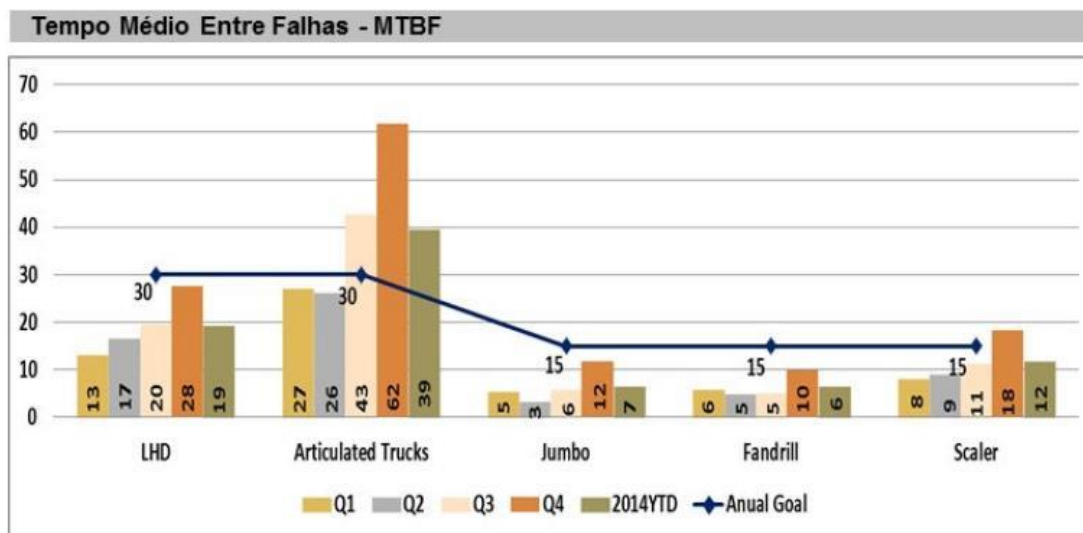


Figura 4.12: Tempo Médio Entre Falhas – MTBF das Principais Frotas de HME da Mina de Cuiabá no ano de 2014.

Fonte: Souza (2015)

Observam-se na Figura 4.12 que os resultados, embora incipientes, foram essenciais na entrega do programa de produção de 2014, valendo ressaltar que à medida que os mesmos acontecem, a percepção de valor do trabalho por parte das lideranças e dos atores dos processos do ciclo de vida do ativo aumenta, sendo referência de como um sistema de gestão bem estruturado suporta as metas estratégicas de uma organização, além de contribuir para derrubar barreiras e potencializar a energia e os recursos utilizados, tornando o trabalho de implantação do sistema de gestão mais crível.

Através dos dados obtidos na reestruturação da gerência de manutenção de HME da mina de Cuiabá, em 2013 e 2014, alinhado a outras diretrizes corporativas da empresa em âmbito global, a AngloGold Ashanti Brasil, em 2015, decidiu expandir a implantação do sistema de gestão para a GA em todas as unidades no Brasil.

Para isso, houve uma revisão da estrutura de gestão da empresa e criado uma Gerência de GA em abril de 2015, com a *accountability* de liderar a implantação do sistema de gestão para a GA nas quatro operações da AngloGold Ashanti Brasil e estando definida entre as principais iniciativas estratégicas da organização para alcançar a meta estabelecida no seu mapa estratégico. Observa-se na Figura 4.13 o mapa estratégico desenvolvido para a empresa.

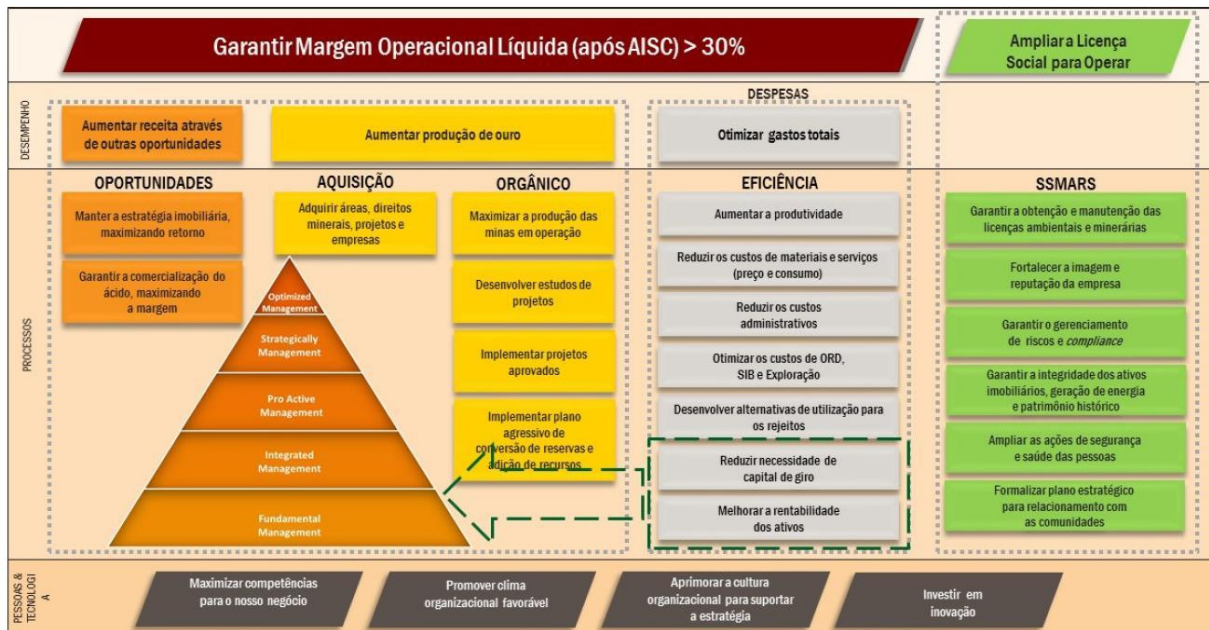


Figura 4.13: Mapa Estratégico da AngloGold Ashanti Brasil.

Fonte: Souza (2015)

A nova equipe de gerência encontra-se em fase de estruturação dos trabalhos e das iniciativas para a implantação do sistema de gestão para a GA, de forma a alcançar as metas estabelecidas para a nova fase desta atividade.

Por fim, percebe-se que com a reestruturação e implantação do sistema de gestão para a GA na gerência de manutenção de HME da mina de Cuiabá da AngloGold Ashanti Brasil apresenta resultados bastante promissores, já que o plano de implantação será concluído até 2018, contribuindo de forma direta para o resultado do negócio desta importante operação. Além de evidenciar como a implantação de um sistema de gestão para a GA estruturado com base nos fundamentos, conceitos e principais requisitos da norma NBR ISO 55000 contribuem de forma efetiva para a organização obter valor através de seus ativos.

4.2.2 Resultados Caso 2

Baseando-se nas táticas de manutenção apresentadas no Capítulo 4.1.2 e na otimização dos ativos em busca de um nível de excelência organizacional definiu-se que:

- Equipamentos Críticos A: manutenção baseada na condição;
- Equipamentos Críticos B: equilíbrio entre manutenção baseada na condição e manutenção programada;

- Equipamentos Críticos C: limitada manutenção baseada na condição e para grande parte dos equipamentos manutenção corretiva.

Observa-se na Figura 4.14 a tática de manutenção selecionada para cada equipamento.

Seleção da Tática de Manutenção	Equipamento Criticidade		
	A	B	C
Planos de manutenção dos equipamentos (EMPs)	X	X	
Modos e efeitos de falhas (FMEA) dos subconjuntos e equipamentos.	X	X	
Análises de causa raiz (ACR) das falhas de parada não programada superior a 2 ou 4 horas e plano de ações	X	X	X
Monitoramento do tempo médio entre falhas (MTBF) dos equipamentos	X	X	
Monitoramento do tempo médio de reparos (MTTR) dos equipamentos	X	X	
Monitoramento do estoque de sobressalentes críticos	X	X	
Análise das peças de reposição (componentes) dos equipamentos (APLs);	X	X	
Análise de necessidade de ferramentas e equipamentos especiais para manutenção	X	X	
Manutenção preditiva através de monitoramento de condições por inspeção visual e sensitiva	X	X	X
Manutenção preditiva através de monitoramento de condições específicas para cada equipamento no sistema Ellipse;	X	X	
Revisão bi-anual das táticas de manutenção (MSTs), FMEAS e sobressalentes;	X		
Revisão a cada 4 anos das táticas de manutenção (MSTs), FMEAS e sobressalentes;		X	

Figura 4.14: Seleção da Tática de Manutenção para os equipamentos críticos A, B e C.

Fonte: Yamaki *et al* (2015)

Dessa forma os equipamentos críticos A passaram por novos critérios para análise de criticidade, com principal critério a parada de produção, levando ao aumento de equipamentos críticos A de 7% para 11%. Para estes equipamentos foram elaborados e revisados 107 FMEA's em algumas de suas unidades críticas, realizada a revisão de APL's, que levantaram um problema quanto à desatualização das informações na estrutura de seus equipamentos, sendo preciso designar um técnico a atualizar as estruturas de 159 equipamentos, dos quais 2015 componentes foram linkados, 523 removidos e 260 inseridos na sua estrutura destes equipamentos. As FMEA's identificaram e revisaram 1015 táticas de manutenção que foram inseridas no sistema ERP para atualização dos planos de manutenção, estas FMEA's, junto com as reuniões denominadas Top 5 – que identificam os cinco equipamentos com maiores manutenções corretivas por unidade produtiva do ano anterior – e a Análise de Causa Raiz (RCA) de equipamentos com paradas superiores há 4 horas, identificam as melhorias necessárias nos equipamentos. Assim 189 oportunidades de melhorias nos equipamentos

foram identificadas, sendo que 106 delas foram executadas no mesmo ano, gerando uma efetividade de 56%.

As maiores dificuldades encontradas na implementação de um sistema de GA foram:

- Ausência de pessoal técnico de campo experiente dentro do quadro;
- Falta de aderência dos novos processos;
- Falta de treinamentos mais específicos;
- Falta de tempo do pessoal de campo, em função de prioridades na área;
- Requisitos dos padrões técnicos corporativos complexos e em excesso;
- Falta de documentação técnica de equipamentos mais antigos.

Embora existam grandes desafios em um ambiente corporativo que envolve várias pessoas e unidades, este trabalho tem apresentado resultados significativos como o aumento da disponibilidade física das unidades produtivas, o aumento da OEE das unidades críticas e uma redução nas manutenções corretivas, entre o ano de 2012 e 2013.

4.2.3 Resultados Caso 3

Em outubro de 2011, o projeto piloto de modificação das sistêmicas de manutenção preventiva na gerência de PR's da Gerdau com os preceitos da RCM se iniciou. Como um dos facilitadores do processo detinha os conceitos derivados da literatura e da norma americana SAE JA 1011:2009, a aplicação do projeto foi feita de maneira rápida e sem grandes entraves.

Um programa confeccionado conforme os preceitos da RCM devem descrever as funções do sistema, determinar os padrões/níveis das funções dentro do contexto operacional, determinar as falhas potenciais e funcionais dentro dos padrões, explorar os modos de falhas, seus efeitos e consequências.

Após definidos estes fatores, a melhor maneira de descrever os modos de falhas, seus efeitos e consequências, determinar as técnicas preventivas e as respectivas ações ou default, que devem ser tomadas no controle das falhas, foram unificadas em um imenso FMEA+DD (diagrama de decisão), observando-se que este deve ser amparado por um maior estudo de aplicabilidade, efetividade e exequibilidade de técnicas preventivas necessárias para a mitigação das falhas potenciais e funcionais, inspeções operacionais, inspeções sob condição, substituições e reparos preventivos.

No fim do processo do FMEA+DD, inúmeras ações foram descritas. Constatou-se que, se executadas à priori, gerariam a meta do projeto, diminuiriam/eliminariam a existência de falhas funcionais, incrementariam a confiabilidade das PR's e, por meio destes resultados, se buscava acabar com o caráter aperiódico das falhas.

O grupo Gerdau efetua o cadastramento e controle dos dados gerados pelas coletas das informações advindas da produção para gerenciamento das vicissitudes de manutenção o módulo PM do software SAP, como software de ERP. Foram confeccionadas planilhas no software Excel, buscando agilizar o processo, com informações de controle, gerenciamento e ordens de manutenção a serem realizadas na área produtiva.

Atendendo aos critérios definidos no diagrama de decisão do RCM e adequando aos parâmetros de trabalho do software SAP, os planos de manutenção contendo os métodos efetivos de execução e suas devidas periodicidades foram criados para 21 pontes rolantes do parque, porém efetivados em 9 das 10 PR's da laminação de longos, da seguinte forma:

- 4 PR's da Aciaria;
- 7 PR's da Redução;
- 9 PR's da Laminação de Longos.

Em dois ciclos de manutenção preventiva realizados nas PR's das laminações de longos com periodicidades de 2 a 4 meses apresentaram resultados animadores, com moralização dos métodos aplicados, descoberta de falhas potenciais que não eram encontradas efetivamente e diminuição das ocorrências geradas por equipamentos das PR's.

Entretanto ainda era necessário implantar uma cultura de manutenção aos colaboradores da gerência, para maximizar os efeitos criados pela metodologia RCM no programa de manutenção de PR's em Ouro Branco, então um programa paralelo de gerenciamento da manutenção denominado HAL foi criado. Este foi estruturado e dividido em 5 projetos, onde a gerência da manutenção busca deter o conhecimento e a técnica necessária para aumentar a confiabilidade dos componentes das PR's da planta industrial de Ouro Branco cumprindo os parâmetros da metodologia de RCM, gerando crescimento profissional aos colaboradores da gerência e da equipe como um todo.

Os preceitos básicos dos projetos foram levantados, discutidos, analisados e formalmente apresentados em um treinamento denominado de “moralização da Manutenção de PR's” da gerência de manutenção.

Embora seja um avanço importante para as organizações criarem sistêmicas de manutenção modernas e focadas nos modos de falhas, ainda existem grupos de colaboradores que defendem a utilização de manutenção overhaul, que acaba minando o trabalho despendido e ocasionando o não atingimento das metas.

Para contornar esta situação e abranger ainda mais as técnicas focadas em uma manutenção moderna, um estudo de incremento da melhoria da gestão das práticas de manutenção nas PR's foi confeccionado, pois as equipes não iriam se empenhar na devida mudança, se seus superiores fossem considerados chefes e não líderes facilitadores do processo.

O método para promover a mudança da cultura nos gestores das equipes utilizou os preceitos estabelecidos pela BSI PAS 55, que enumera por meio de 28 pontos chaves os objetivos desejáveis a toda organização que queira usufruir de qualidade na gestão de seus ativos físicos. Este ainda é subdividido em 7 seções chaves que atendem aos preceitos do diagrama PDCA com controles específicos para alimentar os líderes de gestão das equipes da gerência de manutenção e lhes promover informação límpida e objetiva dos conceitos gerenciáveis, com o intuito fundamental de inseri-los ainda mais nos resultados técnicos que são a base para quantificação da confiabilidade preconizada neste estudo.

Somente após uma minuciosa caracterização dos resultados encontrados antes e depois das práticas inseridas em certo período predeterminado de tempo, por meios qualitativos e quantitativos, que se pode avaliar e considerar incontestável a importância e a devida dimensão da utilização do programa de manutenção preventiva de equipamentos de sistemas funcionais. Para caracterização dos resultados, os seguintes critérios foram utilizados:

- Confiabilidade;
- N° de falhas potenciais + funcionais ocorridas;
- N° de falhas funcionais ocorridas;
- MTTF;
- Tempo total de reparo às falhas potenciais + funcionais em horas;
- MTTR.

O período analisado corresponde aos primeiros 6 meses dos últimos 6 anos (2008 a 2014), pois somente os resultados do 1º semestre de 2014 estavam disponíveis na data de confecção deste estudo, para que a avaliação seja eficiente e feita de maneira equiparada.

Mesmo sabendo da existência de dados cadastrados erroneamente em alguns períodos, não houve manipulações para corrigir tais desvios, pois corria o risco de algum resultado ser enviesado.

Todos os dados de números de eventos, falhas potenciais e/ou funcionais e tempo total despendido para efetuar o devido reparo das disfunções foram retirados do banco de dados do software SAP. Já os parâmetros MTTF, MTTR e confiabilidade foram encontrados por meio do algoritmo, construído para este fim e se encontra embutido no projeto HAL, onde suas fórmulas respeitam o critério exigido pela SAE JA 1011 quanto à manipulação dos dados e foram confeccionadas por equações básicas encontradas na literatura. Observa-se na Figura 4.15 os dados de números de falhas de 2008 a 2013.

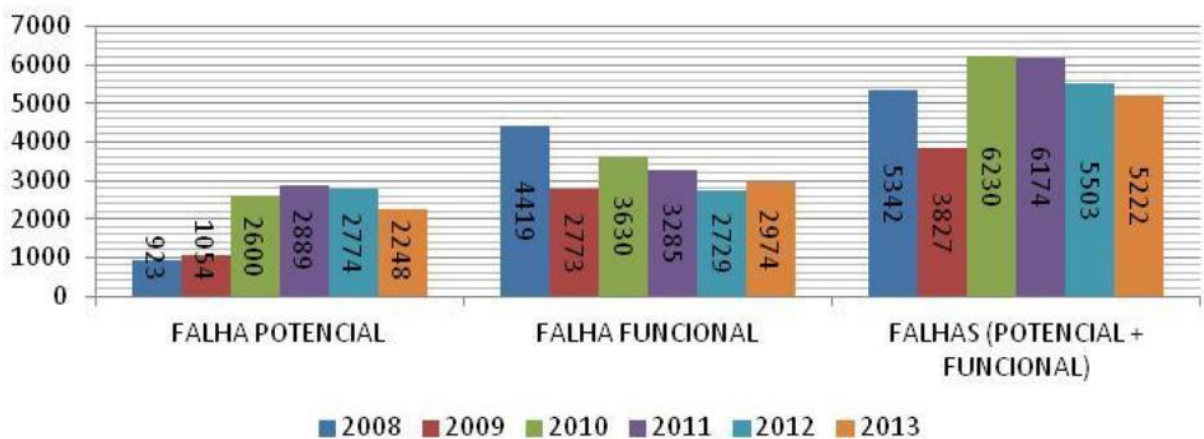


Figura 4.15: Dados de números de falhas em todas PR's da planta de 2008 a 2013.

Fonte: Silva et al (2015)

Os dados apresentados demonstram um fator estatístico aperiódico nas falhas das PR's da planta, sendo este um dos fatores endossados como prova definitiva de que o processo de manutenção preventiva das PR's se encontra pendente ao completo descontrole técnico quanto à confiabilidade de seus processos produtivos.

No entanto o plano de manutenção preventiva foi efetivado em apenas 5 PR's da área de acabamento PBT (placas, blocos e tarugos) da laminação de longos, as Figura 4.16, Figura 4.17, Figura 4.18, Figura 4.19, Figura 4.20 e Figura 4.21 apresentam os resultados obtidos para essas 5 PR's no 1º semestre de cada ano de 2008 a 2014.

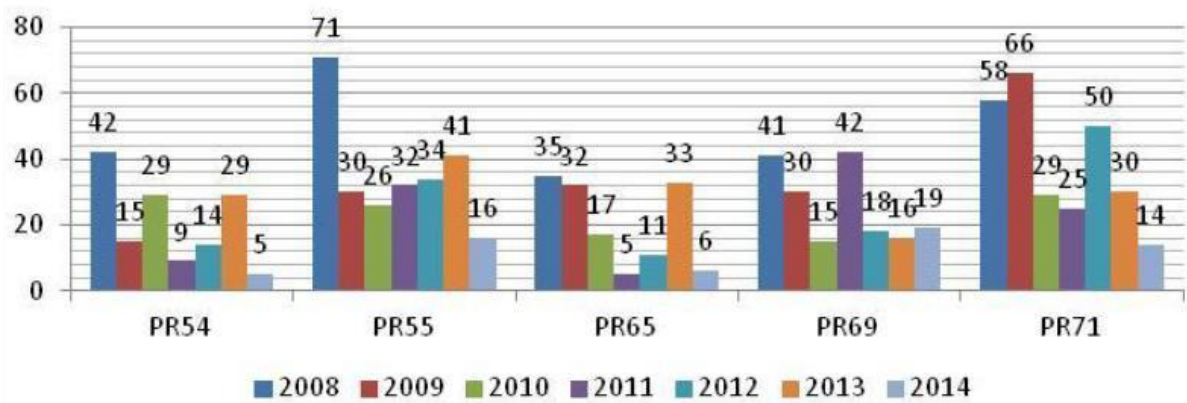


Figura 4.16: Total de falhas funcionais para PR's com RCM.

Fonte: Silva *et al* (2015)

Observa-se na Figura 4.16 que o número de falhas funcionais nas PR's analisadas apresentou uma melhora significativa com a implantação do sistema de gestão.

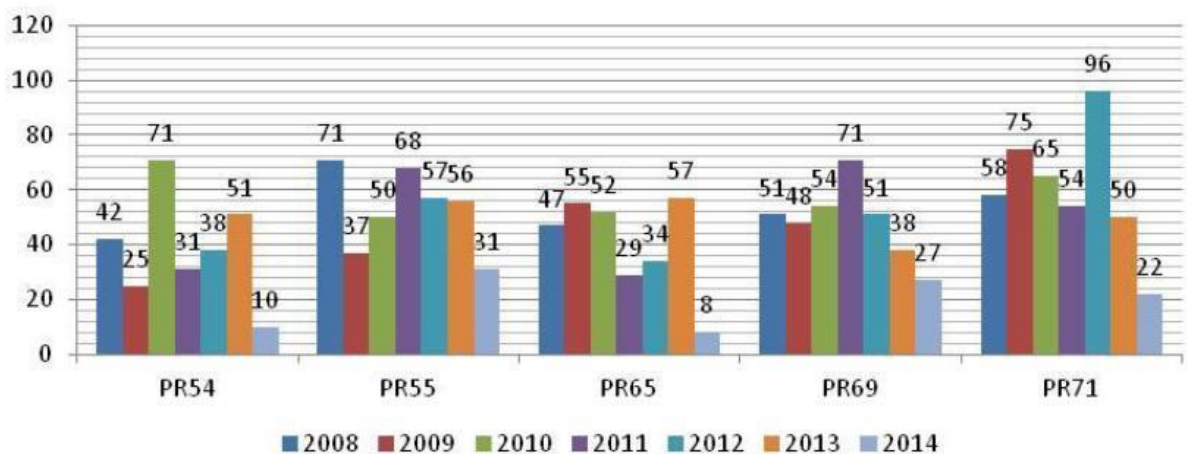


Figura 4.17: Total de falhas potenciais + funcionais para PR's com RCM.

Fonte: Silva *et al* (2015)

Na Figura 4.17, observa-se que, nos últimos anos, a maior parte das falhas nas PR's analisadas se trata de falhas potenciais. O que também corresponde a uma melhora no

sistema.

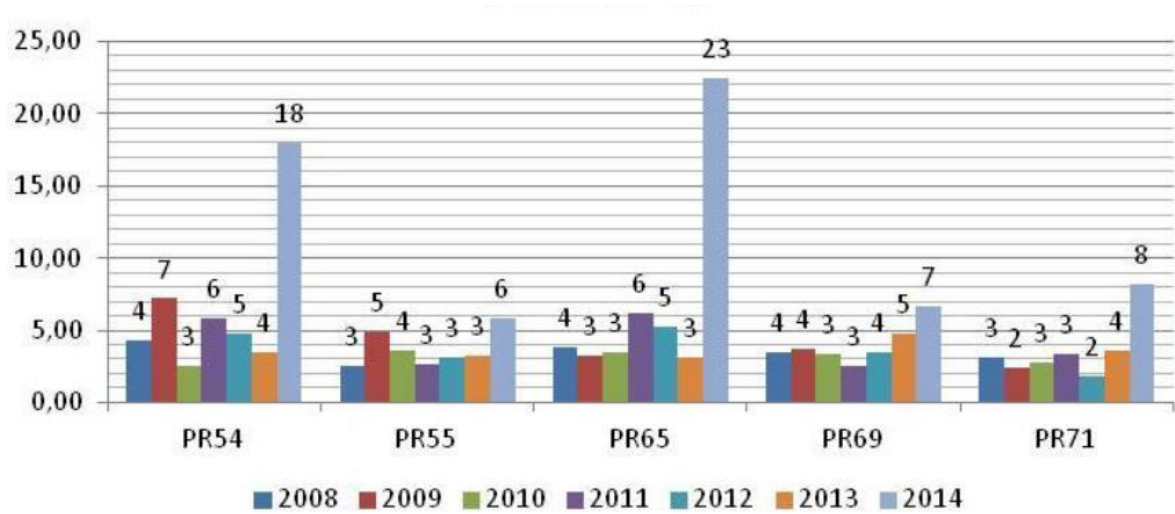


Figura 4.18: Tempo médio para a falha (MTTF) em dias para PR's com RCM.

Fonte: Silva *et al* (2015)

Pela Figura 4.18, observa-se uma grande melhora no ano de 2014, ano com maior número de resultados obtidos com o sistema de gestão implantado, em relação ao MTTF, logo uma melhora considerável na confiabilidade dos equipamentos.

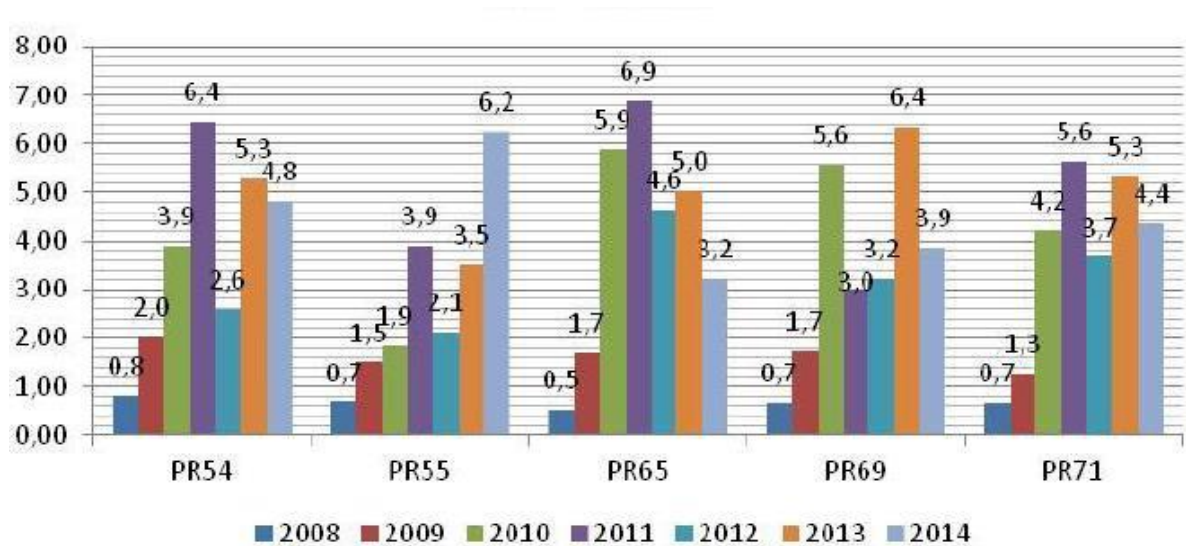


Figura 4.19: Tempo médio para reparo (MTTR) em horas para PR's com RCM.

Fonte: Silva *et al* (2015)

Observa-se na Figura 4.19 que o tempo utilizado no reparo, da maioria dos equipamentos, obteve uma redução significativa o que também contribui na melhora da confiabilidade do sistema.

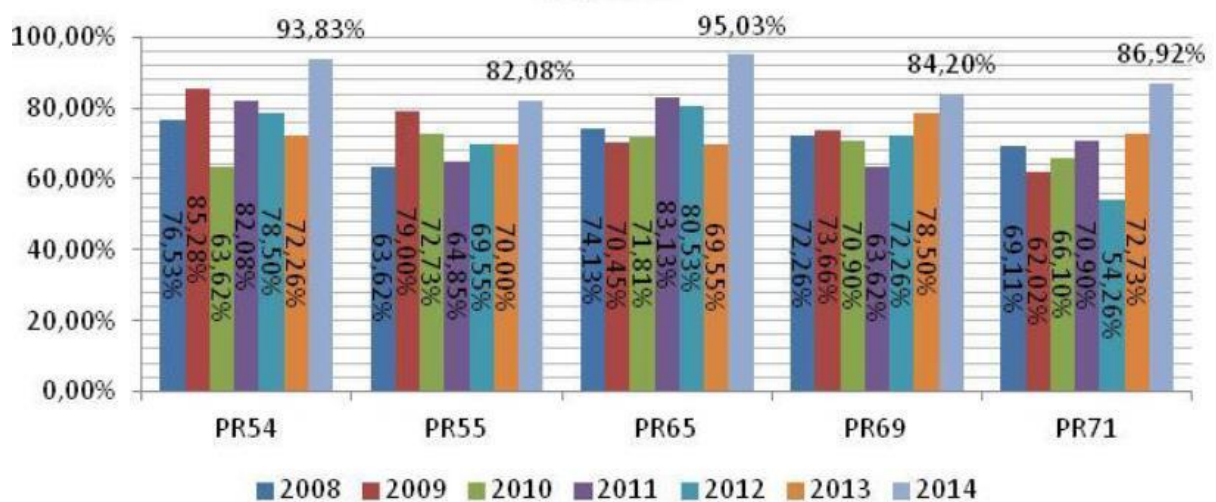


Figura 4.20: Fator de confiabilidade para PR's com RCM.

Fonte: Silva *et al* (2015)

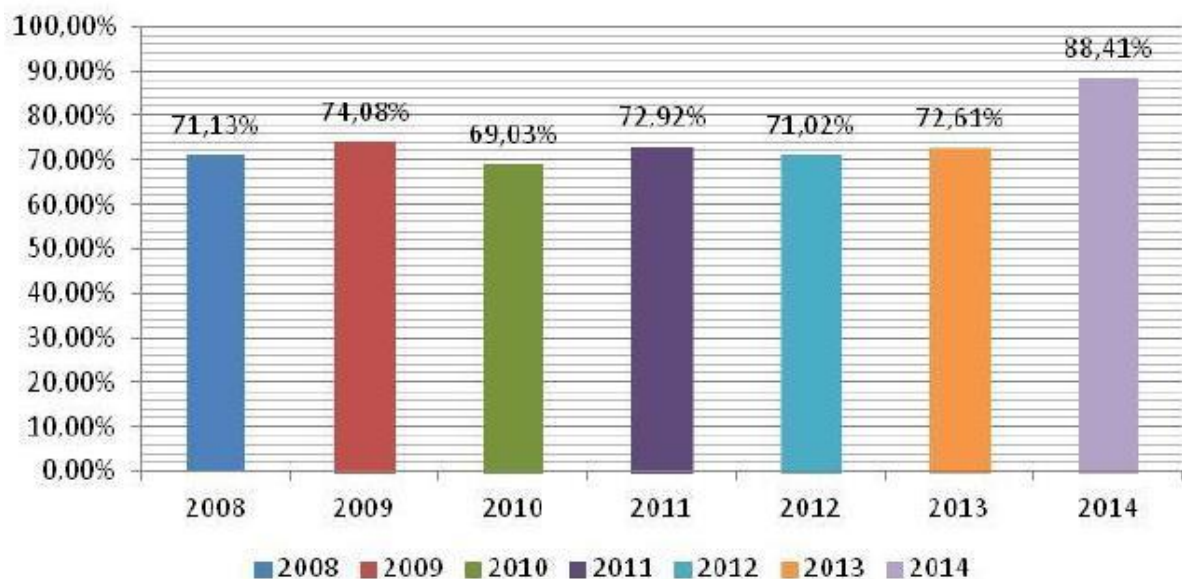


Figura 4.21: Fator médio de confiabilidade para PR's com RCM.

Fonte: Silva *et al* (2015)

Na Figura 4.20 e Figura 4.21 observa-se, como era esperada, uma grande melhora na confiabilidade das PR's. com RCM. Por estes resultados, percebe-se que, em 2014, todos os critérios analisados são melhores (exceto o MTTR dos anos de 2008 e 2009, que se mostram melhores, porém acredita-se que, devido aos efeitos da grande crise mundial do setor siderúrgico de 2008/2009 houve um cadastramento menor dos valores nessa época), comprovando a melhora de manutenção da equipe e a eficácia das intervenções preventivas com os preceitos de RCM, observando-se que o fator médio de confiabilidade comprova isto de maneira incontestável.

De maneira a avaliar as PR's que mantiveram as sistêmicas de manutenção antigas, foi definido um grupo de 5 PR's tão críticas para o processo como as outras avaliadas com RCM. As Figura 4.22, Figura 4.23 e Figura 4.24 apresentam os resultados obtidos para PR's com sistêmicas de manutenção antigas, no mesmo período analisado nas PR's com RCM.

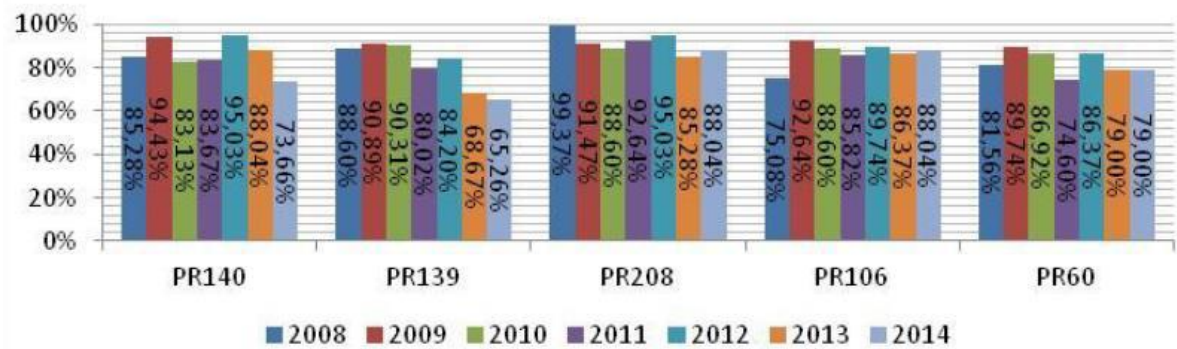


Figura 4.22: Fator de confiabilidade para PR's com sistêmicas de manutenção antigas.

Fonte: Silva *et al* (2015)

Observa-se na Figura 4.22 como a confiabilidade da maioria das PR's com sistêmicas antigas de manutenção mantêm um patamar inferior a cada ano.

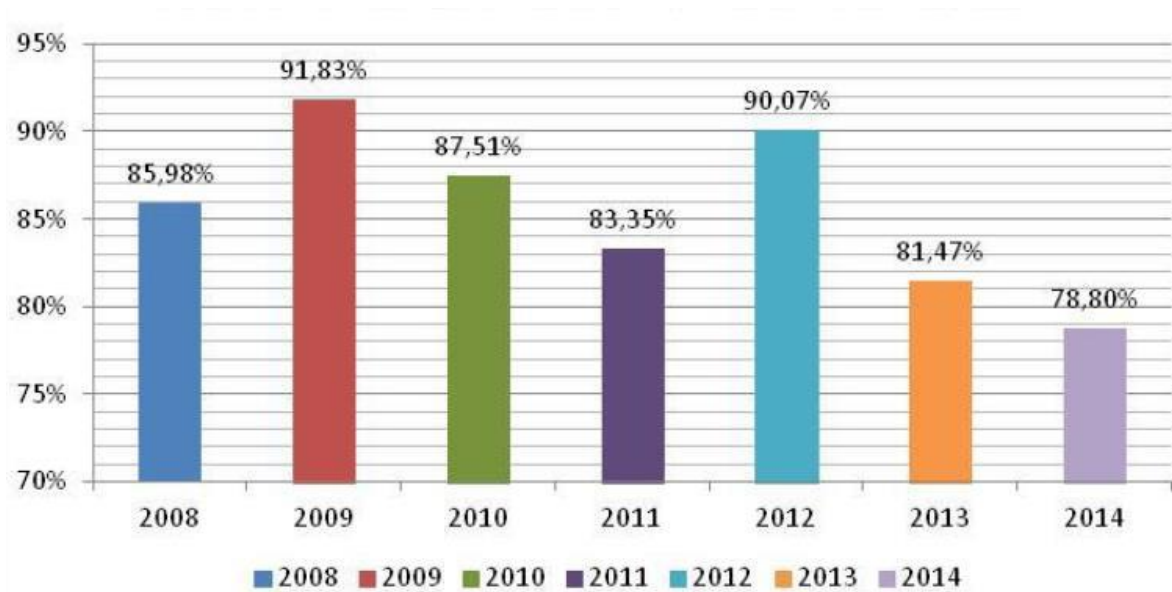


Figura 4.23: Fator médio de confiabilidade para PR's com sistêmicas de manutenção antigas.

Fonte: Silva *et al* (2015)

Pela Figura 4.23, observa-se claramente o baixo índice de confiabilidade destas PR's.

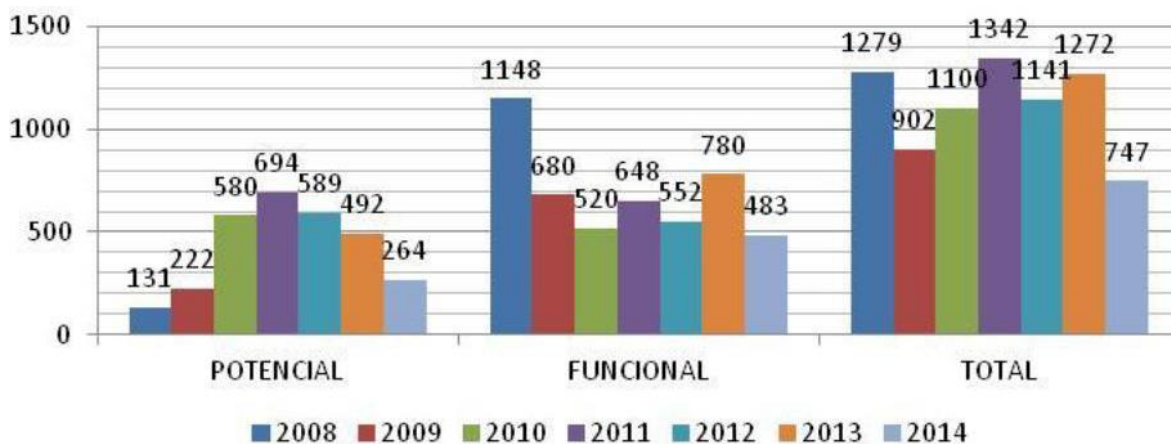


Figura 4.24: Total de falhas potenciais + funcionais para PR's com sistêmicas de manutenção antigas.

Fonte: Silva *et al* (2015)

Observam-se na Figura 4.24, resultados muito ruins, pois, além de terem um fator médio de confiabilidade inconstante, apresentam um número total de falhas maior que as PR's com RCM para o mesmo período avaliado.

Portanto, os resultados mostram que a confiabilidade do conjunto de Pontes Rolantes da Laminação de Longos da planta de Ouro Branco, que foram submetidas aos preceitos de manutenção confeccionados conforme as metodologias RCM, HAL e PAS 55, apresentaram um valor 21,7% melhor do que o resultado para o mesmo período de 2013, ou 19,34% melhor do que o melhor resultado anterior, ano de 2009.

Dessa maneira, como os resultados do grupo de PR's com sistêmicas de manutenção antigas foram piores, pode-se deduzir que a implantação de um programa de manutenção preventiva com os preceitos normativos das metodologias de Manutenção Centrada na Confiabilidade e da Gestão de Ativos Físicos gera importantes ganhos de confiabilidade e disponibilidade física nos ativos que são aplicados.

4.2.4 Resultados Caso 4

Depois de apresentados os objetivos buscados pela empresa e a metodologia de avaliação no Capítulo 4.1.4, Marco *et al* (2015) começa a estabelecer os indicadores de manutenção para a GA, fixando a ideia de ser necessário conhecer os fluxogramas dos sistemas e agrupar os equipamentos e componentes em trechos funcionais, dentro do período de um ciclo da usina para cada um dos trechos. Cada ciclo corresponde ao período de sincronismo entre um carregamento e outro.

Os trechos funcionais do Sistema de Refrigeração do Poço de Elementos Combustíveis (FAK) foram avaliados através dos critérios de performance dos ciclos. Observa-se na Tabela 4.6 o resultado da avaliação.

Tabela 4.6: Avaliação dos Trechos Funcionais do Sistema FAK.

Cr�terios de Performance						
<i>Confiabilidade < 2 Falhas Funcionais / Ciclo</i>						
<i>Indisponibilidade < 5% / Ciclo</i>						
Trecho	Avalia�o	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7
FAK-2-T001	Falha Funcional	0	0	0	0	0
	Indisponibilidade	13,7990%	0,1426%	0,3292%	0,7049%	0,5505%
	Classifica�o	(a1)	(a2)	(a2)	(a2)	(a2)
FAK-2-T002	Falha Funcional	1	0	0	0	0
	Indisponibilidade	10,1017%	0,0000%	3,6236%	0,0424%	0,1625%
	Classifica�o	(a1)	(a2)	(a2)	(a2)	(a2)
FAK-2-T003	Falha Funcional	0	0	0	0	0
	Indisponibilidade	0,0702%	0,3521%	0,0917%	2,4950%	0,0000%
	Classifica�o	(a2)	(a2)	(a2)	(a2)	(a2)

Fonte: Marco *et al* (2015)

Os trechos FAK-2-T001 e FAK-2-T002 foram classificados no Requisito (a1), logo sinalizados pela cor vermelha, durante o ciclo 3.

No trecho FAK-2-T001, o tempo de indisponibilidade apresentado no ciclo 3 foi extrapolado devido   falha ocasionada por manuten o desnecessária na bomba FAK10AP001, que não apresentava nenhuma tendência de falha e ao ser revisada, foi observado um ruído anormal no mancal durante o teste pós-manuten o, a bomba foi novamente desmontada e seus rolamentos substituídos. Verificou-se que a bomba se encontrava no período de mortalidade infantil e esta foi colocada na rota de monitora es preditivas e são terá interven es intrusivas quando se observar alguma tendência de falha.

Para o trecho FAK-2-T002, o tempo de indisponibilidade apresentado no ciclo 3 da bomba FAK20AP001 foi extrapolado devido   ocorrência de eleva o de temperatura do mancal, ocasionada pela ventila o deficiente da bomba. Um sistema de ventila o forçada na bomba foi projetado e a eleva o de temperatura do mancal não se repetiu.

Foi realizada então a análise de dados de vida do Sistema de Amostragem de Material Nuclear (KUA), composto por 7 trechos funcionais. Observa-se na Tabela 4.7 que a análise do trecho KUA-2-T001, que monitora a concentra o de boro no circuito primário, obteve desempenho inaceitável em alguns ciclos.

Tabela 4.7: Avaliações de Desempenho do Trecho KUA-2-T001.

Cr�terios de Performance											
<i>Confiabilidade < 3 Falhas Funcionais / Ciclo</i>											
Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Falhas Funcioanais	1	1	4	3	4	4	2	4	1	0	0
Classifica�o	(a2)	(a2)	(a1)	(a1)	(a1)	(a1)	(a2)	(a1)	(a2)	(a2)	(a2)

Fonte: Marco *et al* (2015)

As várias falhas funcionais no trecho KUA-2-T001 foram identificadas devido a falhas nas leituras ocorridas no medidor KUA15CQ001.

Com os dados de falhas registrados nos históricos de manuten o do medidor KUA15CQ001, foram plotadas curvas das distribui es das falhas e de confiabilidade X tempo que permitiu a obten o dos parâmetros de confiabilidade necessários para as análises dos dados de vida do equipamento e determina o das tarefas preventivas e periodicidades necessárias para mitiga o das falhas.

A curva da distribui o das falhas indicou que o instrumento está no período de mortalidade infantil e possui um acúmulo de massa gelatinosa nas tubula es de dreno do instrumento, formada nas rea es químicas inerentes ao processo de titula o das amostras, que levam a sua degrada o e contaminam a amostra de líquido coletada no circuito primário, fazendo com que leituras erradas dos valores de concentra o de ácido bórico sejam efetuadas e provoquem a falha funcional do Trecho KUA-2-T001.

A curva de confiabilidade x tempo que mostrou baixa confiabilidade do instrumento e o baixo valor do MTTF, comprovaram a ineficiência dos métodos de limpezas utilizados para a remo o do resíduo gelatinoso das tubula es de dreno nos ciclos 3 a 8.

No entanto, as limpezas executadas com água pressurizada nos ciclos 9 a 11 foram eficazes na remo o da massa gelatinosa das tubula es de dreno e evitaram as ocorrências de falhas funcionais no Trecho KUA-2-T001.

Dessa forma, foi evidenciada a necessidade de inclusão de tarefas de limpezas anuais das tubula es de drenos para a mitiga o das obstru es e das conseqüentes leituras err neas de concentra o de boro no programa de manuten o preventiva.

Observam-se na Tabela 4.8 os modos de falhas no medidor KUA15CQ001, que ocasionaram as falhas funcionais no trecho KUA-2-T001, estes são classificados pela avalia o da falha e matriz de risco para cada causa da falha.

Tabela 4.8: Modos de Falha X Risco.

Falha Funcional	Modo de Falha	Efeito	Causa da Falha	NPR	Risco
Erro de leitura no instrumento KUA15CQ001	Aumento da leitura de concentração de boro de: 20ppm para: 170ppm	Agitador não gira para tornar a mistura homogênea	Rompimento do eixo flexível que liga o motor ao agitador	40	Alto Risco
Erro de leitura no instrumento KUA15CQ001	Funcionamento deficiente da válvula de dreno	Presença de resíduo gelatinoso nas conexões, tubulações e válvula de dreno	Limpeza deficiente nas tubulações de dreno com DN10 e várias curvas de 90°	100	Alto Risco

Fonte: Marco *et al* (2015)

Por fim, o perfil de risco de Angra 2 é definido a partir das árvores de eventos modeladas pela Análise Probabilística de Segurança, alterado sempre que a configuração da usina muda pelas ocorrências de falhas ou indisponibilidades dos equipamentos. Ressalta-se que as ordens de serviço para execução das manutenções corretivas e/ou preventivas somente são liberadas se o monitor de risco indicar a condição verde.

Com os indicadores apresentados para otimização do programa de manutenção, baseado na confiabilidade e disponibilidade dos sistemas e componentes, as revisões gerais dos sistemas significativos para o risco foram reduzidas, gerando uma economia de €1.300.000,00/ciclo sem comprometer a confiabilidade e a disponibilidade da planta.

Além disso, o programa reduziu a geração de peças metálicas contaminadas radiologicamente, reduziu a exposição radiológica do pessoal da manutenção durante as atividades de manutenção e reduziu os custos administrativos para a estocagem dos rejeitos radioativos.

4.3 Contribuição da Gestão de Ativos Físicos

A partir dos resultados obtidos, são apresentadas, com o uso do instrumento para coleta de dados desenvolvido e observado no Capítulo 3.4, as contribuições da GA em cada uma das empresas analisadas através da Tabela 4.9.

Tabela 4.9: Contribuição da GA nos casos estudados de acordo com seus indicadores.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
Disponibilidade Física	AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO
Confiabilidade	AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO
OEE/Desempenho	AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO
MTTF ¹	AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO	X
Nº de Falhas	X	X	REDUÇÃO	REDUÇÃO
MTTR ²	X	X	REDUÇÃO	X
Custos Operacionais	REDUÇÃO	X	X	REDUÇÃO
Riscos Operacionais	REDUÇÃO	X	X	REDUÇÃO

¹ Tempo Médio para a Falha.

² Tempo Médio para o Reparo.

Fonte: Pesquisa Direta (2017)

Observa-se na Tabela 4.9 que, ao se implantar os fundamentos das normas de gestão de ativos, os principais indicadores de grande importância e atenção no processo obtiveram melhora significativa para as empresas.

Além disso, algumas melhorias puderam ser mensuradas, como no Caso 1, que obteve um aumento de 5% na média de desempenho do sistema de manutenção; redução dos acidentes com e sem perda de tempo para praticamente zero; aumento e estabilização média da DF de 20% para 68%; custos com serviços terceirizados cinco vezes menor. No Caso 3, obteve-se uma melhora de 21,7% na confiabilidade do sistema, quando comparado ao ano anterior. E no Caso 4 foi gerada uma economia de €1.300.000,00/ciclo devido à redução dos riscos operacionais.

Dessa maneira, fica clara a importância da implantação da gestão de ativos no cenário organizacional atual.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

Este trabalho teve o objetivo de analisar os resultados obtidos, em três empresas do setor de mineração e em uma usina de energia nuclear, com a implantação de um sistema de gestão de ativos com base nas normas NBR ISO 55000/1/2 e BSI PAS 55, para fins de responder à questão problema apresentada no primeiro capítulo.

Para isso, foi realizado um estudo teórico sobre os temas necessários para melhor compreensão das metodologias e normas apresentadas pelos autores dos estudos de caso, sendo então possível identificar as contribuições obtidas com a implantação da GA e realizar recomendações necessárias para o melhor desenvolvimento de um sistema de GA.

A partir da metodologia apresentada, foi possível responder à questão principal deste trabalho: Como o estudo e o desenvolvimento da Gestão de Ativos podem contribuir para melhoria das empresas do setor de mineração e energia nuclear?

Os estudos de caso apresentados comprovaram que um sistema de gestão de ativos implantado de acordo com os requisitos e fundamentos das normas NBR ISO 55000/1/2 e BSI PAS 55 podem contribuir para o aperfeiçoamento do desempenho da organização, além de garantir o melhor valor do ciclo de vida de um ativo, utilizando de um planejamento estratégico bem elaborado e da melhor gestão de seus ativos e de todo o negócio.

Portanto, este trabalho atingiu os objetivos aos quais se propôs, demonstrando a importância de um sistema de gestão tendo como base as normas de gestão de ativos e apresentando as contribuições, de grande importância no sucesso de uma empresa, obtidas pela implantação da GA.

5.2 Recomendações

Com base no estudo realizado, os seguintes títulos são recomendados como trabalhos futuros:

- A influência da gestão de ativos na DF e na confiabilidade dos equipamentos;
- Gestão de ativos, planejamento e implantação no setor de mineração;
- Implantação da norma NBR ISO 55000 para o departamento de transporte de uma empresa do setor de mineração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, J. S. - **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças.** Tese de Mestrado, USP. São Carlos, 2006.

ABRAMAN. Documento nacional. Curitiba, PR: Congresso Nacional 2011. Disco 1.

ANDRADE, Fábio Felipe de. **O método de melhorias PDCA.** Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP, 2003.

ALMEIDA, Márcio Tadeu de. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade.** Itajubá, 2008. Disponível em <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 13 de junho de 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: Sistema de gestão da qualidade – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55000: Gestão de Ativos: Visão geral, princípios e terminologia.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55001: Gestão de Ativos: Sistemas de gestão – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55002: Gestão de Ativos: Sistemas de gestão – Diretrizes para a aplicação da ABNT NBR ISO 55001.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BESCHERER, F. **Established Life Cycle Concepts in the Business Environment – Introduction and terminology.** Laboratory of Industrial Management Report Series, Helsinki University, 2005.

BROWN, Robert J., YANUCK, Rudolph R. **Introduction to Life Cycle Costing.** The Fairmont Press, Inc. e Prentice-Hall, Inc.- USA, 1985.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** 8. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2004.

CHRYSLER LLC; FORD MOTOR COMPANY; GENERAL MOTORS CORPORATION. **Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA).** Manual de Referência Quarta Edição. jun. 2008.

DEMING, William Edward. **Qualidade: a revolução da administração.** Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

FALCONI, V. **O verdadeiro poder**. Nova Lima: INDG, 2009.

FECHA, J. F. F. **Aplicação da PAS 55 ao departamento de operação e manutenção da operadora de rede elétrica de distribuição**. Dissertação – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.

FERREIRA, Livia L. **Implementação da Central de ativos para o melhor desempenho do setor de manutenção: Um Estudo de Caso Votorantim Metais**. Juiz de Fora, 2009. Disponível em <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2009_1_Livia.pdf> Acesso em 15 de março de 2017.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FUENTES, Fernando Félix Espinosa. **Metodologia para Inovação da Gestão de Manutenção Industrial**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed, São Paulo. Atlas, 2002.

GFAMAM – Global Forum On Maintenance & Asset Management. **The Asset Management Landscape**. 2ª edition, 2014.

GRESSLER, Lori Alice. **Introdução à Pesquisa: projetos e relatórios**. 2ª ed. São Paulo. Loyola, 2004.

INSTITUTE OF ASSET MANAGEMENT. **BSI PAS 55: Asset Management System**. Grã-Bretanha, 2008.

KARDEC, A.; FLORES, J.; SEIXAS, E. **Gestão Estratégica e Indicadores de Desempenho**. Manutenção Coleção. RJ: Qualitymark, 2001.

KARDEC, A., NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. Ed. Qualitymark, 2001.

KARDEC, A., NASCIF, J., LAFRAIA, J. R., ESMERALDO, J. **Gestão de Ativos**. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2014.

LAFRAIA, João Ricardo B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MENEZES, Uíara Gonçalves De; GOMES, Clandia Maffini; BARBIERI, Luciana Aparecida; KNEIPP, Jordana Marques. **Gestão da inovação para o desenvolvimento sustentável: comportamento e reflexões sobre a indústria química**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/973/97321709006.pdf>>. Acesso em 30 de setembro de 2016.

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Taubaté, 2004. Disponível em: <http://www.ppga.com.br/mestrado/2003/moraes-paulo_henrique_de_almeida.pdf>. Acesso em 23 de novembro de 2016.

MOUBRAY, John. **Manutenção centrada em confiabilidade**. 2ª ed. São Paulo. Aladon Ltda, 2000.

NASCIF, Júlio. **Manutenção Classe Mundial**. Tecém – Tecnologia Empresarial, 2011. Disponível em: <http://tecem.com.br/site/downloads/artigos/TECEM_Melhoria-da-Performamce-na-manutencao.pdf>. Acesso em : 13 de junho de 2016.

NICOLAY, Marcio. **Gestão eficaz de ativos PAS 55 / Série ISO 55000**. 2015. Disponível em: <[http://www02.abb.com/global/brabb/brabb155.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/4269a0ca162a77fe83257ebb005f36b8/\\$FILE/Palestra+ISO+55000_APW-BR_2015.pdf](http://www02.abb.com/global/brabb/brabb155.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/4269a0ca162a77fe83257ebb005f36b8/$FILE/Palestra+ISO+55000_APW-BR_2015.pdf)>. Acesso em 18 de maio de 2016.

NIQUELE, Jamur. **Avaliação do desempenho da gestão de ativos após a suspensão do programa de manutenção autônoma em uma indústria de cartões de pvc**. Monografia de Especialização pela UTFPR – Curitiba, 2012.

NUNES, E.L.; SOUZA, J.R.R. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) – Ênfase para Falhas Ocultas**. XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE. Campinas – SP, 2001.

OGATA, C. H.; ZENIGISELLE, C.; TERÇARIOL, G. C. **Análise de indicadores estruturais para implantação da TPM**. Curitiba, 2003. Disponível em: <http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/engenharia/tcc/monografia_tpm_2003.pdf>. Acesso em: 19 de março de 2017.

OUERTANI, M. Z.; PARLINKAD, A. K.; MCFARLANE, D. **Asset information management: Research challenges**. Institute of Electricity and Electrical Engineering Computer Society. Marrakech, Morocco. 2008

PINTO, Alan Kardec e XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

SEIXAS, Eduardo. **Confiabilidade aplicada na Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualytek, 2002.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ª ed. Florianópolis: LED/UFSC, 2005.

SOUZA, Valdir Cardoso. **Organização e Gerência da Manutenção – Planejamento, Programação e Controle da Manutenção**. 3ª ed., revisada. São Paulo: All Print, 2009.

XAVIER, J. N.; PINTO, A. K. **Manutenção: Função Estratégica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2003.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial. 1998.