

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA – ÊNFASE ELETROTÉCNICA

NICOLAS MACIEL SOARES
WANDERLEY ANTONIO FAUSTINO JUNIOR

AUDITORIA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PROATIVA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

NICOLAS MACIEL SOARES
WANDERLEY ANTONIO FAUSTINO JUNIOR

AUDITORIA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO PROATIVA

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho De Conclusão De Curso 2, do Curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica –DAELT- da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA

2014

Nicolas Maciel Soares
Wanderley Antonio Faustino Junior

Auditoria do processo de manutenção proativa

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 25 de Fevereiro de 2014.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemarle Gehrke Castagna, MSc.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Marcelo Rodrigues, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Álvaro Augusto de Almeida, Especialista.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ednilson Soares Maciel, Especialista.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Rodrigues, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por Ele nos dar forças e por ter nos inspirado para concluir essa etapa em nossas vidas.

Aos nossos pais e restantes familiares, agradecemos de forma muito especial porque sem eles, nós nunca teríamos passado por esta experiência ao longo destes cinco anos.

Ao nosso orientador, o Professor Marcelo Rodrigues, pela motivação, pelo empenho, pela dedicação e confiança que depositou em nós, por considerar que somos capazes de vencer os desafios propostos ao longo desta dissertação.

A todos os nossos amigos que de forma indireta nos apoiaram e ajudaram na motivação para a realização deste trabalho.

RESUMO

SOARES, Nicolas; FAUSTINO, Wanderley. Ferramenta de auditoria para o segundo estágio da pirâmide estrutural da gestão de ativos. 2014. 99 f. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Requisito de graduação em Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2014.

Este trabalho apresenta uma proposta de auditoria que possibilite departamentos de manutenção de indústrias de médio e grande porte alinhar suas práticas de gestão de ativos a nova PAS 55-1 (2008). Discute os conceitos da gestão de ativos com enfoque nos princípios que formam o segundo estágio da pirâmide SGM, manutenção proativa, bem como sua relação com o trabalho realizado pela equipe de manutenção. Propõe uma ferramenta desenvolvida em Excel para auxiliar na identificação de pontos desalinhados com a PAS 55-1 (2008). A ferramenta desenvolvida foi utilizada em uma auditoria que consiste na aplicação de questões elaboradas sobre os conceitos da manutenção proativa com base na literatura pertinente ao tema. Complementado por uma pesquisa de campo, o estudo verificou, por meio da aplicação de questionários, como está o alinhamento da equipe de manutenção desde o gerente, supervisor até o mantenedor com relação ao que é proposto na pirâmide SGM e a PAS 55-1 (2008). Traz como resultado do estudo um gráfico radar mostrando a visão de cada membro da equipe com relação à gestão ativos relativa ao segundo estágio da pirâmide SGM, manutenção proativa.

Palavras-Chave: Gestão de Ativos. Pirâmide SGM. Auditoria. Departamento de Manutenção. PAS 55-1 (2008).

ABSTRACT

SOARES, Nicolas; FAUSTINO, Wanderley. Audit Tool for the second stage of the structural pyramid of asset management. 2014. 99 f. Completion of course Work (Electrical Engineering) - Requirement Degree in Electrical Engineer of the Academic Department of Electrical (DAELT) Federal Technological University of Paraná (UTFPR). Curitiba, 2014.

This paper presents a proposal of auditing that allows maintenance departments of medium and large scale industries align their asset management practices to the new PAS 55-1 (2008). Discusses the concepts of asset management with a focus on the principles that form the second stage of the pyramid SGM, proactive maintenance, as well as their relation to the work done by maintenance staff. Proposes a tool developed in Excel to assist in the identification of misaligned points with the PAS 55-1 (2008). The tool developed was used in an auditing that consists of applying prepared questions about the concepts of proactive maintenance based on the pertinent literature to the topic. Complemented by field research, the study verified, by means the use of questionnaires, how is the alignment of the maintenance team since the manager, the supervisor until the maintainer about what is proposed in the pyramid SGM and the PAS 55-1 (2008). Brings as a result of the study a radar graph showing the view of each member of staff in relation to asset management for the second stage of the pyramid SGM, proactive maintenance.

Keywords: Asset Management. Pyramid SGM. Auditing. Maintenance Department. PAS 55-1 (2008).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pirâmide SGM	16
Figura 2: Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa	20
Figura 3: Resultados X Tipos de Manutenção	25
Figura 4: Passos da auditoria	29
Figura 5: Imagem Termográfica de motor trifásico de 25 cv com três semanas de uso	34
Figura 6: Imagem Termográfica de motor trifásico de 25 cv com seis meses de uso.....	35
Figura 7: Imagem Termográfica de um transformador monofásico com falta de aperto na conexão	35
Figura 8: Espectro de frequências naturais de uma máquina rotativa	37
Figura 9: Espectro de vibração (Rolamento novo)	38
Figura 10: Espectro de vibração (Rolamento com defeito).....	38
Figura 11: Rolamento com defeito	39
Figura 12: Vibrômetro sendo utilizado em uma bomba de selo mecânico.....	40
Figura 13: Matriz de treinamento de funcionários	41
Figura 14: Fluxograma de Informações para o relato de falhas	44
Figura 15: Relação entre o Esforço e a resistência	47
Figura 16: Ciclo vicioso das falhas.....	48
Figura 17: Gráfico de Pareto.....	50
Figura 18: Diagrama de Causa e Efeito	51
Figura 19: Exemplo do método dos Por quês	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultado da entrevista com o Manutentor.....	75
Gráfico 2: Resultado da entrevista com o Supervisor.....	82
Gráfico 3: Resultado da entrevista com o Gerente.....	90
Gráfico 4: Resultado global da entrevista.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Técnicas Preditivas e suas aplicações	32
Tabela 2: Opções de respostas para o questionário	57
Tabela 3: Nível de relevância das perguntas	57
Tabela 4: Critério para atribuição dos pontos.....	58
Tabela 5: Perguntas sobre o tópico inspeção preditiva	60
Tabela 6: Perguntas sobre o tópico de desenvolvimento das habilidades técnicas.....	61
Tabela 7: Perguntas sobre o tópico de integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva)	62
Tabela 8: Perguntas sobre o tópico de análise sistêmica das funções (modos de falha)	64
Tabela 9: Perguntas sobre o tópico de manutenção proativa.....	65
Tabela 10: Perguntas sobre o tópico de análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas).....	66
Tabela 11: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de inspeção preditiva	69
Tabela 12: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de desenvolvimento das habilidades técnicas	70
Tabela 13: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva).....	71
Tabela 14: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de Análise sistêmica das funções (modos de falha).....	72
Tabela 15: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de manutenção proativa.....	73
Tabela 16: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de Análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas).....	75
Tabela 17: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de Inspeção Preditiva	76
Tabela 18: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de desenvolvimento das habilidades técnicas	77
Tabela 19: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva).....	78
Tabela 20: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de Análise Sistêmica das funções (modos de falha)	79
Tabela 21: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de Manutenção proativa	80
Tabela 22: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)	82
Tabela 23: Entrevista com Gerente sobre o tópico de Inspeção Preditiva.....	83

Tabela 24: Entrevista com Gerente sobre o tópico de Desenvolvimento das habilidades técnicas	84
Tabela 25: Entrevista com Gerente sobre o tópico de Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva)	85
Tabela 26: : Entrevista com Gerente sobre o tópico de análise sistêmica das funções (modos de falha)	86
Tabela 27: : Entrevista com Gerente sobre o tópico de manutenção proativa.....	87
Tabela 28: Entrevista com o Gerente sobre o tópico de análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)	89
Tabela 29: Resultado final da entrevista sobre todos os tópicos do nível dois da pirâmide SGM	90

LISTA DE SIGLAS

BS	<i>British Standards</i>
CCV	Custo Ciclo de Vida
EPC	Equipamentos de Proteção Coletiva
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MCC	Manutenção Centrada em confiabilidade
MPT	Manutenção Produtiva Total
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Management</i>
PAS	<i>Publicly Available Specification</i>
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
RH	Recursos Humanos
SGM	Sistema de Gestão de Manutenção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA	16
1.2	PROBLEMA E PREMISSAS	17
1.3	OBJETIVOS	18
1.3.1	OBJETIVO GERAL	18
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	GESTÃO DE ATIVOS E A NOVA PAS 55	23
2.2	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	24
2.3	PIRÂMIDE SGM	26
2.4	AUDITORIA	27
3	SUBDIVISÕES DO NÍVEL 2 DA PIRAMIDE SGM	30
3.1	INSPEÇÃO PREDITIVA	30
3.1.1	TÉCNICAS PREDITIVAS	31
3.1.1.1	ANÁLISE DE TEMPERATURA	33
3.1.1.2	ANÁLISE DE VIBRAÇÃO	36
3.2	DESENVOLVIMENTO DAS HABILIDADES TÉCNICAS	40
3.3	INTEGRAÇÃO DAS TAREFAS PROGRAMADAS, PREVENTIVAS E TROCAS SOB CONDIÇÃO	42

3.4	ANÁLISE SISTÊMICA DAS FUNÇÕES (MODOS DE FALHA)	43
3.4.1	TIPOS DE FALHAS	45
3.4.2	CAUSAS DE FALHAS	46
3.4.3	TÉCNICAS PARA ANÁLISE DE FALHAS	48
3.4.4	FERRAMENTAS PARA ANÁLISE DAS FALHAS	49
3.4.4.1	GRÁFICO DE PARETO	50
3.4.4.2	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	50
3.4.4.3	MÉTODO DOS CINCO POR QUÊS	51
3.5	MANUTENÇÃO PROATIVA	52
3.6	ANÁLISE DO HISTÓRICO DE DESEMPENHO (DETERMINAÇÃO PERFIL DE PERDAS)	53
4	ESTRUTURAÇÃO DA AUDITORIA (2º ESTÁGIO DA PIRÂMIDE SGM)	56
4.1	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	56
4.2	ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	59
4.2.1	INSPEÇÃO PREDITIVA	59
4.2.2	DESENVOLVIMENTO DAS HABILIDADES TÉCNICAS	60
4.2.3	INTEGRAÇÃO DAS TAREFAS PROGRAMADAS, PREVENTIVAS E TROCAS SOB CONDIÇÃO (PREDITIVA)	61
4.2.4	ANÁLISE SISTÊMICA DAS FUNÇÕES (MODOS DE FALHA)	62
4.2.5	MANUTENÇÃO PROATIVA	64
4.2.6	ANÁLISE DO HISTÓRICO DO DESEMPENHO (DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE PERDAS)	65
5	ESTUDO DE CASO	67
6	RESULTADOS	69
6.1	ENTREVISTA COM O MANUTENTOR	69

6.2	ENTREVISTA COM SUPERVISOR.....	76
6.3	ENTREVISTA COM O GERENTE	83
6.4	VISÃO GLOBAL	90
6.5	ANÁLISE DA EMPRESA AUDITADA	93
7	CONCLUSÃO	94
7.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	95
	REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

Segundo Kardec e Nascif (2002), a partir da década de 70 acelerou-se o processo de mudança nas indústrias. A paralisação da produção era uma preocupação generalizada, pois estava diminuindo a capacidade de produção, conseqüentemente aumentou os custos e afetou a qualidade dos produtos. Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação foram se agravando pela tendência mundial de sistemas “just-in-time”, onde os estoques reduzidos para a produção em andamento resultavam em pequenas pausas na produção/entrega. Desta forma, a gestão de manutenção tem se tornado cada vez mais valorizada nas indústrias.

Com tamanha competitividade entre as empresas, acaba sendo praticamente inevitável pensar e agir estrategicamente em todas as áreas das empresas, incluindo a manutenção. Dessa forma, cada vez mais as indústrias procuram reduzir custos, tempo de produção, melhorar a segurança de trabalho e poluir de forma menos intensa a natureza.

Xenos (2004) relata que as fábricas estão se tornando cada vez mais automatizadas e complexas. Por isso, até mesmo as pequenas interrupções da produção podem causar grandes prejuízos. Estes desafios industriais colocaram a manutenção em evidência devido à ampla exigência por qualidade e maiores volumes de produção. A manutenção é indispensável à produção e pode ser considerada como a base de toda atividade industrial.

A utilização de novas tecnologias e de novos métodos de gestão se multiplica nas empresas, especialmente nas que buscam manter e ampliar sua atuação no mercado. Da mesma forma que não é possível as empresas trabalharem hoje como há 20 anos, é impraticável tratar a manutenção como era antigamente. Portanto, a empresa moderna deve ter estabelecida em suas diretrizes industriais, uma boa política de manutenção, pois dela dependem a funcionalidade, a disponibilidade e a conservação de sua estrutura produtiva, representando um incremento significativo na vida útil dos equipamentos e instalações, na segurança das pessoas e na proteção ao meio ambiente (RODRIGUES, 2010).

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Como manter a qualidade da gestão da manutenção? Uma das formas mais utilizadas é o processo de auditoria porque através dela, podem-se encontrar as falhas tanto no processo como na gestão. Para que as empresas possam se adequar à nova *Publicly Available Specification (PAS) 55-1:2008*, que entre outros assuntos, trata da gestão de ativos, é recomendado que cada empresa aplique auditorias internas para conseguir o certificado na *International Organization for Standardization (ISO)*.

Como é possível saber se o operário, o manutentor, o supervisor, o engenheiro de manutenção e o gerente de manutenção têm a mesma visão sobre a real situação da manutenção na fábrica? Para analisar essa questão, o processo de auditoria deve englobar os vários níveis hierárquicos dentro da manutenção. O desafio é unir a visão de cada um desses níveis e fazer uma análise qualitativa e quantitativa sobre o resultado. Com isso, há possibilidade de se confrontar as diferentes opiniões e buscar entender os possíveis problemas na gestão da manutenção. Por se tratar de um tema bastante amplo, é necessário que a auditoria seja bastante específica. Para delimitar o processo, a auditoria terá como base a segunda etapa da pirâmide do Sistema de Gestão de Manutenção (SGM) que está na Figura 1 e que trata da manutenção proativa.

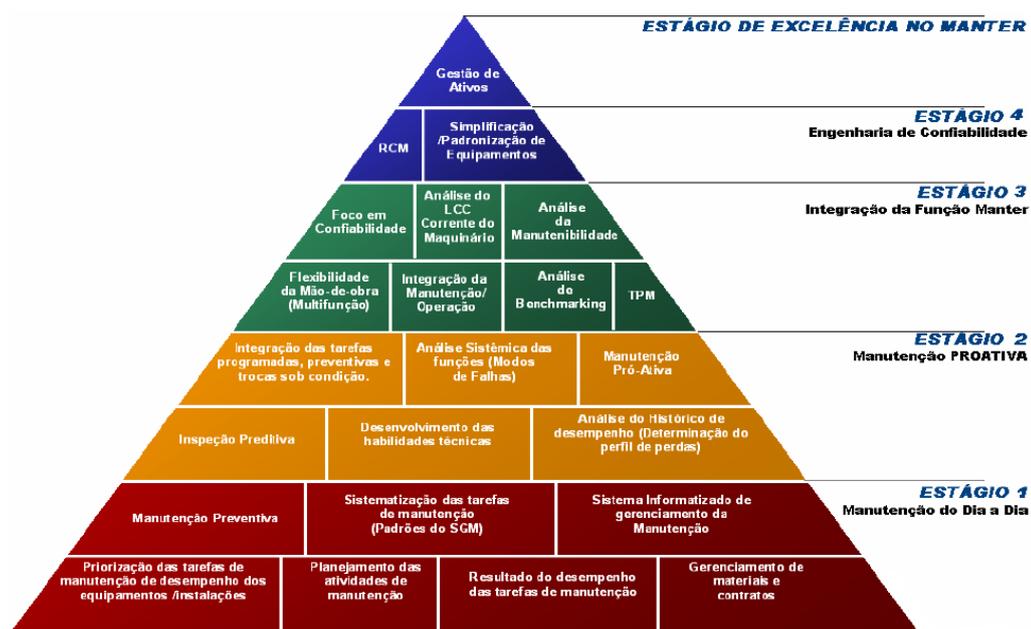


Figura 1: Pirâmide SGM
Fonte: Drumond (2004)

1.2 PROBLEMA E PREMISAS

Segundo Xenos (2004), a manutenção de equipamentos e das instalações industriais já é praticada há anos em muitas empresas brasileiras. Existem vários cursos de treinamento e literatura sobre o assunto, abordando tanto os aspectos técnicos quanto gerenciais da manutenção. Entretanto é surpreendente o fato de existir muitos profissionais da manutenção de vários níveis hierárquicos – diretores, gerentes, supervisores e técnicos – com dificuldades para identificar e classificar possíveis problemas.

O planejamento e a padronização são bases para melhorar o gerenciamento da manutenção. Entretanto, para que isso ocorra, devem-se analisar as possíveis causas para uma determinada falha a fim de reduzir ou eliminar consequências como acidentes de trabalho, poluição ambiental, defeitos nos produtos, interrupções da produção, dentre outros. De fato, adquirir o melhor conhecimento das necessidades de manutenção, proporcionará planos de ação mais eficazes e econômicos.

Diante disso, cada gerente deve enxergar a sua área de atuação como sendo uma empresa à parte. Ele deve junto com a sua equipe, definir uma visão estratégica e suas diretrizes (CAMPOS, 1992).

Com a proposta de inspeção, muitos pontos que estão presentes no departamento, mas que podem estar ocultos aos olhos de cada membro serão colocados em pauta. Sendo assim poderão ser avaliados e discutidos com o objetivo de buscar uma solução mais coerente. Diante disso, é possível ter uma multivisão, em outras palavras, uma perspectiva dos diferentes níveis hierárquicos do departamento de manutenção industrial alinhada às necessidades da produção?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Estruturar uma auditoria do segundo estágio da pirâmide estrutural da Gestão de Ativos baseado nos requisitos da PAS 55-1 (2008) e que possa verificar a situação atual do departamento de manutenção, levando em consideração uma multivisão de três níveis hierárquicos (Manutentor, Supervisor e Gerente).

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar a bibliografia sobre as melhores práticas de manutenção industrial no foco da Gestão de Ativos;
- Propor uma forma de avaliação do processo identificado em relação às melhores práticas com uma multivisão que englobará não só a visão do gerente, mas sim a do supervisor e do manutentor;
- Identificar qual o estado atual do departamento levando em consideração os requisitos da PAS 55-1 (2008);
- Desenvolver um aplicativo com base no Microsoft Excel;
- Desenvolver o processo de auditoria em uma indústria (teste de validação da ferramenta);
- Elaborar um diagnóstico do status do processo de planejamento da manutenção industrial.

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo Campos (1992), todo sistema deve garantir a qualidade total, porém praticar esse controle é eliminar a causa fundamental dos problemas nos requisitos de qualidade, custo, atendimento, moral e segurança.

De fato, buscar alternativas para aumentar a vida útil de um equipamento e se programar para uma possível falha de uma máquina, são pontos que podem manter a estabilidade da produção de uma fábrica, além de ser uma premissa ao departamento de manutenção. No entanto, para Kardec, Nascif e Baroni (2002) a visão da equipe é o fator crítico para sucesso da organização e a grande dificuldade da empresa é ter uma visão alinhada com base nas opiniões dos responsáveis pela gestão juntamente com os manutentores.

Para Xenos (2004), é necessário um estudo para certificar o gerenciamento da empresa e averiguar se a manutenção está estruturada para garantir um melhor desempenho dos equipamentos e funcionários.

A coleta de opiniões de membros do departamento é uma das ações que proporciona uma visão mais abrangente da situação real da empresa, podendo assim, ser comparada com a PAS 55-1 (2008), no que diz a respeito à busca de uma padronização no sistema de gestão de ativos. O programa de auditoria para os elementos do sistema de manutenção devem ser planejados, estabelecidos, implementados e mantidos pela organização, com base nos resultados das avaliações de riscos das atividades da organização e nos resultados das auditorias anteriores (PAS 55-1,2008).

Portanto, a manutenção industrial deve atender a norma estabelecida e auditar é sinônimo de melhoria de aspectos quanto à confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade do equipamento, evitando assim, futuras falhas que diretamente poderão afetar na lucratividade, segurança e no meio ambiente.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a execução deste trabalho, um plano de estudo será estruturado nestes seguintes passos:

- Pesquisar conceitos sobre a manutenção industrial;
- Coletar referências bibliográficas que relatam a importância de um planejamento e gerenciamento adequado;
- Apresentar uma forma de avaliação do processo de manutenção proativa;
- Detalhamento do segundo estágio da pirâmide SGM;

- Implementar um software para análise dos resultados obtidos na avaliação;
- Validação da metodologia tendo como base a fase dois da pirâmide SGM em um setor de gestão de manutenção industrial de uma fábrica.

Na Figura 2, os procedimentos metodológicos estão descritos resumidamente em um fluxograma.



Figura 2: Fluxograma dos procedimentos metodológicos da pesquisa
Fonte: Autoria própria

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será estruturado em sete capítulos, da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução

Trata-se do capítulo introdutório deste trabalho, evidenciando o tema a ser abordado, o problema objeto da análise e panorama atual da manutenção nas indústrias.

Capítulo 2 – Desenvolvimento

Este capítulo aborda itens fundamentais para a estruturação do trabalho como gestão de ativos, nova PAS-55:1 (2008), Engenharia de manutenção, pirâmide SGM e auditoria.

Capítulo 3 – Subdivisões do nível 2 da pirâmide SGM

O terceiro capítulo trata das seis ferramentas que contemplam o segundo nível da pirâmide SGM. Este capítulo servirá de referencial teórico para a estruturação da auditoria.

Capítulo 4 – Estruturação da Auditoria (2º estágio da pirâmide SGM)

O quarto capítulo abordará a estruturação da auditoria e a elaboração das perguntas. Além disso, será elaborado um programa em Excel para auxiliar na inspeção.

Capítulo 5 – Estudo de caso

Neste capítulo, serão apresentadas as características da empresa que será auditada. Também será apresentado um parecer sobre a gestão de manutenção bem como as ferramentas utilizadas como, por exemplo, a Manutenção Produtiva Total (MPT).

Capítulo 6 – Resultados

Nesse capítulo serão mostrados os resultados da auditoria feita em uma indústria produtora de cimentos de grande porte da região metropolitana de Curitiba. Também, com o auxílio de gráficos gerados pelo programa em Excel, serão mostradas as diferentes visões (manutentor, supervisor, gerente).

Capítulo 7 – Conclusão

Este capítulo final trará a análise dos resultados da auditoria feita em uma indústria ainda não definida. Pretende-se dar um parecer sobre a viabilidade de se cruzar as visões de vários níveis hierárquicos da indústria sobre os mesmos aspectos da gestão da manutenção. Também será feita uma avaliação sobre a situação da empresa auditada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GESTÃO DE ATIVOS E A NOVA PAS 55

Segundo a PAS 55-1 (2008), gestão de ativos é definida como atividades, práticas sistemáticas e coordenadas pelas quais uma organização gerencia, de forma ótima e sustentável, seus ativos e sistema de ativos, os desempenhos associados a eles, os riscos e despesas ao longo dos seus ciclos de vida.

Estratégias de gestão de ativos são exigências cada vez maiores sobre as indústrias e têm levado ao desenvolvimento de muitas abordagens para ajudar com os cuidados em todo o seu ciclo de vida. Embora, a maioria destes bons resultados alcance seus objetivos, sempre houve uma percepção de que os benefícios obtidos poderiam ser maiores ainda se uma abordagem mais holística para a gestão pudesse ser desenvolvida (MORTELARI, 2011).

A normalização da qualidade, exigida pelos mercados, obriga indiretamente as organizações a se certificarem por meio de órgãos credenciados que determinam um padrão aceitável de produtos e serviços. Esse padrão é reconhecido e permite que muitas organizações possam atuar em mercados nacionais e internacionais com um número reduzido de restrições. Não garante a participação, entretanto facilita a aceitação de produtos e serviços (SELEME, 2008).

Então, o PAS 55 foi publicado em 2004 em resposta a demanda da indústria por um padrão para gerenciamento de ativos. É aplicável a qualquer organização em que o ativo físico é um fator chave ou um fator crítico para alcançar seus objetivos de negócio. Os requisitos do PAS 55 estão rapidamente ganhando aceitação dentro das organizações como um modelo para melhores práticas dentro do campo de ciclo de vida de gerenciamento de ativos (MORTELARI, 2011).

A PAS 55 é destinada a certificar de que os ativos de uma organização são geridos de forma eficaz ao longo de toda a sua vida útil. Ao clarificar e definir o que é gestão de ativo (e o que não é), a especificação permite que as organizações estabeleçam boas práticas no desenvolvimento sustentável, para a administração de longo prazo de seus ativos (MORTELARI, 2011).

Para garantir consistência com outros padrões relacionados a sistemas de gestão e para facilitar seu alinhamento ou integração, foi considerado que a gestão de ativos deveria ser padronizada como uma especificação, com a informação na

implantação da gestão de ativos obtida dentro dos requisitos chaves (PAS 55-1, 2008).

O PAS 55:1-2008 foi baseado no formato familiar ISO *British Standards* (BS) comparável com amplos padrões adotados como BS ISO 14001 e BS *Occupational Health and Safety Management Systems* (OHSAS) 18001.

2.2 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

É a segunda quebra de paradigma na Manutenção. Praticar a Engenharia de Manutenção significa uma mudança cultural. É deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar feedback ao projeto e interferir tecnicamente nas compras (KARDEC e NASCIF, 2002).

A Figura 3 mostra os resultados e os benefícios de uma manutenção Preditiva e Detectiva e a Engenharia de Manutenção.

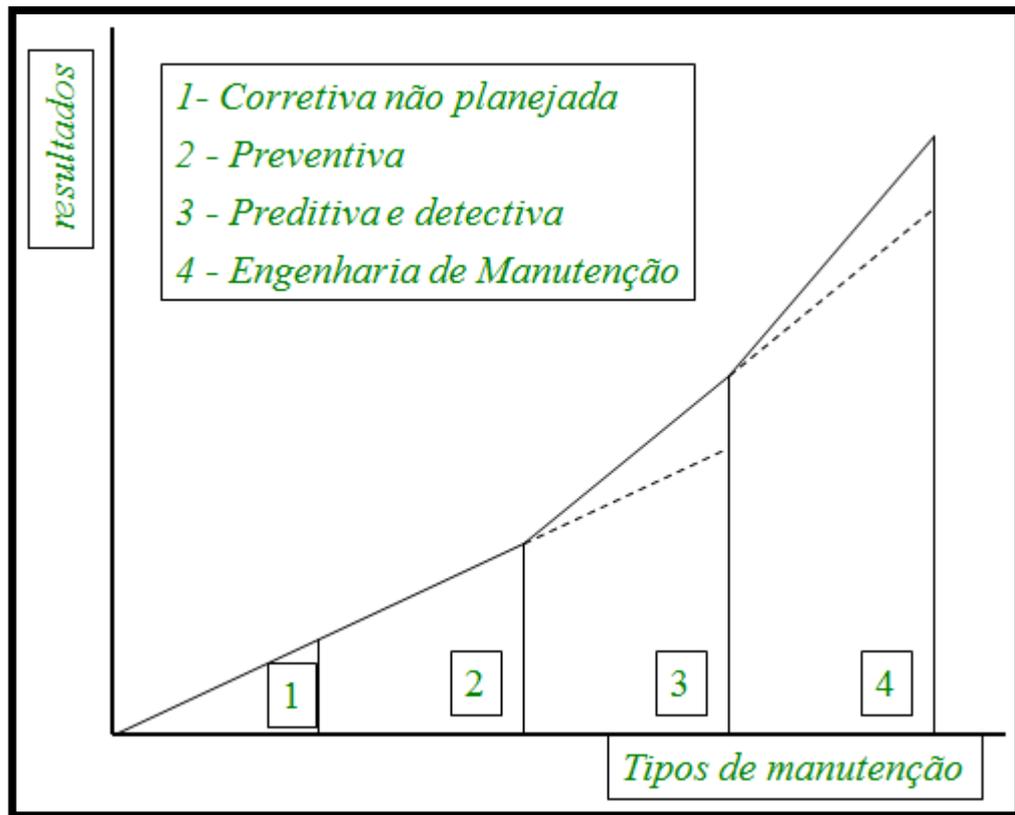


Figura 3: Resultados X Tipos de Manutenção
 Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2002 p.47)

Na Figura 3, pode-se observar que com a introdução da Manutenção Preditiva e Detectiva e da Engenharia de Manutenção houve uma evolução dos resultados obtidos apenas com a Manutenção Corretiva não Planejada e a Manutenção Preventiva. A Manutenção Preditiva possibilita investigar defeitos (ruídos e temperaturas anormais, por exemplo) nos equipamentos e com isso reduzir várias falhas. A Engenharia de Manutenção proporciona uma melhora bastante significativa, pois a manutenção passou a utilizar de recursos da engenharia para investigar falhas e defeitos e reduzir custos. Outros exemplos da Engenharia de Manutenção são: estudo de melhores fornecedores, estudos de eficiência energética (comprar equipamentos mais eficientes), realizar estudos sobre desgastes de peças para incluir em uma preventiva e fazer estudos de contratos de energia elétrica.

2.3 PIRÂMIDE SGM

A Pirâmide SGM (Figura 1) mostra uma visão atual e moderna da gestão de manutenção. A gestão de ativos tem se difundido no ambiente industrial e conforme visto no item 2.1 há a necessidade de padronizar esses novos conceitos e maneiras de gerir a manutenção.

O estágio 1 dessa pirâmide contém itens básicos e de sobrevivência de um setor da manutenção como manutenção corretiva e manutenção preventiva. É a chamada Manutenção do Dia a Dia.

O estágio 2 contempla a Manutenção Proativa que para Kardec e Nascif (2002), é uma manutenção onde se faz a intervenção com base na frequência de ocorrência da falha.

O estágio 3 da pirâmide trata da Integração da função Manter. Através de ferramentas como a MPT. Esse estágio tem a função de manter os dois primeiros estágios funcionando, além de controlar o desempenho desse sistema.

O estágio 4 trata de itens como a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) que segundo Mortelari (2011) foi desenvolvida para a aviação civil norte-americana por uma equipe da *United Airlines*. O objetivo é fornecer um suporte robusto, tanto técnico, como lógico, para o desenvolvimento de planos de gerenciamento de risco de falhas e suas consequências. Além disso, este estágio contempla a simplificação/padronização dos equipamentos, ou seja, desenvolvimento de um único fornecedor de máquinas, peças, entre outras ações que possam otimizar não só a produção, mas a manutenção dos equipamentos.

O estágio 5 da pirâmide é a própria gestão de ativos. Segundo a PAS55-1 (2008) são atividades, práticas sistemáticas e coordenadas pelas quais uma organização gerencia de forma ótima e sustentável, seus ativos e sistemas de ativos, desempenho associado a eles, os riscos e despesas ao longo dos seus ciclos de vida para o propósito de cumprir seu planejamento estratégico organizacional.

O foco do trabalho é o estágio 2, Manutenção Proativa, que através do extrato de informações do histórico dos equipamentos identifica-se a causa básica das falhas frequentes e modifica-se o projeto para reduzi-las. A manutenção proativa cria ações conectivas que objetivam as causas da falha raiz, não apenas defeitos. Seu objetivo central é prolongar a vida útil da máquina ao invés de fazer reparos desnecessários, evitando que a falha seja aceita como um evento rotineiro e normal.

Isso é feito através da substituição da manutenção de falha em crise pela manutenção de falha programada (KARDEC E NASCIF, 2002).

Os seis itens do segundo estágio da pirâmide SGM são:

- Inspeção Preditiva
- Desenvolvimento das Habilidades Técnicas;
- Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição;
- Análise Sistêmica das funções (Modos de Falhas);
- Manutenção proativa;
- Análise do Histórico de desempenho (Determinação do perfil de perdas).

2.4 AUDITORIA

A avaliação de qualquer modelo de gestão, também denominada de auditoria ou análise crítica, é a prática correspondente ao C (*Check*) do PDCA¹. A organização deve garantir que as auditorias do sistema de gestão de ativos sejam conduzidas para determinar as responsabilidades, competências e exigências para planejar e conduzir um projeto de forma adequada (DORIGO E NASCIF, 2009).

Segundo Cabral (2004) uma auditoria é uma atividade independente, documentada e sistemática efetuada no sentido de verificar, por meio de evidência objetiva, a adequabilidade e o cumprimento do estabelecido no sistema de qualidade. Existem auditorias internas e externas. As primeiras são realizadas por um auditor da empresa ou por um auditor de fora contratado para a inspeção, enquanto as externas são feitas por um auditor da entidade certificadora.

Vale ressaltar que, o objetivo de ambas é idêntico, a diferença está em que as auditorias da entidade certificadora tem influência direta na manutenção do certificado de qualidade. Porém, as auditorias internas se limitam a apontar ao responsável eventuais aspectos a corrigir ou melhorar para assegurar o

¹*Plan Do Check Act* (PDCA) é uma metodologia que tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais, tendo em vista que ele conduz a ações sistemáticas que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações (QUINQUIOLO, 2002).

cumprimento do estipulado e, conseqüentemente, reduzir a possibilidade de se verificarem irregularidades nas auditorias da entidade certificadora.

Para Almeida (2010), o auditor deve colher elementos suficientes que comprovam seu parecer. Portanto, os auditores elaboram papéis de trabalho que representam o registro de todas as evidências obtidas ao longo do serviço de auditoria. Este trabalho deve ser planejado adequadamente em busca de superar as metas propostas e com menor custo possível. Os principais objetivos a serem atingidos são os seguintes:

- Adquirir conhecimento sobre a natureza das operações, dos negócios e forma de organização da empresa;
- Planejar maior volume de horas nas auditorias preliminares;
- Obter maior cooperação dos colaboradores da empresa;
- Determinar a natureza, amplitude e datas dos testes de auditoria;
- Identificar previamente problemas relacionados com contabilidade e produção.

Na Figura 4 é possível ver de modo simplificado os passos de uma auditoria.

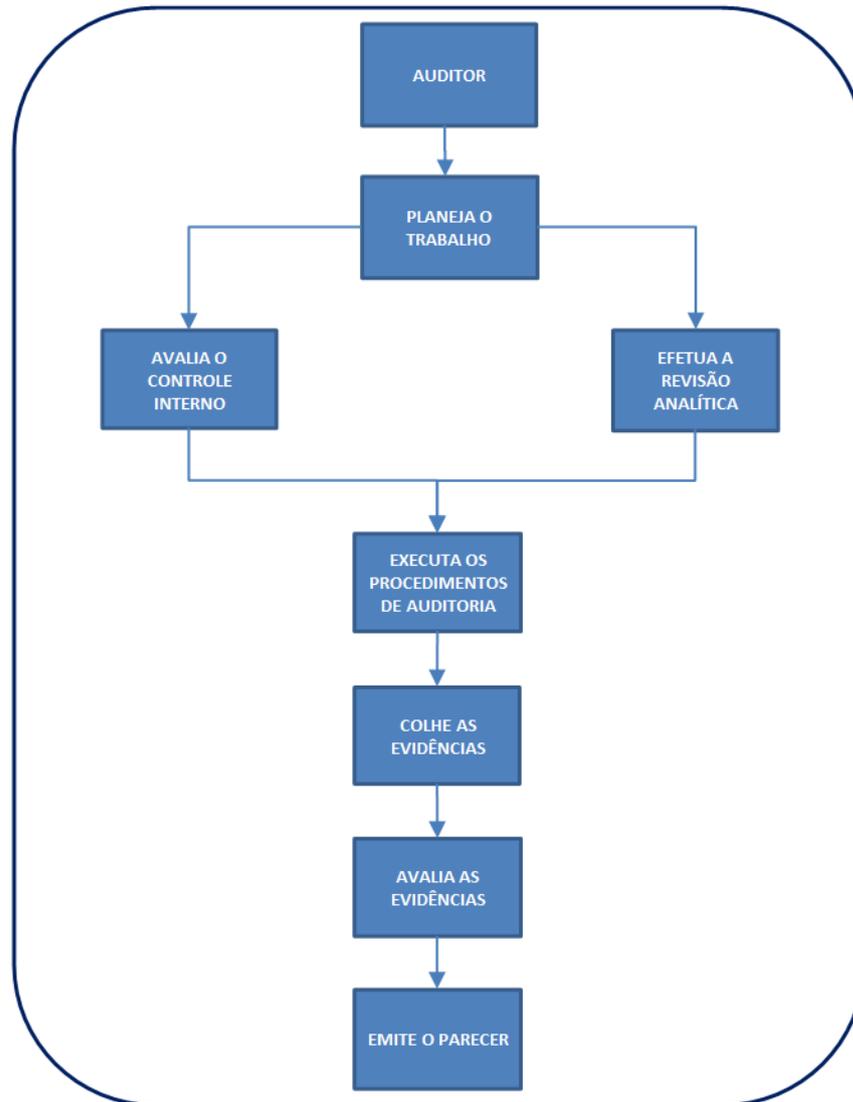


Figura 4: Passos da auditoria
Fonte: Adaptado de Almeida (2010 p.25)

Na PAS 55-1 (2008) recomenda-se que os programas de auditoria para os elementos do sistema de gestão de ativos devem ser planejados, estabelecidos, implementados e mantidos pela organização, com base nos resultados das avaliações de riscos das atividades da empresa e, também nos resultados das auditorias anteriores. Tendo em vista que o grau de complexidade da auditoria varia de empresa para empresa, pode ocorrer que determinados procedimentos relatados no programa de auditoria não sejam aplicáveis, como também pode ocorrer que o auditor tenha de adicionar outros procedimentos de avaliação, em função de circunstâncias peculiares de determinada companhia.

3 SUBDIVISÕES DO NÍVEL 2 DA PIRÂMIDE SGM

3.1 INSPEÇÃO PREDITIVA

Para Rodrigues (2010), a Manutenção Preditiva é uma forma de atuação da manutenção proativa, em que o mantenedor analisa a máquina para verificar os “sintomas” de uma possível “doença” que possa existir nela. Conhecendo a “doença”, se faz a indicação do melhor tratamento.

Em termos mais técnicos a Manutenção Preditiva é a manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (RODRIGUES, 2010).

Esse tipo de manutenção, encontrada no segundo estágio da pirâmide SGM, é uma evolução bastante significativa dos tipos de manutenção encontrados no primeiro estágio. Segundo Kardec e Nascif (2002), a Manutenção Preditiva é a primeira grande quebra de paradigma na manutenção e se intensifica quanto mais o conhecimento tecnológico desenvolve equipamentos que permitam avaliação confiável das instalações e sistemas operacionais em funcionamento.

Segundo a PAS-55:1 (2008), a organização deve estabelecer, implementar e manter processo(s) e/ou procedimento(s) para monitorar e medir o desempenho do sistema de gestão de ativos e o desempenho e/ou a condição dos ativos.

Quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção. Normalmente esse tipo de acompanhamento permite a preparação prévia do serviço como, por exemplo, compra de peças, ferramentas, programação do dia e horário com a Engenharia de Produção. Após a tomada de decisão é feita a programação da Manutenção Corretiva Planejada.

Kardec e Nascif (2002) dizem que as condições básicas de se adotar a Manutenção Preditiva são as seguintes:

- O equipamento, sistema ou instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição;
- O equipamento, sistema ou instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;

- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado.

Para Kardec e Nascif (2002) o custo do acompanhamento periódico através de instrumentos/aparelhos de medição e análise não é muito elevado e quanto maior o progresso na área de microeletrônica, maior a redução dos preços desses equipamentos. A mão de obra envolvida, dependendo da técnica empregada, pode não apresentar um gasto significativo, haja vista a possibilidade de acompanhamento, também, pelos manutentores.

Existem várias técnicas preditivas como análise de vibração, análise de óleo, análise de temperatura, análise de correntes, entre outras. Essas técnicas podem ser classificadas da seguinte forma:

- Acompanhamento ou monitoração subjetiva;
- Acompanhamento ou monitoração objetiva;
- Monitoração contínua.

Segundo Kardec e Nascif (2002), a monitoração subjetiva é a mais rudimentar. Isso porque para monitorar basta usar os sentidos do corpo humano (visão, audição, tato e olfato) desde que haja condições mínimas de segurança para a realização.

O mesmo autor define que a monitoração objetiva, mais atual, tem como base medições por meio de instrumentos especiais como medidores de vibração ou de radiação térmica, por exemplo.

A monitoração contínua, para Kardec e Nascif (2002), é também uma monitoração objetiva, pois é baseada em medições. A diferença é que essas medições são contínuas. Existe a possibilidade de colocar esses dados contínuos em sistemas modernos de supervisão. Esses sistemas alertam para um defeito como vibração acima do valor admissível, por exemplo.

3.1.1 TÉCNICAS PREDITIVAS

Na Tabela 1 é possível observar as principais técnicas preditivas e a suas principais aplicações:

Legenda: U=Usual, A=Aplicável, R=Aplicável com restrições ou dificuldades

	Caixas de engrenagem	Motores e geradores elétricos	Máq. Alternativas (compres., motores, bombas)	Sistemas Hidráulicos	Estruturas	Turbomáquinas (turbinas, compres., geradores)	Vasos de pressão, Caldeiras, Cilindros, Trocad. De calor	Transformador elétrico	Válvulas Purgadores	Bombas rotativas	Painéis Elétricos
Inspeção visual	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Ultra-som					U		U		A		
END -Emissão Acústica -Partículas Magnéticas -Eddy Current -Líquidos Penetrantes -Raios X/Gamagrafia					U			A			
Medição e análise de vibrações	U	U	R		A	U		A		U	
Testes elétricos		U						U			U
Ferrografia	U	A	U	A		U					
Termografia		A					A	U	A		U
Viscosidade	U	U	U	U						U	
TAN ou TBN			U	U				U			
Teor de água	U	U	U	U				U		U	
Insolúveis	R		R	R							
Espuma	A		A	A							
Espectrometria metais	U	A	U	A							
Espectrometria de infravermelho	A	A	U	A		A		A		A	
Contagem de partículas	R	A	A	U		U					
Óleos isolantes -Cromatografia -Perdas dielétricas -Tensão interfacial -Rigidez dielétricas -Acidez (TAN)								U			
Ensaio elétrico -Corrente -Tensão -Isolação -Índice de polaridade -Espectro corrente e tensão		U						U			U

Tabela 1: Técnicas Preditivas e suas aplicações
Fonte: Adaptado de Kardec, Nascif e Baroni (2002 p.124)

A manutenção preditiva não é absoluta e nem todos os equipamentos requerem o mesmo tratamento. Desse modo a escolha do tipo ou modalidade de

manutenção a ser aplicada a este ou aquele equipamento é puramente gerencial (KARDEC, NASCIF E BARONI, 2002).

Segundo Kardec e Nascif (2002) uma pequena bomba que rega o jardim da entrada de uma fábrica certamente terá manutenção corretiva não planejada, isto é, somente terá manutenção após a quebra. Já um redutor de um moinho de bolas em uma fábrica de cimento deverá ser contemplado no programa de Manutenção Preditiva. Existem várias técnicas preditivas, porém será descrito na sequência do trabalho duas técnicas bastante utilizadas: Análise de temperatura e Análise de Vibração.

Portanto, aplicar manutenção preditiva, na política de manutenção, não significa que todas as máquinas da fábrica devem adotar este tipo de manutenção. Faz-se necessário um estudo de quais são os equipamentos com maior relevância para a empresa (equipamentos críticos, que envolvam aspectos de: segurança, meio ambiente e produção) para que haja um uso criterioso e eficiente dos recursos financeiros da manutenção.

3.1.1.1 ANÁLISE DE TEMPERATURA

É uma técnica que usa instrumentação que possibilita visualizar e medir a energia infravermelha (calor) emitida pelos equipamentos: a detecção de anomalias térmicas – áreas mais quentes ou mais frias do que deveriam – concede localizar e identificar problemas ou alterações na instalação. O equipamento de termografia permite transformar, em tempo real, uma imagem infravermelha numa imagem visível (CABRAL, 2004).

A Temperatura é um dos parâmetros de mais fácil compreensão e o acompanhamento da sua variação permite constatar alteração na condição de equipamentos, componentes e do próprio processo. Alguns exemplos clássicos onde o acompanhamento de temperatura é primordial estão listados posteriormente (KARDEC E NASCIF, 2002):

- Temperatura de mancais em máquinas rotativas;
- Temperatura da superfície de equipamentos estacionários;
- Temperatura da superfície de equipamentos elétricos.

Existem vários métodos e equipamentos para a monitoração de temperatura. Um dos mais utilizados é a Termografia. Neste método, as medições que são realizadas por sensores que não estão em contato físico com os objetos são definidas como radiometria, e se enquadram nas técnicas de sensoriamento remoto. Uma câmera termográfica não mede temperatura ao contrário do que muitos pensam. Segundo Fluke (2013), a câmera termográfica mede radiação térmica. Pela Lei de Stefan-Boltzmann todo corpo acima da temperatura absoluta emite radiação térmica visto que não existem corpos perfeitos. Sendo assim, um corpo deverá ter três parcelas de radiação: Refletividade, Emissividade e Transmissividade. Desta forma, pode-se perceber que a análise termográfica não é uma tarefa simples e exige um conhecimento específico sobre a técnica, conceitos físicos e sobre os equipamentos e softwares de análise.

As Figuras 5,6 e 7 são exemplos de imagens termográficas:

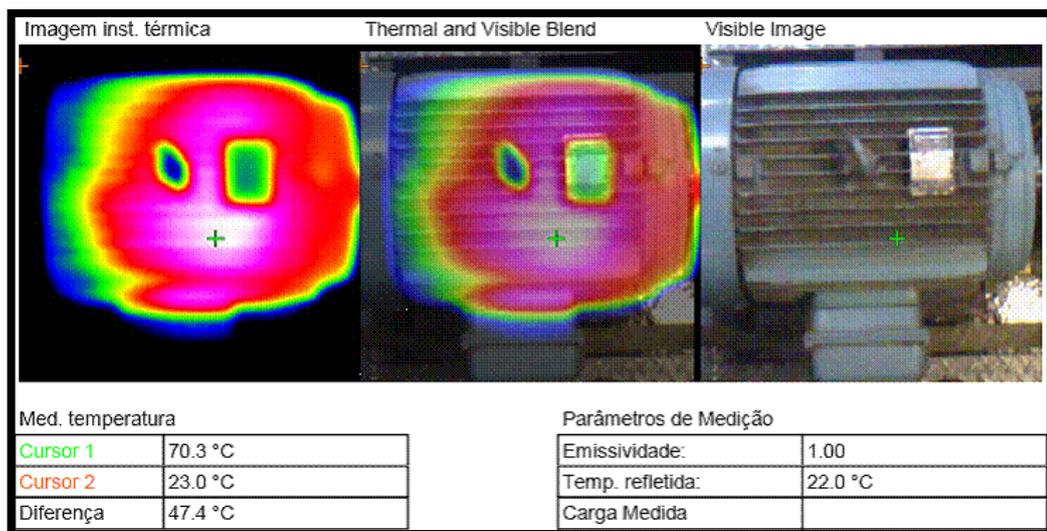


Figura 5: Imagem Termográfica de motor trifásico de 25 cv com três semanas de uso
Fonte: Autoria própria

A Figura 5 é uma imagem termográfica de um motor trifásico de 25 cv novo (com três semanas de uso). Com o passar do tempo esse espectro de cores mudará acusando algum defeito. É nesse instante que se pode fazer alguma investigação mais aprofundada no motor.

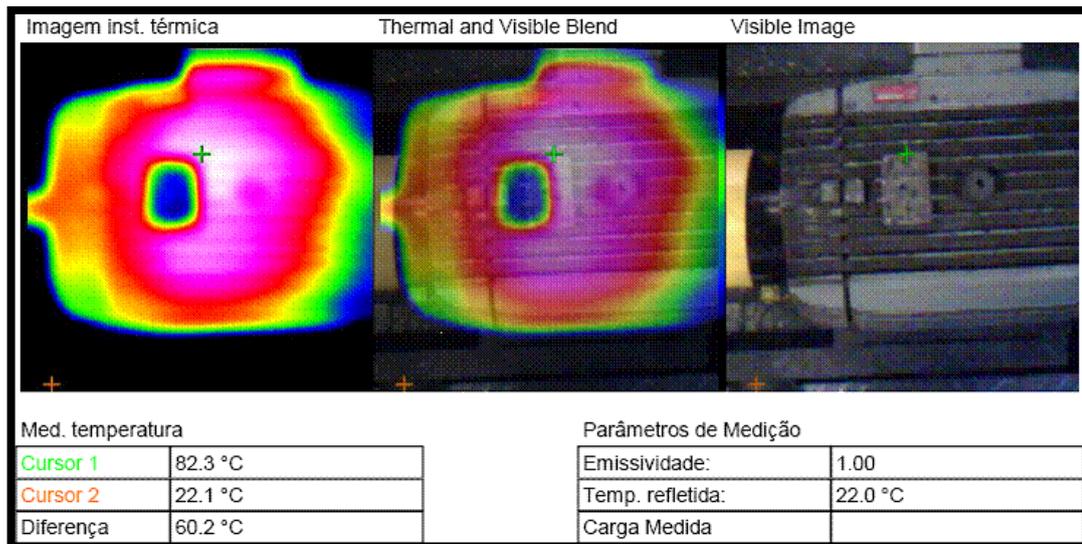


Figura 6: Imagem Termográfica de motor trifásico de 25 cv com seis meses de uso
Fonte: Autoria própria

A Figura 6 é uma imagem termográfica de um motor trifásico de 25 cv com seis meses de uso. Em comparação com a Figura 5, percebe-se uma alteração no espectro de cores e conseqüentemente na temperatura do motor (a especificação do motor da Figura 5 é a mesma do motor da Figura 6).

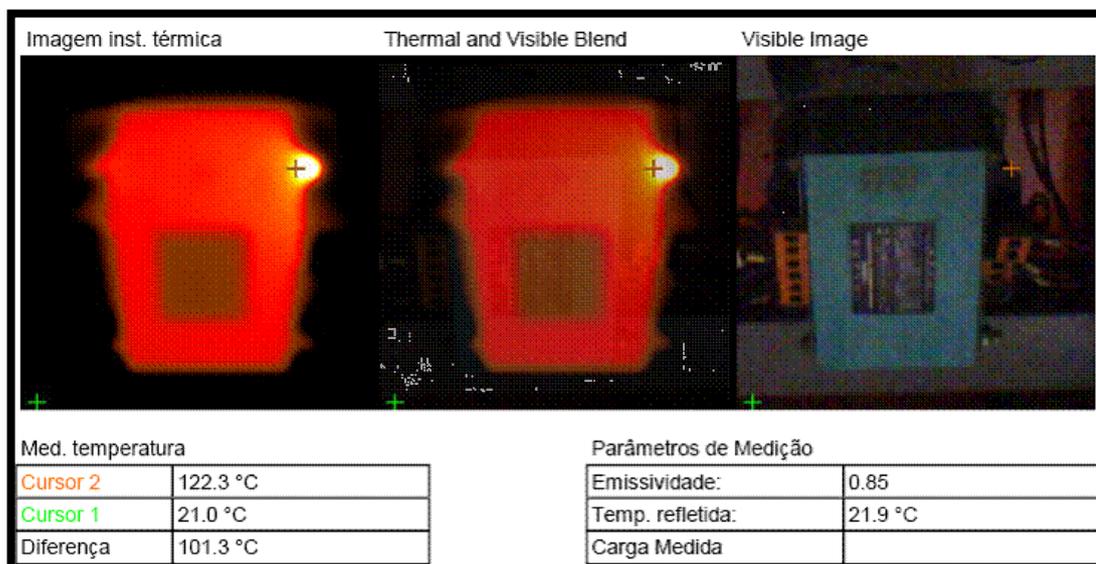


Figura 7: Imagem Termográfica de um transformador monofásico com falta de aperto na conexão
Fonte: Autoria própria

Os exemplos mostrados nas Figuras 5, 6 e 7 podem acusar defeitos que podem gerar uma ação corretiva como, por exemplo, na Figura 7. Um dos terminais do transformador monofásico de painel de comando (220/24 V) está com uma temperatura bastante elevada. Após a inspeção preditiva, ficou estabelecido que na próxima manutenção preventiva fosse feito o reaperto das conexões.

Segundo Kardec e Nascif (2002), as principais aplicações industriais da Termografia são:

- Área elétrica onde existe necessidade de verificação de componentes defeituosos ou problemas de mau contato, sem contato físico com os mesmos. Isso inclui redes de transmissão e de distribuição, painéis, barramentos, dispositivos e acessórios;
- Usinas siderúrgicas – que inclui a verificação do revestimento de altos-fornos, dutos de gás, regeneradores e carros-torpedo;
- Fábricas de Cimento – fornos rotativos, onde é pesquisada a queda de refratários;
- Área de Petróleo e Petroquímica é uma das áreas onde é maior a aplicação de termografia. Dentre as aplicações destacam-se a análise de vazamentos em válvulas de segurança, problemas com refratários em fornos e caldeiras.

3.1.1.2 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

O acompanhamento e a análise de vibração tornaram-se um dos mais importantes métodos de predição em vários tipos de indústria. A maior ênfase de acompanhamento da vibração está concentrada nos equipamentos rotativos (KARDEC E NASCIF, 2002).

No seu nível de aplicação mais elementar, as características vibratórias medidas em vários pontos do equipamento são comparadas com os valores correspondentes ao equipamento no seu estado novo e os desvios, a partir de certo nível, sugerem a presença de anomalias. A aplicação de técnicas mais evoluídas de análise de vibrações possibilita diagnosticar, de forma analítica, o componente responsável por determinada anomalia no equipamento (CABRAL, 2004).

A vibração está presente em qualquer sistema que responde a uma excitação, por exemplo: eixo de compressor, asa de avião em vôo, amortecedores, etc.

Para Kardec e Nascif (2002), os parâmetros de vibração relacionados com máquinas rotativas são usualmente expressos em termos de deslocamento,

velocidade e aceleração. Essas três grandezas representam “o quanto” o equipamento está vibrando. A frequência de vibração é a outra variável de importância na análise de vibração, que ajuda a identificar a origem da vibração, ou seja, “o que” está causando a vibração.

A Figura 8 mostra o espectro de frequências naturais de uma máquina rotativa. A partir dele é possível fazer um acompanhamento e ao longo do tempo identificar defeitos na máquina rotativa.

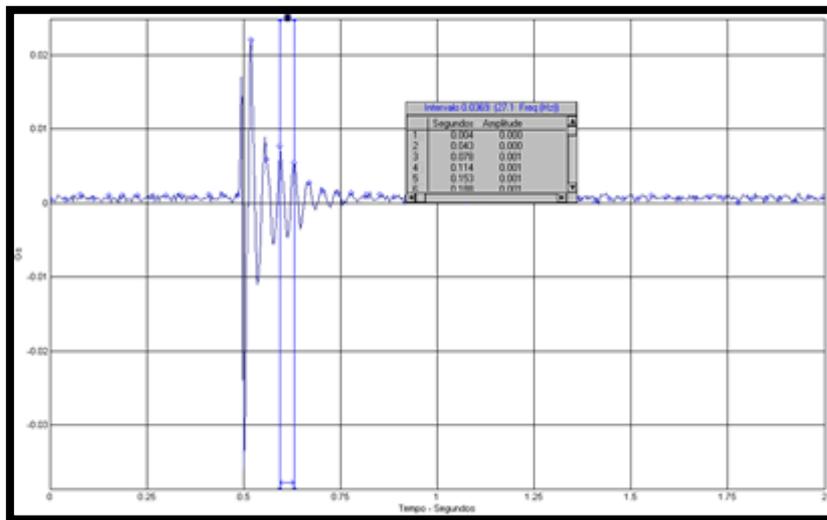


Figura 8: Espectro de frequências naturais de uma máquina rotativa
Fonte: Site MTA Engenharia de Vibração - Itajubá

A Figura 9 mostra o espectro de vibração de um rolamento novo e a Figura 10 mostra o espectro de um rolamento com defeito. O eixo horizontal corresponde ao tempo em segundos e o eixo vertical corresponde a amplitude. Pode-se perceber uma diferença bem acentuada entre os dois espectros de frequências.

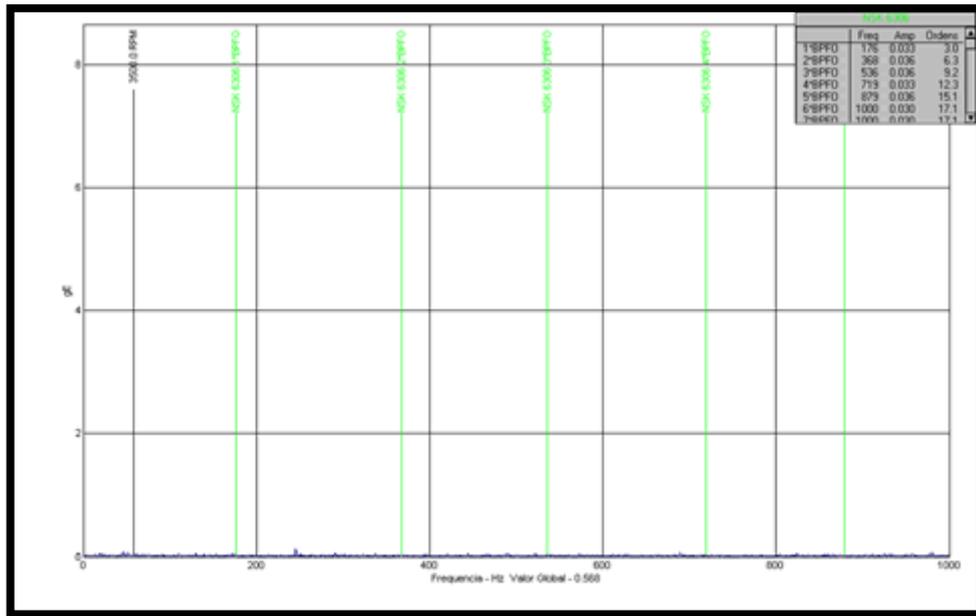


Figura 9: Espectro de vibração (Rolamento novo)
Fonte: Site MTA Engenharia de Vibração - Itajubá

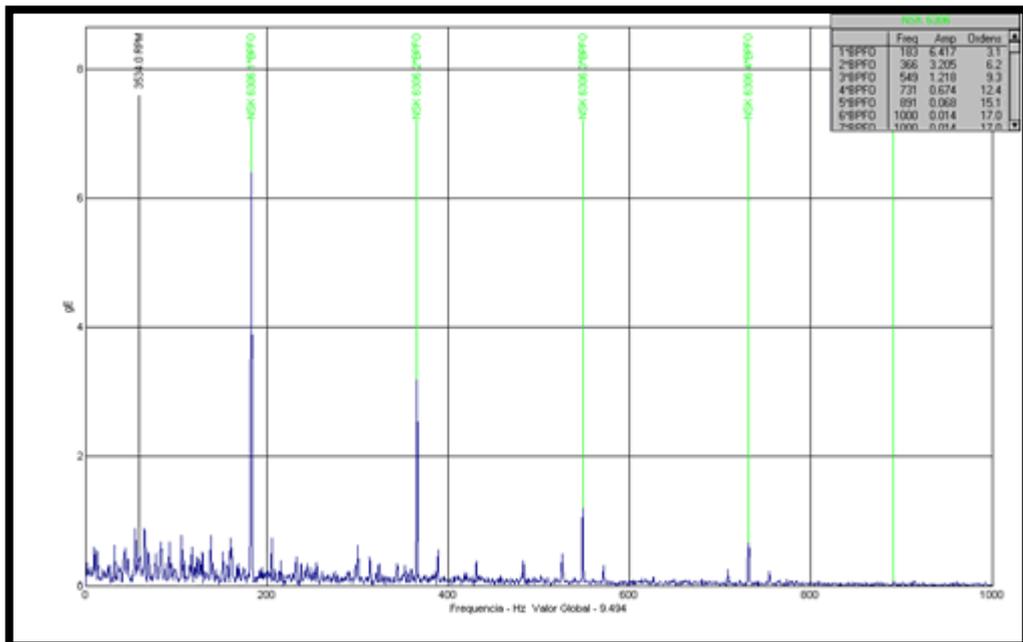


Figura 10: Espectro de vibração (Rolamento com defeito)
Fonte: Site MTA Engenharia de Vibração - Itajubá

A Figura 11 mostra o rolamento com defeito (desgaste no anel).



Figura 11: Rolamento com defeito
Fonte: Site MTA Engenharia de Vibração - Itajubá

3.1.1.2.1 SENSORES

Os três tipos de sensores mais utilizados na análise de vibração são:

- Probe de deslocamento sem contato;
- Pick-up de velocidade;
- Acelerômetros.

Kardec e Nascif (2002) relatam que o probe de sem contato é o sensor de maior aceitação para monitoração contínua de máquinas rotativas. Esse sensor detecta a variação de distância entre o sensor e o eixo. Isso faz com que haja uma tensão induzida na saída do sensor. A variação da tensão induzida é transformada em níveis de vibração.

Os sensores de pick-up de velocidade utilizam molas e bobinas, isto é, um sistema eletromecânico que está mais sujeito a falhas. O uso tem sido gradativamente descontinuado visto que há novas tecnologias para medição. Esse sensor é grande, pesado, caro e tem uma faixa de frequência bastante limitada.

Os Acelerômetros são sensores de vibração que trabalham abaixo de sua frequência natural, sendo constantemente utilizado (KARDEC E NASCIF, 2002). O

tipo mais encontrado é o piezoelétrico, constituído por um ou mais cristais piezoelétricos, pré-tensionados por uma massa e montados em uma carcaça.

Em funcionamento, a vibração da máquina a qual o acelerômetro está afixado, provoca uma excitação onde à massa exerce uma força variável nos cristais piezoelétricos. O pulso gerado é proporcional à aceleração.



Figura 12: Vibrômetro sendo utilizado em uma bomba de selo mecânico
Fonte: Catálogo de Produtos Fluke (2013)

Essa técnica preditiva, assim como as outras, exige uma organização dos dados coletados a fim de acompanhar evolução da vibração. Há também a necessidade de se criar pontos fixos de medição para que se comparem medições de um mesmo lugar físico e assim obter um diagnóstico mais preciso.

3.2 DESENVOLVIMENTO DAS HABILIDADES TÉCNICAS

A incorporação e manutenção dos Recursos Humanos (RH) nas organizações representam temáticas centrais das discussões contemporâneas sobre gestão administrativa. As explicações variadas sobre esta representação convergem para a defesa de que na era da informação, o conhecimento singulariza o recurso organizacional que pode ser considerado uma riqueza organizacional (DAVENPORT, 1998).

Menegasso e Salm (2001) dizem que o modo de produção de hoje requer informações rápidas, exigindo das pessoas conhecimento atualizados em campos

que não é possível entender e acompanhar as mudanças. Portanto, com o avanço rápido da tecnologia é praticamente impossível que se tenha uma equipe de manutenção consertando sempre as mesmas máquinas. O que se vê nas indústrias é algo diferente, percebe-se a troca constante de tecnologia. O que antes era uma solda a arco elétrico hoje vem perdendo espaço para a solda a laser. E como a manutenção pode se prevenir das tecnologias novas? A resposta para essa pergunta está na capacitação constante do mantenedor e da equipe de manutenção como um todo.

Para ter o controle de capacitação de uma equipe, a empresa pode usar uma matriz de treinamento ou de competências como mostrado na Figura 13. O gestor determina quais treinamentos e cursos que cada funcionário deve fazer. Essa ferramenta é importante para fins de organização e principalmente planejamento. Levando em consideração que as fábricas praticamente não param, é interessante que as empresas programem os treinamentos para que sempre tenham alguns funcionários trabalhando enquanto outro grupo é treinado.

Matriz de treinamento para Eletricistas		X	X		X	X	X	X
Manutenção Gerente: FUNCIONÁRIO 0		Procedimentos de segurança	Análise de temperatura: Termografia	Curso de inversores de frequência	Curso de CLP	Curso de Programação e ajuste de trajetória de robôs	Criação e melhoria de procedimentos preventivos	CURSO DE TRABALHO EM ALTURA
Legenda: C = Treinado T = Treinando A = A treinar NA = Não aplicável								
	Nome	2	3	4	5	6	7	8
1	FUNCIONÁRIO 1	C	C	C	C	C	NA	NA
2	FUNCIONÁRIO 2	C	C	C	T	T	NA	NA
3	FUNCIONÁRIO 3	C	A	NA	T	NA	C	C
4	FUNCIONÁRIO 4	C	A	NA	T	NA	C	A

Figura 13: Matriz de treinamento de funcionários
Fonte: Autoria própria

Segundo o item 4.4.3 da PAS 55, a organização deve assegurar que qualquer pessoa sob seu controle direto que se encarregar das atividades relacionadas com a gestão de ativo tenha um nível adequado de competência em termos de formação, treinamento e experiência.

O respeito a esse item da norma ajuda as empresas a manterem seus funcionários sempre aptos a realizar seu trabalho de maneira segura e eficaz.

3.3 INTEGRAÇÃO DAS TAREFAS PROGRAMADAS, PREVENTIVAS E TROCAS SOB CONDIÇÃO

A PAS 55-1:2008 no capítulo 4 item 6.2. diz que a organização deve estabelecer, implementar e manter processo(s) e/ou procedimento(s) para o tratamento e a investigação de falhas, incidentes e não-conformidades associados com ativos, sistemas de ativo e sistema de gestão de ativo.

No capítulo 4 item 6.5.1., diz que a organização deve estabelecer, implementar e manter processos(s) e/ou procedimentos(s) para provocar:

- Ação (ões) corretiva(s) para eliminar as causas dos desempenhos ruins observados e das não-conformidades identificadas nas investigações, avaliações de conformidade e auditorias para evitar sua recorrência;
- Ação (ões) preventiva(s) para eliminar as possíveis causas de não-conformidades e desempenho ruim.

Tendo como base a PAS 55-1:2008, pode-se entender que uma das justificativas da integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição vem da necessidade de se ter um sistema único e integrado, capaz de coletar o maior número de dados, vestígios, fatos e defeitos para que haja uma investigação completa e mais próxima da realidade. Isso é importante para que as empresas busquem as causas raízes dos problemas de maneira rápida e eficiente para que assim possam eliminar as causas das não conformidades.

Um exemplo de como isso pode funcionar é o fato de uma indústria ter uma rota de inspeção preditiva. O manutentor em um determinado momento usa um vibrômetro para checar um ponto crítico de uma rebidadeira orbital. Com o passar do tempo e da coleta de dados, ele percebe que a vibração aumenta cada vez mais. A

partir disso, o supervisor de manutenção em conjunto com a equipe deve tomar a decisão de aproveitar o horário de almoço ou deixar para ver esse ponto na próxima manutenção preventiva. Após o item ser checado percebeu-se que o problema era o desgaste do rolamento acoplado ao cabeçote da rebidadeira. Isso pode levar a uma troca sob condição. Essa troca pode solucionar o problema, mas é de conhecimento que rolamento tem vida útil. O que se pode fazer é aumentar a vida útil dela através das seguintes ações:

- Incluir uma ação preventiva no calendário de manutenção autônoma ou proativa;
- Incluir ensaios de vibração no período de todas as manutenções preventivas dessa rebidadeira orbital ou até mesmo de todas as outras da fábrica se o problema não for pontual.

Para atender a PAS 55-1:2008, mais importante do que ter vários tipos de manutenção na indústria é saber como utilizá-los em conjunto.

3.4 ANÁLISE SISTÊMICA DAS FUNÇÕES (MODOS DE FALHA)

Segundo a NBR 5462 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994), a falha é a redução total ou parcial do desempenho de uma peça, componente ou máquina de exercer a sua função requerida por um período de tempo, ocasionando que o item seja reparado ou substituído. Portanto, pode-se definir modo de falha como sendo uma “ forma do defeito”, em outras palavras é um estado anormal de trabalho em que o componente deixa de executar a sua função. O critério para avaliação dessa irregularidade é um conjunto de regras aplicáveis aos tipos de gravidade de falhas, que devem ser caracterizadas em termos de função ou especificações de projeto, processo ou uso.

Quais as razões que permitem uma possível falha em algum processo? Por este motivo deve ser verificado como o desenvolvimento da falha será absorvida pelo o operário, mantenedor, supervisor, engenheiro e o gerente de manutenção. Pois, a união dessas visões critica, proporcionarão uma análise qualitativa do problema. Além disso, devem ser considerados os danos que o mesmo podem

causar ao meio ambiente. Na Figura 14, Xenos (2004) mostra um exemplo através de um fluxograma do relato de uma falha, onde a informação tem origem no operador da produção e percorre diversos níveis hierárquicos.

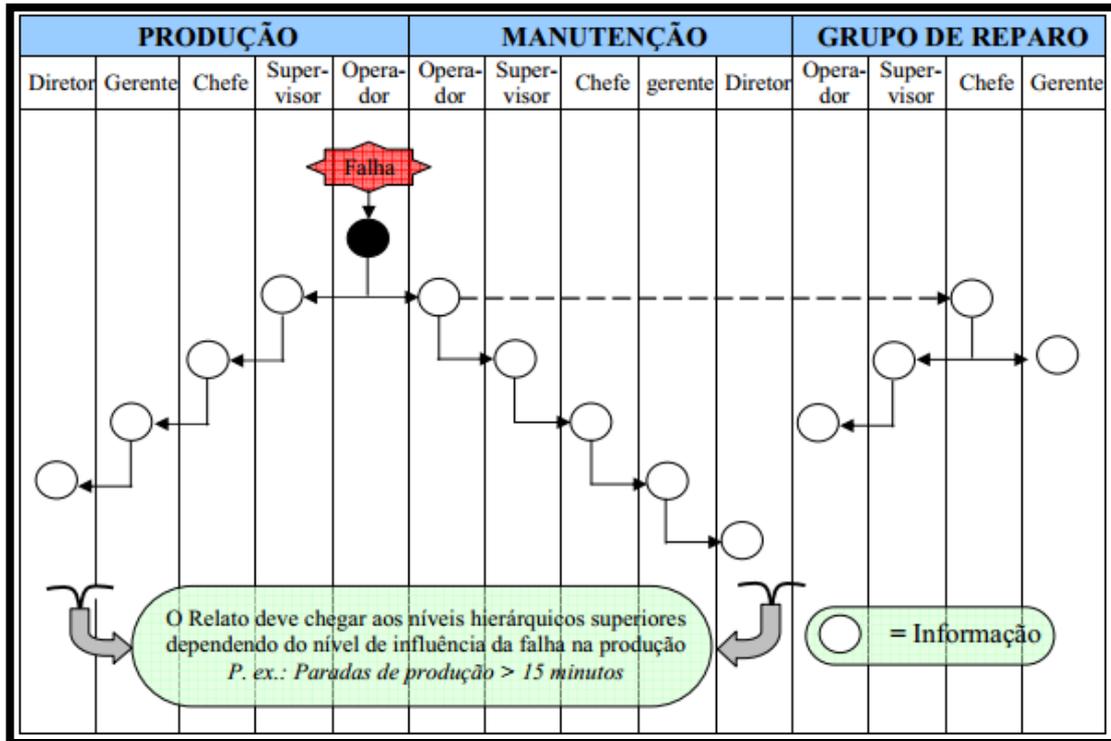


Figura 14: Fluxograma de Informações para o relato de falhas
 Fonte: Adaptado de Xenos(2004 p. 91)

Helman e Andery (1995) argumentam que para atingir a satisfação dos consumidores, a confiabilidade deve ser considerada durante toda a fase de desenvolvimento do produto e com a integração de todos os departamentos dentro da cadeia de desenvolvimento, pois a ocorrência de falhas pode estar relacionada em qualquer estágio de desenvolvimento do produto. Portanto, é necessário ter conhecimento de quais as funções serão esperadas no sistema em análise, para então avaliar seu desempenho e os efeitos do não cumprimento destas.

Sob o ponto de vista do produto, Helman e Andery (1995) classifica as atividades para assegurar a confiabilidade em três tipos:

- Métodos para medir e prever falhas: Visam estimar falhas ao longo do tempo e dependem da existência de dados estatísticos do produto;
- Métodos para admitir a falha: Cujo princípio é conhecer as falhas para então tomar medidas para que suas consequências sejam controladas;

- Métodos para prevenir as falhas: Buscam identificar as falhas que ocorrerão no produto, conseqüentemente modificam o projeto, fazendo com que as falhas deixem de ocorrer.

3.4.1 TIPOS DE FALHAS

Pereira (2009) menciona que as falhas podem ocorrer devido a erros humanos, principalmente quando ocorrem erros por faltas de treinamentos nas funções operacionais. Além disso, as falhas estão relacionadas há outra linha distinta, consistida na quebra de componentes ou subsistemas, que necessitam de algum reparo ou conserto imediatamente.

As falhas por quebras de componentes ou subsistemas podem ser subdivididas nos seguintes aspectos (PEREIRA, 2009):

- Falhas relacionadas à idade do ativo: Apesar de existir as especificações técnicas para o uso adequado do produto, no decorrer do tempo o equipamento torna-se mais sensível devido ao desgaste natural do seu uso, conseqüentemente poderá exceder sua capacidade funcional e reduzir a sua vida útil;
- Falhas aleatórias de componentes simples: São ações que podem deixar o equipamento fragilizado, ou seja, são mais expostos há uma possível falha devido a cargas externas excessivas, como tensão elétrica ou mecânica;
- Falhas aleatórias de componentes complexos: Devido à utilização de novas tecnologias com o objetivo de aprimorar a produtividade dos equipamentos, os componentes acabam por ficar mais complexos, reduzindo por fim a previsibilidade de falhas. Esta complexidade está relacionada na redução das dimensões, melhora na interface, aumento na confiabilidade das informações armazenadas.

3.4.2 CAUSAS DE FALHAS

Para Xenos (2004), existem muitas causas possíveis para as falhas nos equipamentos. Elas estão aglomeradas em três categorias: falta de resistência, uso inadequado e por último, manutenção inadequada. A falta de resistência está relacionada a erros de projetos, montagens, fabricação e na especificação de materiais. Neste caso, as falhas poderão surgir através de esforços normais, consequentemente a máquina não conseguirá suportar. O uso inadequado consiste na aplicação de esforços excessivos que podem tornar-se erros durante sua operação. Enquanto a manutenção inadequada está relacionada às ações preventivas adotadas que não foram suficientes para solucionar a anomalia.

Segundo Xenos (2004), quando um equipamento entra em operação, ele está sujeito a um grande número de esforços que podem provocar a sua deterioração. No decorrer do tempo, esta alteração reduz a resistência do equipamento. Uma falha ocorrerá sempre que a resistência cair abaixo dos esforços que o equipamento estiver sendo submetido. A Figura 15, a seguir, ilustra as três categorias de causas de falhas descritas anteriormente.

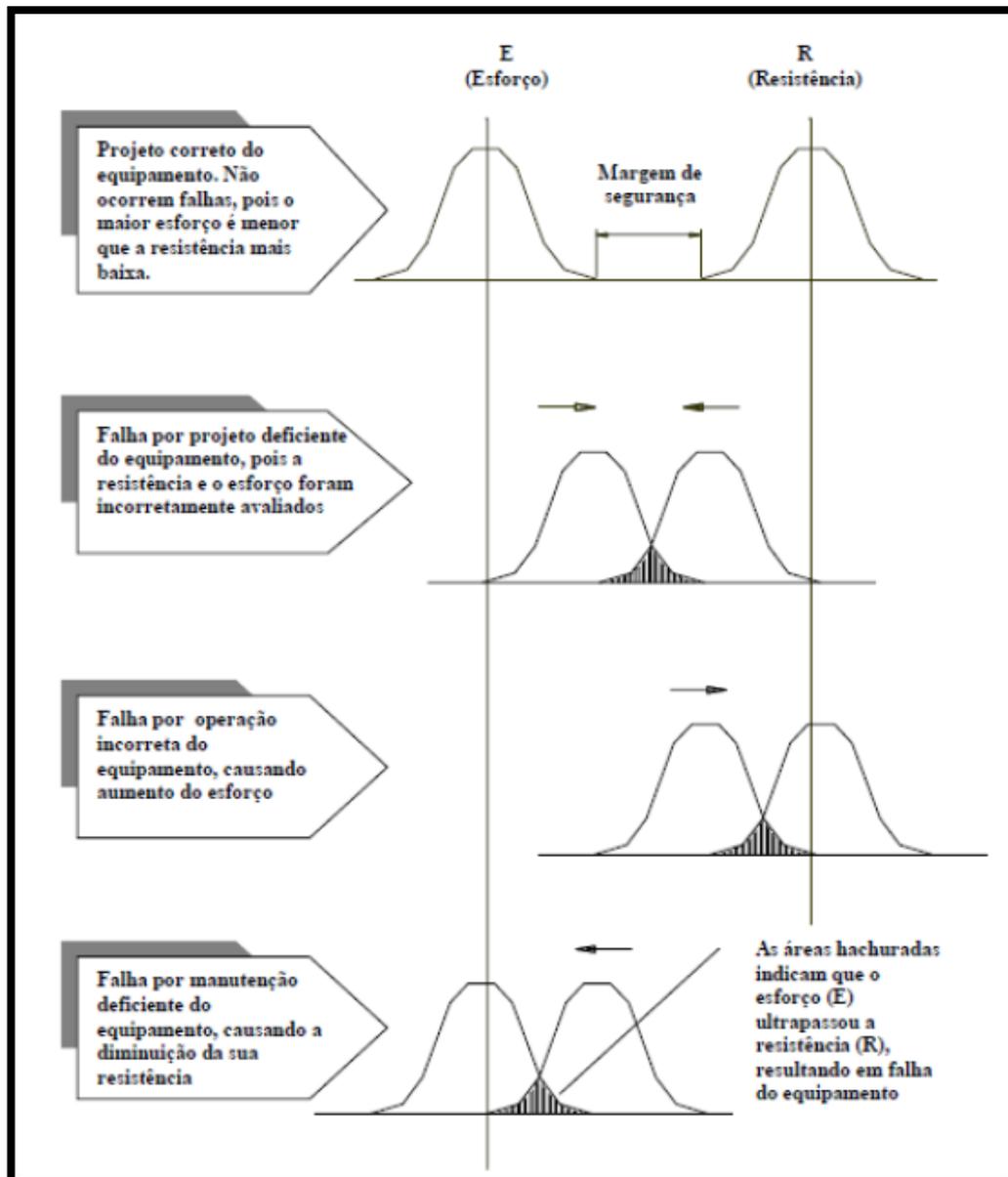


Figura 15: Relação entre o Esforço e a resistência

Fonte: Adaptado de Xenos (2004 p. 69)

Na visão de Xenos (2004), as falhas nos equipamentos são causadas pela ação em conjunto de diversas causas menores, por isso durante a análise dos possíveis motivos de ocorrência das falhas, devem ser considerados todos os aspectos.

3.4.3 TÉCNICAS PARA ANÁLISE DE FALHAS

Na visão de Kagueiama (2012), dado a complexidade envolvida na análise de confiabilidade e, por sua vez, na análise de falha, é necessário fazer o uso de diferentes técnicas que auxiliam no levantamento de informações, entendimento do funcionamento do sistema em análise, gestão do conhecimento e modelagem do sistema.

Segundo Xenos (2004), toda falha é uma situação anormal, que necessita de uma eliminação definitiva. Porém, para que isso possa ocorrer é necessário identificar todas as suas causas fundamentais e, tomar as medidas necessárias para bloquear estas causas e assim, evitar que aconteça uma reincidência da falha. Quando este princípio não é completamente atendido, de forma inevitável, fecha-se um ciclo vicioso das falhas, como é apresentada na Figura 16.

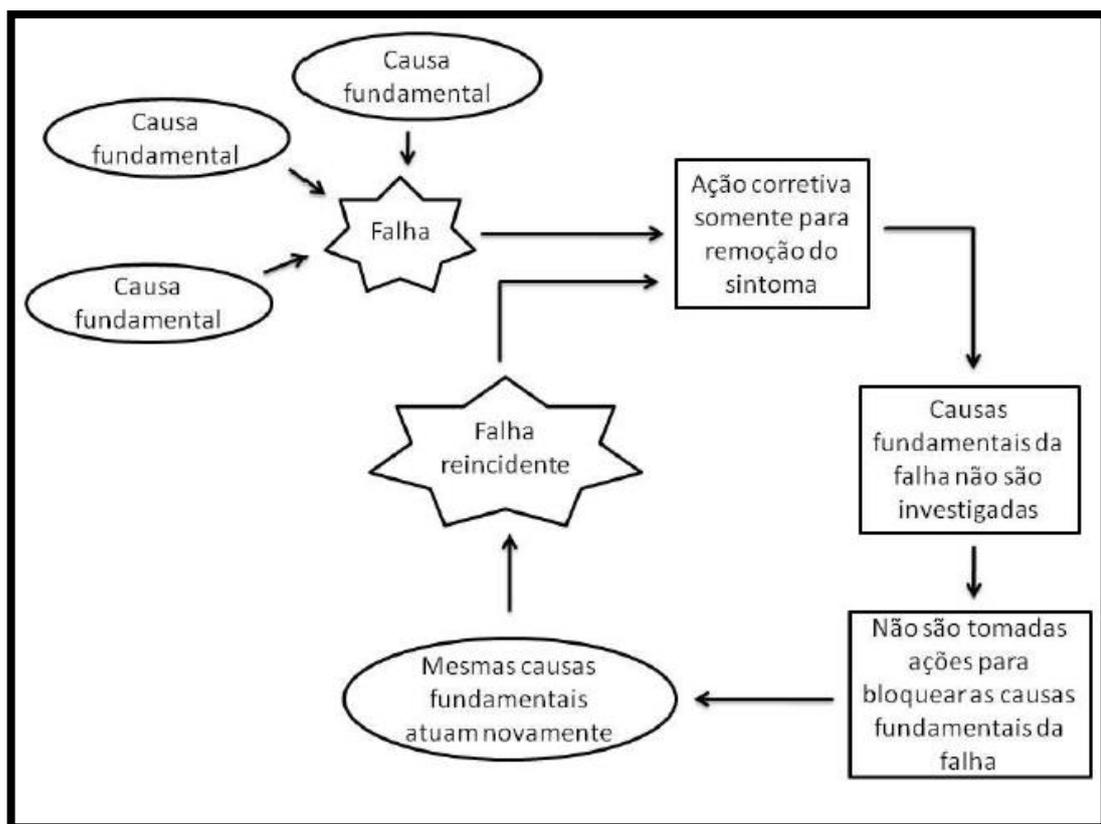


Figura 16: Ciclo vicioso das falhas
 Fonte: Adaptado de Xenos (2004 p. 81)

Xenos (2004) enfatiza que sem as contramedidas para bloquear as causas fundamentais, os equipamentos estarão sujeitos à reincidência das falhas, pois elas se somarão com a ocorrência esporádica de outros tipos de falhas que logo tenderão a reincidir.

Xenos (2004) apresenta uma estrutura de gerenciamento para o sistema de tratamento de falhas. Esta metodologia é composta pelas seguintes etapas:

1. Identificação e descrição da falha;
2. Medida corretiva para remover a anomalia;
3. Registro e análise das falhas para detectar suas causas principais;
4. Planejamento e execução das contramedidas para bloquear as causas fundamentais;
5. Acompanhamento da execução das contramedidas;
6. Análise periódica dos registros de falhas para visualizar falhas crônicas e prioritárias e definir projetos com metas;
7. Execução dos projetos através do ciclo PDCA de solução de problemas.

3.4.4 FERRAMENTAS PARA ANÁLISE DAS FALHAS

Algumas técnicas para análise das falhas poderão ser estudadas com mais intensidade com o auxílio das seguintes ferramentas:

- Gráfico de Pareto;
- Diagrama de causa e efeito de Ishikawa;
- Método dos cinco porquês.

3.4.4.1 GRÁFICO DE PARETO

Segundo Pereira (2009), o gráfico de Pareto que pode ser observado na Figura 17 é composto com barras verticais, posicionadas em ordem decrescente representando a ocorrência de um tipo de defeito ou falha. Enquanto a linha é uma taxa cumulativa que representa a soma percentual das colunas. Um ponto positivo que pode ser considerado é a possibilidade de comparar a falha ou defeito antes e após a adoção de uma medida para solucionar o problema, ou seja, pode ser verificado se a opção escolhida foi eficiente ou não. Além disso, esta ferramenta tem a função de apresentar a comparação entre tipos de falhas e ocorrência.

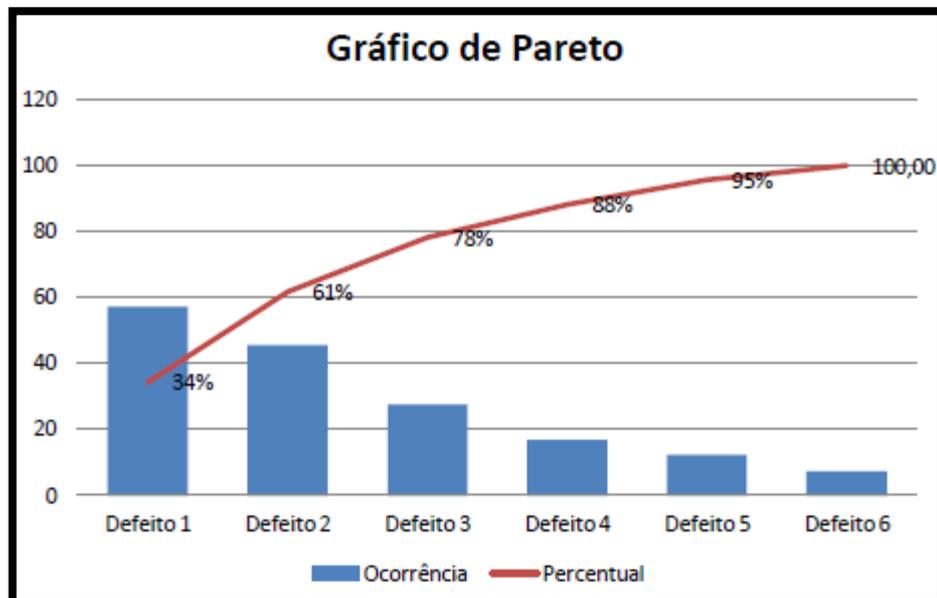


Figura 17: Gráfico de Pareto
 Fonte: Adaptado de Pereira (2009 p. 192)

3.4.4.2 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Segundo Lins (1993), o diagrama de causa e efeito é conhecido como espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa. Esta ferramenta é desenhada para ilustrar as causas que afetam um processo. Estas causas podem ser agrupadas em categorias, conhecidas como 4M: Método, Mão-de-obra, Material e Máquina. Por

meio destes grupos, as causas podem ser divididas em vários níveis até que o problema seja solucionado. Este diagrama pode ser visto na Figura 18.

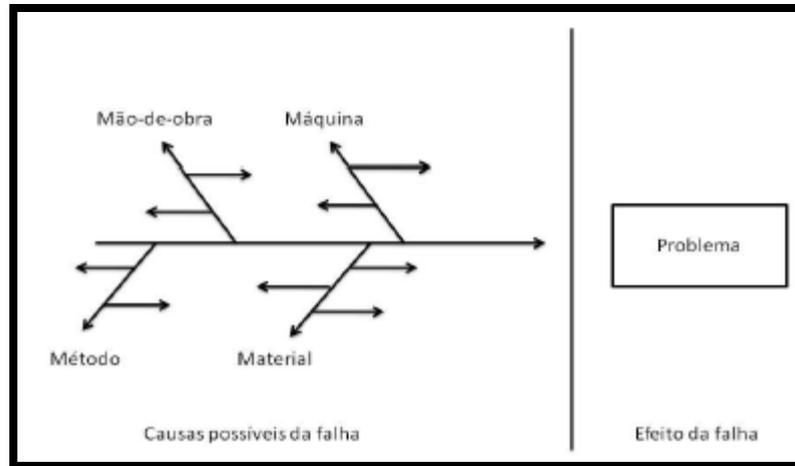


Figura 18: Diagrama de Causa e Efeito
Fonte: Adaptado de Pereira (2009 p. 194)

3.4.4.3 MÉTODO DOS CINCO POR QUÊS

Segundo Xenos (2004), esse método tem a denominação do plano de ação "5W1H", onde "W" e "H" deriva dos termos em inglês *What*, *Why*, *Who*, *Where* e *How*. Suas traduções correspondem em O que, Por que, Quem, Onde, Quando e Como, respectivamente. Todo questionamento tem o objetivo de chegar à causa raiz ou fundamental do problema.

Xenos (2004) exemplifica o uso deste método na Figura 19.

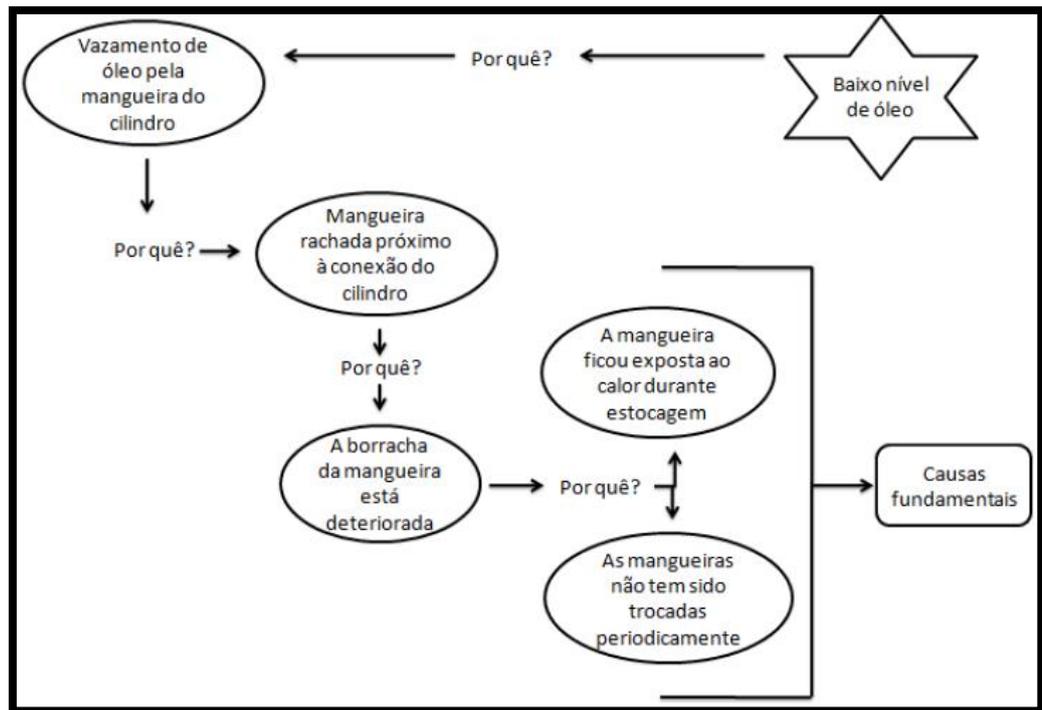


Figura 19: Exemplo do método dos Por quês
Fonte: Xenos (2004 p. 104)

3.5 MANUTENÇÃO PROATIVA

A manutenção proativa consiste na “identificação e eliminação sistemática dos problemas potenciais relacionados com todos os aspectos de confiabilidade, disponibilidade e sustentabilidade” (HANSEN, 2002). Segundo Kardec e Nascif (2002), a manutenção, para ser estratégica precisa estar focada nos resultados empresariais da organização. É necessário, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada.

Deschamps, Gonçalves e Loures (2008) dizem que a manutenção proativa tem obtido economias inalcançáveis pelas técnicas de manutenção convencionais. De fato, ela é uma combinação da manutenção preditiva com a preventiva, pois

além de permitir a identificação de problemas potenciais, é primordial para garantir a confiabilidade, por isso é feita a intervenção com base na frequência de ocorrência da falha. As informações do histórico dos equipamentos quanto às causas básicas das falhas frequentes são coletadas e identificadas, para que o projeto possa ser modificado.

Enquanto as origens das causas das falhas são muitas, ou pelo menos se presume que são, é geralmente aceito que dez por cento das causas da falha são responsáveis por noventa por cento das ocorrências. Na maioria dos casos, os sintomas da falha mascaram a causa raiz ou são eles próprios considerados como a causa (BASQUES, 2003).

Para Lindley (1995), a abordagem deste tipo de manutenção substitui o foco da manutenção reativa² pela proativa evitando as condições subjacentes que levam a falhas e degradação da máquina.

De fato, especialistas fazem verificações no sistema, sem tirá-lo de operação, são capazes de detectar falhas ocultas, e preferencialmente podem corrigir a situação, mantendo o sistema operando (KARDEC e NASCIF, 2001).

Segundo Deschamps, Gonçalves e Loures (2008), atualmente a manutenção deve ter uma visão abrangente, cujo interesse é identificar e eliminar as causas da falha de um equipamento, e não simplesmente reparar o defeito, ou seja, é aceitar a falha como rotina e normal, substituindo a manutenção de falha em crise pela manutenção de falha programada. Por fim é um meio importante de se adquirir economias que não são alcançadas por técnicas de manutenção convencionais.

3.6 ANÁLISE DO HISTÓRICO DE DESEMPENHO (DETERMINAÇÃO PERFIL DE PERDAS)

Segundo Almeida (2006), o perfil de perdas consiste na divisão em camadas das perdas do processo produtivo por meio de gráficos de Pareto, a fim de identificar quais são as maiores oportunidades de ganho. Para elaborar o perfil de perdas deve-se, inicialmente, identificar o perfil das paradas ocorridas para saber os tipos

² Manutenção Reativa: Manutenção que trabalha ou só responde às quebras dos equipamentos e que nada faz para evitá-las. É o modo mais caro de trabalho. Também é chamada de Manutenção por Quebra (FILHO, 2004).

de paradas que mais se repetem, assim como aqueles tipos responsáveis pela maior parte do tempo de parada das usinas.

A manutenção de classe mundial é fundamentada a aglomerar metodologias que possam ser capazes de assegurar equipamentos com a máxima eficiência, permitindo assim o alcance máximo em seus os objetivos produtivos que foram definidos no momento de serem projetados.

Observa-se que as perdas na indústria, muitas vezes, são tratadas de forma isolada ou com enfoque particular em cada área. Raramente as empresas tratam as perdas de uma forma global. Dorigo e Nascif (2009) relatam que isso ocorre devido aos seguintes fatores:

- Como as áreas têm limitações de conhecimentos, o setor operacional se dedica a aspectos relacionados à operação de modo mais enfático, mas não tem conhecimentos suficientes de engenharia de equipamentos;
- Muitas empresas não têm um departamento ou um grupo de pesquisa que se preocupe com a otimização da planta, ou seja, não há uma coordenação dos esforços para análise e eliminação das perdas. De um modo simplificado, há perdas na operação, na manutenção, nos equipamentos e sistemas – rendimento, especificação, perdas de energia (vapor, eletricidade, ar comprimido), perdas relacionadas à produtividade no trabalho (planejamento, programação, coordenação, execução), dentre outras;
- Problemas do dia a dia como de disponibilidade, perdas na operação não permitem que se enxerguem oportunidades de ganho com as inúmeras formas pelas quais ocorrem as perdas.

Segundo Nakajima (1989), há seis perdas na produção que são otimizadas para contribuir na evolução contínua das empresas, além de promover um crescimento sustentável.

- Perda por quebra de equipamento – Este fator contribui com a maior parcela na queda de rendimento dos equipamentos. Podem ser relativos à quebra propriamente dita, ou seja, um fenômeno repentino ou quebra precedida de degeneração gradativa do desempenho, tornando o equipamento inadequado para uso. Isso se deve ao fato de excesso de carga

na máquina, manutenção ineficiente, desgaste excessivo ou contaminação do meio;

- Perdas por ajustagens nas preparações – Este tipo de perda acontece ao efetuarmos a mudança da linha, com a interrupção do ciclo para a preparação do produto subsequente. A causa está relacionada a falta de conhecimento dos operadores, falta de material, falta de colaboradores e tempo de aquecimento;
- Perda por parada temporária – não é constituído de uma quebra, mas de uma interrupção momentânea, resultante de um problema qualquer. Em geral, são situações em que basta um reset na máquina para se ter a continuidade da operação. Esta situação ocorre quando há peças travadas na máquina, mau funcionamento dos sensores, necessidades pessoais do operador, erros de programa e do trabalhador;
- Perda por queda da velocidade da produção – A queda da velocidade da produção ocorre por inconveniências relativas à qualidade, problemas mecânicos, excesso de carga na máquina, operador ineficiente;
- Perda pela geração de produto defeituoso e devido ao retrabalho – Todas as operações relativas a retrabalho ou mesmo à eliminação dos produtos defeituosos constituem perdas, pois tudo que é feito além do previsto para produzir deve ser incluído e computado como perda;
- Perda decorrentes de entrada em regime de produção – Existem diversos fatores que atrasam a estabilização do processo, como instabilidade da própria operação, ferramentas inadequadas ou mal utilizadas, falta de domínio do processo, falta de manutenção, ajustes próprios das máquinas, etc.

4 ESTRUTURAÇÃO DA AUDITORIA (2º ESTÁGIO DA PIRÂMIDE SGM)

A pesquisa foi realizada com os três níveis hierárquicos do setor de manutenção (gerente, supervisor e manutentor). Segundo Vitali 2011, a auditoria se baseia na confiança da ferramenta de auditoria e também se apoia na política de gestão e controle fornecendo dados para uma organização que permitam a melhora de seu desempenho. Portanto, o questionário foi dividido entres os seis itens do segundo estágio da pirâmide SGM e cada um desses itens possui algumas perguntas relacionadas com a PAS 55-2008.

Segundo a PAS 55-1 (2008), a organização deve estabelecer, documentar, implementar, manter e melhorar de maneira contínua o sistema de gestão de um ativo de acordo com os requisitos do PAS.

Para Flecha (2012) a utilização da PAS permite uma linguagem comum sobre gestão de ativos para todas as áreas da empresa desde os gestores de topo, técnicos, reguladores, acionistas, prestadores de serviços ou cliente. Esta especificação permite às empresas implementar uma estrutura a promover a partilha das melhores práticas e a melhoria contínua dos processos da empresa. Além disso, possibilita a integração de todos os aspectos relacionados com a análise do ciclo de vida dos ativos da empresa, desde a primeira fase de definição de especificações, passando pela construção ou aquisição, operação, manutenção e desativação.

4.1 CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO

As opções de resposta para o entrevistado estão em uma escala de 1 a 5, sendo que a nota 1 corresponde que a situação apresentada na questão não é atendida no departamento. Enquanto o valor 5 representa que a situação apresentada na questão é atendida completamente no departameto. O valor 0 representa que a pergunta em pauta não é aplicável ao departamento daquela determinada empresa. Os valores das respostas estão descritos na Tabela 2.

Respostas	Valores
Atende completamente	5
Atende parcialmente	4
Pode melhorar	3
Não atende parcialmente	2
Não atende totalmente	1
Não aplicável	0

Tabela 2: Opções de respostas para o questionário
Fonte: Autoria própria

O questionário foi elaborado para a entrevista com três níveis hierárquicos do departamento. No entanto, cada pergunta teve um peso específico, de acordo com a influência do integrante a cada uma das fases que formam o estágio dois da pirâmide SGM de gestão de ativos físicos - manutenção proativa.

Respostas	Nível de Relevância
Alta	3
Média	2
Baixa	1
Não aplicável	0

Tabela 3: Nível de relevância das perguntas
Fonte: Autoria própria

Segundo Dorigo e Nascif (2009), três fatores são fundamentais na avaliação dos resultados:

- A Relevância: avaliar se o indicador é representativo (qualitativo);
- O valor alcançado (quantitativo);

- A tendência: constatação de melhoria ou não.

A pontuação é gerada através de uma média ponderada, onde são considerados o valor da resposta do entrevistado e o peso que é atribuído de acordo com o grau de envolvimento do auditado em cada etapa do estágio dois da pirâmide SGM de gestão de ativos físicos. Quando a pergunta em pauta não é aplicável ao departamento da empresa, o valor de critério também será zero, pois aquela determinada questão não fará parte do cálculo da média ponderada.

Tendo como base os resultados individuais de cada cargo será possível verificar a percepção de cada um dos profissionais envolvidos em cada item através de um gráfico radar, elaborado no excel.

Como o resultado final varia de um a cinco, para facilitar a visualização no gráfico e, também para se adequar a Tabela 4, os resultados foram convertidos para que se tenham um peso até o valor dez. A análise do valor final atribuído em cada entrevista é baseada na Tabela 4, que corresponde os critérios para atribuição dos pontos.

Nota	Condição	Critério de pontuação
10	Atende totalmente	Práticas inerentes ao item se sustentam em processos estabilizados, com procedimentos principais e de apoio de amplo domínio dos executantes, com atitudes de busca permanente da excelência, com resultados sempre superiores às expectativas. Uso permanente. São práticas que se destacam pela inovação (inspiração).
7,5	Atende parcialmente	Práticas inerentes ao item se sustentam em processos, na sua maioria estabilizados, com procedimentos principais e de apoio com domínio da maioria dos executantes com resultados dentro da expectativa. Uso frequente. São práticas que se destacam pela capacidade de antever problemas, como resultado de utilização frequente e com várias revisões (transpiração).
5	Pode melhorar	Práticas inerentes ao item se sustentam em processos pouco estabilizados, com procedimentos principais e de apoio que atendem os requisitos mínimos da atividade.
2,5	Não atende parcialmente	A maioria das práticas inerentes ao item não está estabilizada e o uso é intermitente. Os resultados contêm anomalias
0	Não atende totalmente	Práticas inadequadas, sem procedimentos, com resultados com anomalias frequentes e recorrentes

Tabela 4: Critério para atribuição dos pontos
Fonte: Adaptado de Dorigo e Nascif (p.265 2009)

4.2 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

4.2.1 INSPEÇÃO PREDITIVA

As perguntas referentes a inspeção preditiva se encontram na Tabela 5 e foram elaboradas levando-se em consideração duas observações:

- A empresa possui esta técnica no setor de manutenção;
- Essa técnica é aplicada para auxiliar o setor a melhorar o desempenho dos equipamentos (aumento de confiabilidade, redução de custos, redução de defeitos e falhas, entre outros) e não simplesmente para atender aos requisitos das normas.

O objetivo é avaliar se o setor faz inspeções preditivas, se as anomalias são prontamente atendidas, se os instrumentos são adequados para a atividade, se a rota de inspeção é adequada para o manutentor, se o manutentor utiliza os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e/ou Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) na inspeção. Outro tópico importante é se os dados coletados fazem diferença nas estratégias do setor e se são aplicados métodos de investigação de defeitos/falhas.

Outro ponto bastante importante é sobre os equipamentos: Segundo o item 4.5.2 da PAS 55-1 (2008), a organização deve assegurar que ferramentas, instalações sejam mantidos em boas condições e, onde aplicável, calibrados. O mesmo item cita que a organização deve estabelecer e manter processo(s) e procedimento(s) para controlar essas atividades de manutenção e calibração. Isso é importante porque o instrumentos de manutenção preditiva (câmera termográfica, analisador de vibração, etc) são essenciais para o monitoramento de desempenho e condição dos equipamentos.

Inspeção Preditiva
1. Os históricos dessas inspeções fazem a diferença nas estratégias de manutenção das máquinas?
2. As anomalias identificadas são prontamente atendidas?
3. A equipe de manutenção preditiva possui certificação na(s) técnica(s) aplicada(s)?
4. Os equipamentos de maior relevância são conhecidos por todos os níveis do setor de manutenção (da gestão até a execução)?
5. Os instrumentos de inspeção são adequados para a atividade?
6. O plano de calibração dos instrumentos é aplicado rigorosamente no departamento de manutenção?
7. As inspeções preditivas seguem padrões mensuráveis?
8. A rota de inspeção é adequada para a execução do trabalho?
9. São fornecidos todos os Equipamentos de Proteção individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) necessários para a execução das inspeções preditivas?
10. É aplicado um método para investigação e um plano de ação para corrigir os defeitos encontrados nos equipamentos?

Tabela 5: Perguntas sobre o tópico inspeção preditiva

Fonte: Autoria própria

4.2.2 DESENVOLVIMENTO DAS HABILIDADES TÉCNICAS

As questões referente a este item da pirâmide SGM se encontram na Tabela 6 e foram elaboradas levando em consideração o item 4.4.3 da PAS 55-1 (2008). Esse tópico relata que a organização deve assegurar que qualquer pessoa sob seu controle direto que se encarregar das atividades relacionadas com a gestão de ativo tenha um nível adequado de competência em termos de formação, treinamento e experiência. O mesmo item relata que a organização deve identificar as exigências de competência a estes recursos humanos e planejar o treinamento necessário para atingir estas competências.

A pergunta 4 da Tabela 6 faz um questionamento sobre a importância que a organização tem para o estado psicológico do funcionário para executar suas atividades. O ponto chave é que muitas vezes a atividade pode envolver riscos sobre seus ativos físicos e humanos, por exemplo. É interessante que antes de qualquer trabalho o gestor tenha ciência que seu funcionário está bem

emocionalmente para realizar a atividade. Caso contrário, este funcionário pode causar um acidente de trabalho.

Desenvolvimento das Habilidades Técnicas
1. A equipe de manutenção é sistematicamente treinada e capacitada para desempenhar as suas tarefas?
2. É aplicada alguma ferramenta específica para identificação das carências de treinamento da equipe de manutenção?
3. O investimento na capacitação dos funcionários acompanham a evolução tecnológica?
4. Existe um acompanhamento psicológico que possa contribuir no desenvolvimento das habilidades técnicas do funcionário?
5. Os funcionários conseguem identificar a necessidade de novos treinamentos?

Tabela 6: Perguntas sobre o tópico de desenvolvimento das habilidades técnicas
Fonte: Autoria própria

4.2.3 INTEGRAÇÃO DAS TAREFAS PROGRAMADAS, PREVENTIVAS E TROCAS SOB CONDIÇÃO (PREDITIVA)

Para que haja uma boa investigação de falhas, deve-se tentar integrar os três tipos de manutenção (programadas, preventivas e trocas sob condição). Sendo assim, a partir de informações de uma manutenção sob condição, a equipe de manutenção pode implementar itens novos nas manutenções preventivas. As questões referente a este item da pirâmide SGM se encontram na Tabela 7.

O item 4.4.6 da PAS 55-1 (2008) diz que a organização deve estabelecer e manter os registros necessários para demonstrar conformidade. Como isso é um requisito, o objetivo de perguntar sobre a integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição é verificar se a empresa utiliza os históricos armazenados para traçar estratégias e planos de ação para evitar não-conformidades e não somente ter conhecimento se ela possui algum registro.

Ter estoque de peças sobressalentes é um requisito e uma necessidade da empresa. A questão em pauta é: as empresas revisam seus estoques de peças

sobressalentes para minimizar perdas com peças obsoletas, itens estragados, etc? Sendo assim, a pergunta 6 da Tabela 7 aborda justamente isso, verificando se existe esta avaliação.

A pergunta 1 e 4 da Tabela 7 foram elaboradas para verificar se a integração é eficaz (se traz resultados para o setor) e se é adequada para o setor (se é documentada e abrange a totalidade do departamento), respectivamente.

Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (Preditiva)
1. A integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (identificadas nas inspeções preditivas) são eficazes?
2. O histórico de paradas de máquinas, defeitos e falhas encontradas são utilizados para estratégias de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva)?
3. É utilizada alguma metodologia para analisar os históricos de falha dos equipamentos?
4. A integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição são adequadas?
5. As informações de planejamento, acompanhamento, execução e análise crítica das paradas programadas, preventivas e trocas sob condição são compartilhadas entre os setores de manutenção?
6. Os estoques de peças sobressalentes são revisados?

Tabela 7: Perguntas sobre o tópico de integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva)
Fonte: Autoria Própria

4.2.4 ANÁLISE SISTÊMICA DAS FUNÇÕES (MODOS DE FALHA)

No item 4.6.2 da PAS 55-1 (2008) relata que a organização deve estabelecer, implementar e manter um processo para solucionar e investigar falhas, incidentes e não-conformidades associados com a gestão de ativos. Portanto, o questionário tem como objetivo verificar como o desenvolvimento da falha será absorvido pelo mantenedor, supervisor e o gerente de manutenção. Pois, a união dessas visões críticas proporcionará uma análise qualitativa do problema. Além disso, a empresa necessita estar preparada para que as investigações sejam

desempenhadas dentro de um prazo que ela possa sofrer o mínimo de consequências ou danos. As questões referente a este item da pirâmide SGM se encontram na Tabela 8.

A PAS 55-1 (2008) menciona também que em uma corporação deve ser bem definido um responsável para:

- Tomar decisões para pacificar as consequências surgidas através de uma falha, um incidente ou uma não-conformidade;
- Investigar falhas, incidentes e não-conformidades para determinar sua causa-raiz;
- Avaliar a necessidade de ações preventivas para evitar a ocorrência de falhas, incidentes e não-conformidades;
- Comunicar aos membros superiores do departamento, os resultados das investigações e ações corretivas e/ou preventivas identificadas;
- Eliminar causas devido a mau desempenho e não-conformidade de máquinas, identificadas nas investigações e avaliações de conformidades.

A pergunta 4 da Tabela 8 foi elaborada como requisito na estrutura da auditoria, pois no item 4.4.7.3 da PAS 55-1 (2008) é mencionado que a identificação e avaliação de riscos devem considerar a probabilidade de eventos plausíveis e suas consequências, além de, no mínimo, cobrir os riscos de falhas humanas e funcionais, danos acidentais ou ações terroristas.

Análise Sistêmica das Funções (Modos de Falha)
1. A maioria falhas que podem ocorrer em um determinado equipamento já são conhecidas e esperadas pelo manutentor?
2. Os profissionais são treinados e qualificados para a interpretar e entender manuais de instruções das máquinas?
3. Em caso de reincidência de uma falha, existe algum gatilho para análise?
4. São elaborados planos de ação com a equipe quando há casos de falha humana?
5. Existe alguma estrutura de gerenciamento para classificar as causas de uma falha? Exemplo: Diagrama de Causa e Efeito.
6. A troca de informações entre operação, manutenção e áreas correlatas para avaliação das falhas são sistematizadas na estrutura da empresa?

Tabela 8: Perguntas sobre o tópico de análise sistêmica das funções (modos de falha)
Fonte: Autoria própria

4.2.5 MANUTENÇÃO PROATIVA

O questionário da Tabela 9 foi elaborado com intuito de verificar se existe uma identificação e eliminação sistemática dos problemas potenciais relacionados com todos os aspectos de confiabilidade, disponibilidade e sustentabilidade.

Segundo o item 4.6.1 da PAS 55-1 (2008) a organização deve estabelecer, implementar e manter processos que buscam garantir que o sistema de gestão de ativos esteja operando conforme previsto. A aferição de resultados é fundamental para a verificação da eficácia dos sistemas, pois ele proporciona um alerta de prováveis não-conformidades com os requisitos de desempenho do sistema de gestão de ativos.

Logo, na PAS 55-1 (2008) é mencionado que a implantação de indicadores de manutenção servirá como itens de verificação de resultados. Portanto, devem ser considerados os indicadores reativos para possibilitar detecção e fornecimento de dados sobre incidentes e falhas do sistema de gestão de ativos.

Manutenção Proativa
1. Existe uma sistemática de manutenção autônoma?
2. Os resultados obtidos pela manutenção autônoma são significativos?
3. A manutenção proativa é priorizada em detrimento com a manutenção reativa?
4. O tempo para execução das atividades de manutenção autônoma são adequados?
5. Existe um plano específico de manutenção detectiva (falhas ocultas e sistemas de segurança)?
6. Existe uma equipe específica para o planejamento e condução da manutenção proativa?
7. As ações da manutenção proativa têm evitado a manutenção corretiva?

Tabela 9: Perguntas sobre o tópico de manutenção proativa
Fonte: Autoria própria

4.2.6 ANÁLISE DO HISTÓRICO DO DESEMPENHO (DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE PERDAS)

Segundo a PAS 55-1 (2008), a organização deve estabelecer e manter os registros de dados e resultados de monitoramento e medição para facilitar análises subsequentes das causas do problema para dar assistência em determinadas ações corretivas e preventivas e/ou facilitar a melhoria contínua. As questões referente a este item da pirâmide SGM se encontram na Tabela 10.

A pergunta 3 sobre o Custo do Ciclo de Vida³ (CCV) da Tabela 10 foi elaborada, pois na PAS 55-1 (2008) é mencionada que a análise de todo o ciclo de vida dos ativos desde a primeira fase de definição de especificações, passando pela construção ou aquisição, operação, manutenção e desativação, permite às empresas otimizar o custo total relacionado com o ativo.

³ O custo do ciclo de vida (CCV) de um ativo é a soma de todos os capitais despendidos no suporte desse ativo desde a sua concepção e fabricação, passando pela operação até ao fim da sua vida útil. É entendido que o tempo de vida útil decorre até à desativação do equipamento, e que este pode ser diferente do tempo de vida efetivo do item, como é o caso dos equipamentos com tempo de vida tecnológico (ASSIS e JULIÃO, 2009).

A pergunta 5 da Tabela 10 se deve ao fato que, segundo Fecha (2012), tanto a PAS 55 como a *Lean Manufacturing*⁴ defendem um visão geral dos ativos e processos das organizações, por forma a identificar falhas ou oportunidades de melhoria que na análise individual não seriam identificáveis. A melhoria contínua é um dos princípios base da PAS 55 e da *Lean Manufacturing*. Embora tenham sido desenvolvidas em épocas bastante distintas, ambas defendem como crucial a cultura do melhoramento contínuo de todos os processos e atividades da organização, tanto nos gestores de topo, como nos colaboradores técnicos da empresa.

Análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)
1. As perdas decorrentes das quebras de máquinas são quantificadas?
2. O departamento de manutenção acompanha a performance das máquinas?
3. O departamento de manutenção acompanha o custo do ciclo de vida (ccv) das máquinas?
4. A gestão de sobressalentes é adequada para o atendimento da produção?
5. A manutenção utiliza a cultura Lean Manufacturing para identificação de perdas?
6. Existe um sistema automatizado para monitoramento de perdas com utilidades (eficiência energética)?

Tabela 10: Perguntas sobre o tópico de análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)
Fonte: Autoria própria

⁴ *Lean Manufacturing* é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade à empresa. Os desperdícios estão relacionados em: defeitos nos produtos; excesso de produção; estoques; processamento; movimento de pessoas; transporte de mercadorias e espera (WERKEMA, 2006).

5 ESTUDO DE CASO

A empresa auditada é de grande porte e produtora de cimento. Possui três linhas de produção e o processo exige bastante confiabilidade, pois cada estágio de fabricação do cimento é dependente do estágio anterior. Com isso, a manutenção dessa fábrica tem políticas de manutenção diferenciadas devido à responsabilidade de manter todos os equipamentos disponíveis para a operação.

Uma das três linhas de produção tem capacidade de produzir 150 toneladas de cimento por hora. Portanto o custo com manutenção (serviço e peças) é sempre muito baixo em relação ao prejuízo que se tem com uma parada. Nesse caso, o gerente de manutenção explicou que a política da empresa é a seguinte:

- Adquirir sempre os melhores materiais e peças que terão maior vida útil (confiabilidade);
- MCC para os sistemas críticos, isto é, como uma parada não programada tem custo muito elevado faz-se necessário trocar peças e motores antes que eles quebrem;
- A manutenção Proativa (Preditiva e Preventiva) é priorizada em relação a manutenção reativa;
- A manutenção autônoma não é adotada, pois o processo de manutenção é de alta complexidade, portanto apenas a equipe de manutenção é responsável por realizar intervenções nas máquinas;
- Adoção de programas de MPT com abrangência do máximo possível dos pilares;
- Prática de multifuncionalidade (Polivalência);
- Eliminação de falhas (ocorridas, crônicas e potenciais) com análise de causa e efeito;
- Utilização de pessoal qualificado e contratações externas associadas com resultados.

Foram identificados os desafios à implementação da PAS-55 no departamento da empresa produtora de cimento e qual o estado atual do departamento tendo em conta os requisitos da PAS 55. A análise ao departamento a partir dos requisitos da especificação permitirá indicar o trabalho que é necessário

realizar e quais os requisitos que já estão sendo contemplados, sendo desta forma possível estimar o trabalho necessário a realizar para a certificação com o PAS 55.

6 RESULTADOS

6.1 ENTREVISTA COM O MANUTENTOR

O resultado da entrevista do manutentor com relação ao item “Inspeção Preditiva” encontra-se na Tabela 11. O manutentor relatou que as anomalias, dependendo do caso, não são prontamente atendidas por questão de prioridades ou de demanda do trabalho. A equipe possui certificação para operar o analisador de vibração (técnica utilizada na fábrica auditada) e até possui um equipamento de excelente qualidade e bastante robusto, porém a empresa não faz calibração do equipamento. Pelo fato da manutenção ser centrada na confiabilidade dos mais de dois mil motores que existem na planta faz-se necessário um plano de calibração para que esta confiabilidade seja atendida. Quanto à rota de inspeção, o manutentor observou que poderia melhorar e ser mais organizada.

Inspeção Preditiva	Manutentor	
	Nota	Critério
1. Os históricos dessas inspeções fazem a diferença nas estratégias de manutenção das máquinas?	5	2
2. As anomalias identificadas são prontamente atendidas?	4	2
3. A equipe de manutenção preditiva possui certificação na(s) técnica(s) aplicada(s)?	5	1
4. Os equipamentos de maior relevância são conhecidos por todos os níveis do setor de manutenção (da gestão até a execução)?	5	3
5. Os instrumentos de inspeção são adequados para a atividade?	5	3
6. O plano de calibração dos instrumentos é aplicado rigorosamente no departamento de manutenção?	3	3
7. As inspeções preditivas seguem padrões mensuráveis?	5	3
8. A rota de inspeção é adequada para a execução do trabalho?	3	3
9. São fornecidos todos os Equipamentos de Proteção individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) necessários para a execução das inspeções preditivas?	5	3
10. É aplicado um método para investigação e um plano de ação para corrigir os defeitos encontrados nos equipamentos?	5	3
MÉDIA PONDERADA	4,46	

Tabela 11: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de inspeção preditiva
Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista do manutentor com relação ao item “Desenvolvimento de Habilidades Técnicas” encontra-se na Tabela 12. A única

observação referente a este item é quanto ao fato do acompanhamento psicológico ser ineficiente. Muitas vezes, com responsabilidades grandes e trabalhos envolvendo riscos de vida, o manutentor pode executar trabalhos com o emocional abalado ou com problemas externos que podem atrapalhar no serviço podendo causar acidentes (meio ambiente, segurança e patrimônio).

Desenvolvimento das Habilidades Técnicas	Manutentor	
	Nota	Critério
1. A equipe de manutenção é sistematicamente treinada e capacitada para desempenhar as suas tarefas?	5	3
2. É aplicada alguma ferramenta específica para identificação das carências de treinamento da equipe de manutenção?	5	2
3. O investimento na capacitação dos funcionários acompanham a evolução tecnológica?	5	3
4. Existe um acompanhamento psicológico que possa contribuir no desenvolvimento das habilidades técnicas do funcionário?	2	3
5. Os funcionários conseguem identificar a necessidade de novos treinamentos?	5	2
MÉDIA PONDERADA	4,31	

Tabela 12: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de desenvolvimento das habilidades técnicas

Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista do manutentor a respeito do tópico “Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição” se encontra na Tabela 13. Segundo o entrevistado, a integração entre os tipos de manutenção poderiam ser mais intensificadas. A metodologia de resolução de problemas (PDCA) é pouco utilizada para analisar os históricos de falhas dos equipamentos.

Outro aspecto importante é o fato do estoque de peças sobressalentes não serem revisados. Muitos itens obsoletos poderiam ser retirados de estoque. O manutentor relatou que em algumas situações as peças não estão armazenadas de maneira adequada. Sendo assim, pode ser que sempre tenham peças de reposição, porém é difícil saber se essas peças estão em bom estado de funcionamento ou sujas demais.

Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (Preditiva)	Manutentor	
	Nota	Critério
1. A integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (identificadas nas inspeções preditivas) são eficazes?	4	1
2. O histórico de paradas de máquinas, defeitos e falhas encontradas são utilizados para estratégias de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva)?	5	1
3. É utilizada alguma metodologia para analisar os históricos de falha dos equipamentos?	4	1
4. A integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição são adequadas?	5	3
5. As informações de planejamento, acompanhamento, execução e análise crítica das paradas programadas, preventivas e trocas sob condição são compartilhadas entre os setores de manutenção?	5	2
6. Os estoques de peças sobressalentes são revisados?	3	2
MÉDIA PONDERADA	4,4	

Tabela 13: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva)
Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista a respeito do tópico de análise sistêmica das funções (modos de falha) se encontra na Tabela 14. Segundo o entrevistado, a maioria das falhas já é esperada por eles, em casos muito raros acontecem algum problema que não esteja no planejamento do departamento. Porém, independente da falha que possa acontecer, em caso de alguma reincidência a equipe tem os recursos necessários para solucionar ou identificar a anomalia. Esse aspecto é fortalecido devido ao fato de existir uma reunião diária entre os supervisores de manutenção, neste evento há uma troca de informações de falhas identificadas, soluções tomadas, idéias de melhorias, inspeções que devem ser realizadas, etc. Segundo o manutentor entrevistado, eles são informados do resultado dessas reuniões e direcionados para as atividades prioritárias.

Existe um sistema interno no departamento que é utilizado para facilitar na identificação das causas de problemas que devem ser sanados ou mesmo os fatores que levam a determinado resultado. Segundo o manutentor, este processo não é realizado constantemente e esta metodologia deveria ser aplicada com mais

frequência, pois a identificação das falhas pelo manutentor acontece devido a sua experiência de muitos anos e não através de um processo sistematizado.

Quanto ao entendimento dos manuais de instruções das máquinas, isso é um aspecto que no ponto de vista do entrevistado pode melhorar, pois houve casos que esta ferramenta não estava traduzida para a língua portuguesa, ocasionando certa dificuldade na compreensão dos diagramas elétricos. No entanto, a convivência e o trabalho constante com a determinada máquina proporcionou que esta dificuldade seja amenizada. Além disso, o manutentor reforçou que tem a liberdade para recorrer aos membros superiores e, conseqüentemente, solicitar um auxílio em casos extremos. Em situações quando há falhas humanas, todas as ações necessárias são tomadas e a equipe é notificada. Porém, o entrevistado ressaltou que ele não tem conhecimento da existência de um algum documento que formalize o plano de ação.

Análise Sistêmica das Funções (Modos de Falha)	Manutentor	
1. A maioria falhas que podem ocorrer em um determinado equipamento já são conhecidas e esperadas pelo manutentor?	5	3
2. Os profissionais são treinados e qualificados para a interpretar e entender manuais de instruções das máquinas?	2	3
3. Em caso de reincidência de uma falha, existe algum gatilho para análise?	5	2
4. São elaborados planos de ação com a equipe quando há casos de falha humana?	5	3
5. Existe alguma estrutura de gerenciamento para classificar as causas de uma falha? Exemplo: Diagrama de Causa e Efeito.	3	2
6. A troca de informações entre operação, manutenção e áreas correlatas para avaliação das falhas são sistematizadas na estrutura da empresa?	4	2
MÉDIA PONDERADA	4	

Tabela 14: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de Análise sistêmica das funções (modos de falha)

Fonte: Autoria própria

O resultado da pesquisa com o manutentor a respeito do tópico de “manutenção proativa” se encontra na Tabela 15. Segundo o entrevistado, atualmente não existe uma auto-avaliação padronizada em serviços (inspeção, verificação, substituição e desmontagem). Por isso, as perguntas referente a manutenção autônoma não foram aplicáveis nesse estudo no departamento da fábrica produtora de cimento.

O manutentor mencionou que há um sistema muito satisfatório de ações de manutenção que visam manter sob controle ou evitam consequências de eventuais falhas no sistema que executa suas respectivas funções. Portanto, a manutenção proativa é sempre priorizada em detrimento com a manutenção reativa. Além disso, esse processo é organizado e é realizado por uma equipe específica. Essa equipe planeja todas as ações de manutenção preventiva e preditiva que serão efetuadas pelo operador.

No entendimento do entrevistado, o sistema de identificação de falhas ocultas é organizado e evitou a manutenção corretiva em muitas situações.

Manutenção Proativa	Manutentor	
	Nota	Critério
1. Existe uma sistemática de manutenção autônoma?	0	0
2. Os resultados obtidos pela manutenção autônoma são significativos?	0	0
3. A manutenção proativa é priorizada em detrimento com a manutenção reativa?	4	3
4. O tempo para execução das atividades de manutenção autonônoma são adequados?	0	0
5. Existe um plano específico de manutenção detectiva (falhas ocultas e sistemas de segurança)?	5	2
6. Existe uma equipe específica para o planejamento e condução da manutenção proativa?	4	2
7. As ações da manutenção proativa têm evitado a manutenção corretiva?	5	2
MÉDIA PONDERADA	4,44	

Tabela 15: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de manutenção proativa
Fonte: Autoria própria

O resultado da pesquisa com manutentor sobre o tópico de “análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)” se encontra na Tabela 16. Segundo o manutentor, todas as perdas decorrentes das quebras de máquinas são quantificadas. É monitorado o número de paradas do equipamento ou do setor de produção por defeito ou quebra, tempo de parada, tempo médio entre falhas e o tempo médio para reparo. Além disso, ele argumentou que a equipe de manutenção acompanha todo o desempenho das máquinas, planejam manutenções preventivas e preditivas com intuito de evitar as manutenções corretivas.

O entrevistado ressaltou que o departamento acompanha o custo do ciclo de vida das máquinas. Pois, durante as reuniões com o supervisor, os manutentores são informados de toda situação da máquina desde a sua concepção e fabricação, e são solicitados para buscar alternativas de redução dos custos e que possa amenizar a quantidade de falhas.

O manutentor mencionou que o departamento possui um estoque de peças sobressalentes em um local adequado e o mesmo sempre atendeu as necessidades. Porém, como não há uma verificação constante, todas as peças necessitam de algum reparo antes de serem utilizadas.

Quanto a pergunta 5 da Tabela 16, o manutentor argumentou que eles são incentivados para procurar soluções de melhorias na qualidade das máquinas e na redução de custos e tempo de reparo. Além disso, existe um monitoramento constante sobre as perdas com utilidades. Na visão dele, essa metodologia aplicada já contempla todas as necessidades e teve uma pequena parcela na redução de custo, principalmente as tarifas de energia.

Análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)	Manutentor	
	Nota	Critério
1. As perdas decorrentes das quebras de máquinas são quantificadas?	5	2
2. O departamento de manutenção acompanha a performance das máquinas?	5	3
3. O departamento de manutenção acompanha o custo do ciclo de vida (ccv) das máquinas?	5	2
4. A gestão de sobressalentes é adequada para o atendimento da produção?	3	2
5. A manutenção utiliza a cultura Lean Manufacturing para identificação de perdas?	4	3
6. Existe um sistema automatizado para monitoramento de perdas com utilidades (eficiência energética)?	5	2
MÉDIA PONDERADA	4,5	

Tabela 16: Entrevista com Manutentor sobre o tópico de Análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)
Fonte: Autoria própria

No Gráfico 1, pode ser visualizado os resultados da entrevista com o manutentor. Estes valores foram coletados das tabelas anteriores referente a cada subdivisão do nível dois da pirâmide SGM e foram convertidos em uma regra de três para que avaliação tenha a nota 10 ao invés de 5 como peso máximo.

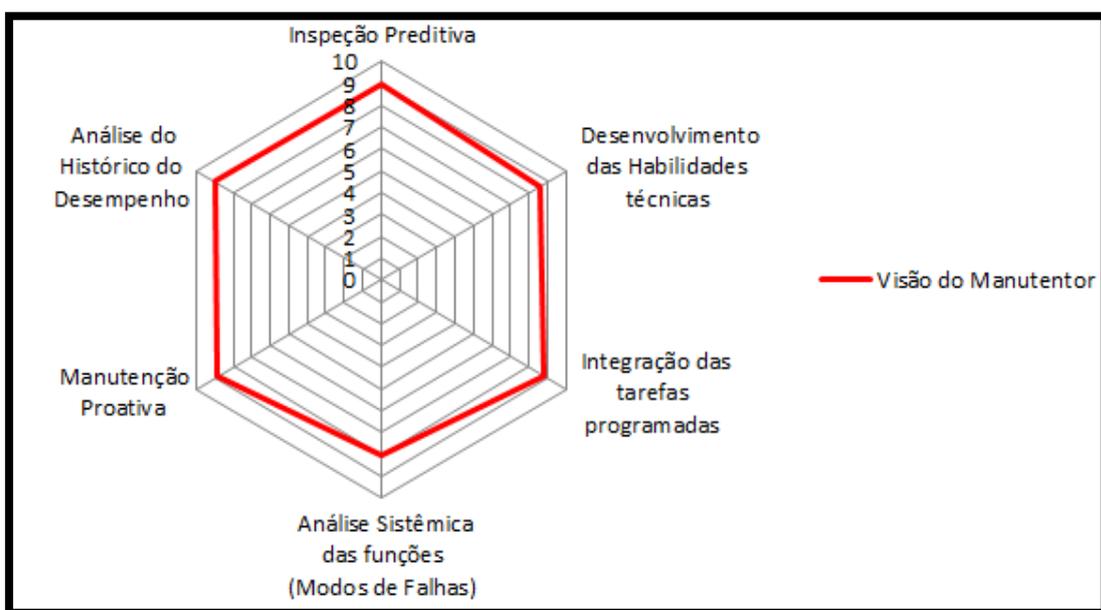


Gráfico 1: Resultado da entrevista com o Manutentor
Fonte: Autoria própria

6.2 ENTREVISTA COM SUPERVISOR

O resultado da entrevista do supervisor com relação ao item “Inspeção Preditiva” encontra-se na Tabela 17. O supervisor relatou que os históricos das inspeções fazem bastante diferença nas estratégias de manutenção, mas que poderiam melhorar. Também relatou que os equipamentos de maior relevância são conhecidos por todos no departamento de manutenção, mas que apenas sabem por experiência (poderia existir uma lista de equipamentos de maior relevância na forma virtual ou em papel).

Outro item observado foi que o supervisor, assim como o mantenedor, reconhece que a rota de inspeção preditiva poderia melhorar.

O supervisor relatou que o método para investigação de falhas aplicado na empresa (PDCA) poderia ser utilizado com mais frequência para a solução de problemas.

Inspeção Preditiva	Supervisor	
	Nota	Critério
1. Os históricos dessas inspeções fazem a diferença nas estratégias de manutenção das máquinas?	4	3
2. As anomalias identificadas são prontamente atendidas?	5	3
3. A equipe de manutenção preditiva possui certificação na(s) técnica(s) aplicada(s)?	5	3
4. Os equipamentos de maior relevância são conhecidos por todos os níveis do setor de manutenção (da gestão até a execução)?	3	3
5. Os instrumentos de inspeção são adequados para a atividade?	5	3
6. O plano de calibração dos instrumentos é aplicado rigorosamente no departamento de manutenção?	5	3
7. As inspeções preditivas seguem padrões mensuráveis?	5	3
8. A rota de inspeção é adequada para a execução do trabalho?	3	3
9. São fornecidos todos os Equipamentos de Proteção individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) necessários para a execução das inspeções preditivas?	5	2
10. É aplicado um método para investigação e um plano de ação para corrigir os defeitos encontrados nos equipamentos?	3	3
MÉDIA PONDERADA		4,28

Tabela 17: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de Inspeção Preditiva
Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista do supervisor com relação ao item “Desenvolvimento de Habilidades Técnicas” encontra-se na Tabela 18. O supervisor relatou que a equipe é treinada com frequência, mas que não há uma sistemática que ajudem a compreender quais são as necessidades do time de manutenção.

O supervisor comentou que o acompanhamento psicológico do funcionário poderia ser mais profundo para fins de prevenção de acidentes de trabalho, danos ao patrimônio da empresa e ao meio ambiente.

Desenvolvimento das Habilidades Técnicas	Supervisor	
	Nota	Critério
1. A equipe de manutenção é sistematicamente treinada e capacitada para desempenhar as suas tarefas?	4	2
2. É aplicada alguma ferramenta específica para identificação das carências de treinamento da equipe de manutenção?	5	3
3. O investimento na capacitação dos funcionários acompanham a evolução tecnológica?	5	2
4. Existe um acompanhamento psicológico que possa contribuir no desenvolvimento das habilidades técnicas do funcionário?	2	3
5. Os funcionários conseguem identificar a necessidade de novos treinamentos?	5	3
MÉDIA PONDERADA	4,15	

Tabela 18: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de desenvolvimento das habilidades técnicas

Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista do supervisor a respeito do tópico “Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição” se encontra na Tabela 19. Segundo o entrevistado, a integração dos tipos de manutenção poderia ser mais intensa. Também comentou que o histórico de paradas, defeitos e falhas encontradas nos equipamentos poderiam ser mais utilizados para estratégias de manutenção. O supervisor disse que a metodologia de resolução de problemas aplicada na empresa (PDCA) poderia ser mais utilizada. Também relatou que as informações da gestão de manutenção poderiam ser compartilhadas com mais intensidade dentro do próprio setor de manutenção.

Outro fato apontado foi à questão do estoque de peças sobressalentes. Segundo o supervisor, o estoque poderia ser revisado com alguma periodicidade para encontrar falhas em equipamentos de estoques e também para retirar equipamentos obsoletos.

Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (Preditiva)	Supervisor	
	Nota	Critério
1. A integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (identificadas nas inspeções preditivas) são eficazes?	4	3
2. O histórico de paradas de máquinas, defeitos e falhas encontradas são utilizados para estratégias de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva)?	3	3
3. É utilizada alguma metodologia para analisar os históricos de falha dos equipamentos?	3	2
4. A integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição são adequadas?	3	1
5. As informações de planejamento, acompanhamento, execução e análise crítica das paradas programadas, preventivas e trocas sob condição são compartilhadas entre os setores de manutenção?	4	2
6. Os estoques de peças sobressalentes são revisados?	3	3
MÉDIA PONDERADA		3,36

Tabela 19: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva)

Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista a respeito do tópico de “análise sistêmica das funções (Modos de Falha)” se encontra na Tabela 20. Segundo o entrevistado, a maioria das falhas já são esperadas pelo manutentor, em casos muito raros acontece algum problema que não é de conhecimento deles. Isso se deve ao fato que os manutentores têm uma grande experiência na área e já conhecem todo o processo das máquinas. Porém, em casos de reincidência de falhas, segundo o supervisor, o plano de ação pode ser melhorado, pois não existe um documento específico que esteja registrado todas as anomalias ocorridas, apenas são consultadas as ordens de serviço anteriores. Porém, esta situação é amenizada com a reunião diária entre os supervisores de manutenção, neste evento há uma

troca de informações de falhas identificadas, soluções tomadas, idéias de melhorias, inspeções que devem ser realizadas, etc.

Segundo o supervisor de manutenção, existe um processo interno muito satisfatório no departamento que é utilizado com o PDCA para facilitar a identificação das causas de problemas que devem ser sanados ou mesmo os fatores que levam a determinado resultado.

Quanto ao entendimento dos manuais de instruções das máquinas, isso é um aspecto que não há observações a serem feitas, segundo o ponto de vista do entrevistado. Pois, todos os casos que esta ferramenta não estava traduzida para a língua portuguesa, ocasionando certa dificuldade na compreensão dos diagramas elétricos foram solucionados o mais rápido possível. Além disso, o manutentor tem a liberdade para recorrer aos membros superiores e solicitar um auxílio em casos extremos. Em situações quando há falhas humanas, as ações necessárias são tomadas e toda a equipe é notificada. Porém, este processo ainda não se tornou muito satisfatório, pois no momento não existe um documento que formalize o plano de ação.

Análise Sistêmica das Funções (Modos de Falha)	Supervisor	
	Nota	Critério
1. A maioria falhas que podem ocorrer em um determinado equipamento já são conhecidas e esperadas pelo manutentor?	5	3
2. Os profissionais são treinados e qualificados para a interpretar e entender manuais de instruções das máquinas?	5	3
3. Em caso de reincidência de uma falha, existe algum gatilho para análise?	3	3
4. São elaborados planos de ação com a equipe quando há casos de falha humana?	3	3
5. Existe alguma estrutura de gerenciamento para classificar as causas de uma falha? Exemplo: Diagrama de Causa e Efeito.	4	3
6. A troca de informações entre operação, manutenção e áreas correlatas para avaliação das falhas são sistematizadas na estrutura da empresa?	5	3
MÉDIA PONDERADA	4,17	

Tabela 20: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de Análise Sistêmica das funções (modos de falha)
Fonte: Autoria própria

O resultado da pesquisa com o supervisor de manutenção com relação ao tópico de “manutenção proativa” se encontra na Tabela 21. Segundo o entrevistado, atualmente não existe uma auto-avaliação padronizada em serviços (inspeção, verificação, substituição e desmontagem). Por isso, as perguntas referente a manutenção autônoma não foram aplicáveis nesse estudo.

O supervisor mencionou que há um sistema muito satisfatório de ações de manutenção que visam manter sob controle ou evitam consequências de eventuais falhas no sistema que executa suas respectivas funções. Portanto, a manutenção proativa é sempre priorizada em detrimento com a manutenção reativa. Além disso, todo esse processo é organizado e realizado por uma equipe específica. Esse grupo planeja todas as ações de manutenção preventiva e preditiva que serão efetuadas pelo operador. Porém, há falhas de organização para planejamento das ações.

O entrevistado citou a identificação de falhas ocultas como primordial para garantia de confiabilidade, porém ainda não há um plano específico para atuação em sistemas ou máquinas. Para ele, esse aspecto deve ser mais organizado e todas as falhas ocultas que foram identificadas nas análises deveriam estar documentadas.

Manutenção Proativa	Supervisor	
	Nota	Critério
1. Existe uma sistemática de manutenção autônoma?	0	0
2. Os resultados obtidos pela manutenção autônoma são significativos?	0	0
3. A manutenção proativa é priorizada em detrimento com a manutenção reativa?	4	3
4. O tempo para execução das atividades de manutenção autônoma são adequados?	0	0
5. Existe um plano específico de manutenção detectiva (falhas ocultas	2	3
6. Existe uma equipe específica para o planejamento e condução da manutenção proativa?	3	3
7. As ações da manutenção proativa têm evitado a manutenção	5	3
MÉDIA PONDERADA		3,5

Tabela 21: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de Manutenção proativa
Fonte: Autoria própria

O resultado da pesquisa com o supervisor de manutenção com relação ao tópico de “análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)” se encontra na Tabela 22. Para o supervisor de manutenção, todas as perdas decorrentes das quebras de máquinas não são quantificadas de uma maneira organizada. Os dados quanto ao número de paradas do equipamento ou setor de produção por Defeito ou quebra, tempo de parada, tempo médio entre falhas e o tempo Médio para Reparo não são formalizados em algum documento. Ele comentou que a equipe de manutenção acompanha todo o desempenho das máquinas, planejam manutenções preventivas e preditivas com intuito de evitar as manutenções corretivas.

Quanto a pergunta 3 da Tabela 22, segundo o entrevistado, o departamento não realiza constantemente a análise de todos os capitais despendidos no suporte desse ativo desde a sua concepção e fabricação e na maioria das situações se limita apenas em alternativas que possam reduzir os custos e amenizar a quantidade de falhas.

O supervisor mencionou que o departamento possui um estoque de peças sobressalentes em local adequado e o mesmo sempre atendeu as necessidades. Porém, como não há verificação constante, algumas peças são encontradas danificadas e necessitam de algum reparo antes de serem utilizadas.

Quanto a pergunta 5 da Tabela 22, segundo o entrevistado poderiam haver mais incentivos para que a equipe de manutenção procure soluções de melhorias na qualidade das máquinas e na redução de custos e tempo de reparo. Além disso, existe um sistema automatizado muito organizado para monitoramento de perdas com utilidades.

Análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)	Supervisor	
	Nota	Critério
1. As perdas decorrentes das quebras de máquinas são quantificadas?	2	3
2. O departamento de manutenção acompanha a performance das máquinas?	5	3
3. O departamento de manutenção acompanha o custo do ciclo de vida (ccv) das máquinas?	2	3
4. A gestão de sobressalentes é adequada para o atendimento da produção?	3	3
5. A manutenção utiliza a cultura Lean Manufacturing para identificação de perdas?	3	3
6. Existe um sistema automatizado para monitoramento de perdas com utilidades (eficiência energética)?	4	3
MÉDIA PONDERADA	3,17	

Tabela 22: Entrevista com Supervisor sobre o tópico de análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)
Fonte: Autoria própria

No Gráfico 2, pode ser visualizado os resultados da entrevista com o manutentor. Estes valores foram coletados das tabelas anteriores referente a cada subdivisão do nível dois da pirâmide SGM e foram convertidos em uma regra de três para que avaliação tenha a nota 10 ao invés de 5 como peso máximo.

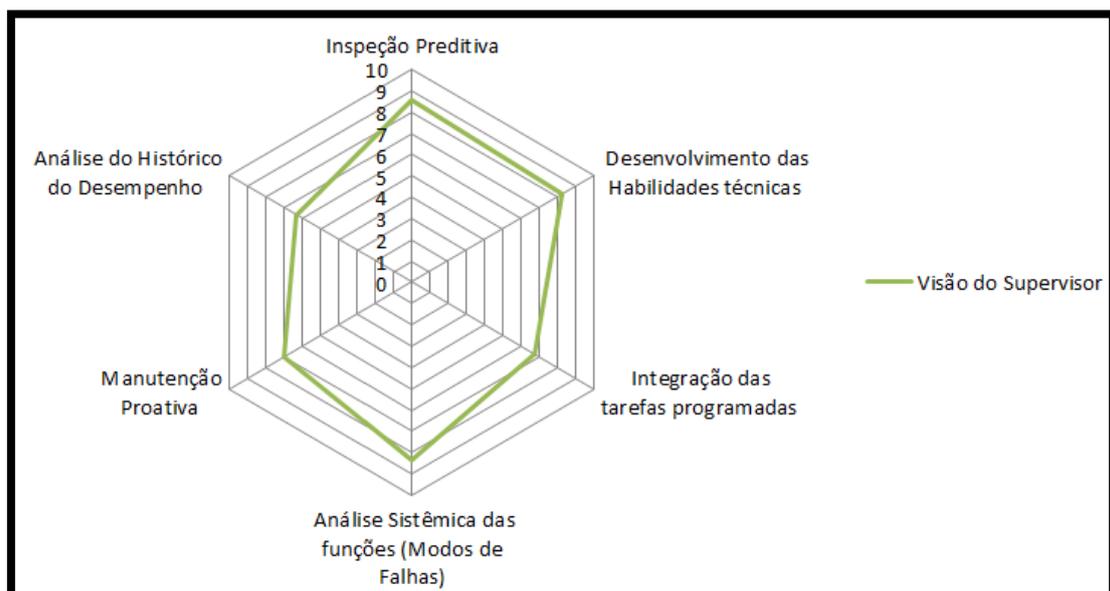


Gráfico 2: Resultado da entrevista com o Supervisor
Fonte: Autoria própria

6.3 ENTREVISTA COM O GERENTE

O resultado da entrevista do gerente com relação ao item “Inspeção Preditiva” encontra-se na Tabela 23. O gerente relatou que não há um plano de calibração para os instrumentos de medição preditiva. Ele ainda disse que o equipamento de análise de vibração é bastante moderno e robusto, porém já possui dois anos de uso e não foi feita calibração do mesmo. Como essa técnica preditiva garante maior confiabilidade da estratégia de manutenção utilizada nessa empresa é importante que se faça calibrações no equipamento.

Inspeção Preditiva	Gerente	
	Nota	Critério
1. Os históricos dessas inspeções fazem a diferença nas estratégias de manutenção das máquinas?	5	2
2. As anomalias identificadas são prontamente atendidas?	5	1
3. A equipe de manutenção preditiva possui certificação na(s) técnica(s) aplicada(s)?	5	3
4. Os equipamentos de maior relevância são conhecidos por todos os níveis do setor de manutenção (da gestão até a execução)?	5	3
5. Os instrumentos de inspeção são adequados para a atividade?	5	1
6. O plano de calibração dos instrumentos é aplicado rigorosamente no departamento de manutenção?	1	1
7. As inspeções preditivas seguem padrões mensuráveis?	5	1
8. A rota de inspeção é adequada para a execução do trabalho?	5	1
9. São fornecidos todos os Equipamentos de Proteção individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) necessários para a execução das inspeções preditivas?	5	1
10. É aplicado um método para investigação e um plano de ação para corrigir os defeitos encontrados nos equipamentos?	5	1
MÉDIA PONDERADA	4,73	

Tabela 23: Entrevista com Gerente sobre o tópico de Inspeção Preditiva
Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista do gerente com relação ao item “Desenvolvimento de Habilidades Técnicas” encontra-se na Tabela 24. O gerente relatou que a ferramenta para identificar as carências de treinamento da equipe de manutenção não é tão aplicada. Ela é mais aplicada para funcionários novos.

O gerente observou que o acompanhamento psicológico dos funcionários pode melhorar (existindo um acompanhamento mais específico e individual).

Quanto ao item 1 da Tabela 24 a nota que o gerente colocou foi 5. Isso porque ele acredita que a equipe está devidamente capacitada para desempenhar suas tarefas. Um exemplo disso é quanto a manutenção preditiva. O funcionário responsável por esse tipo de manutenção tem cursos em uma instituição bastante reconhecida por análise de vibrações.

Desenvolvimento das Habilidades Técnicas	Gerente	
	Nota	Critério
1. A equipe de manutenção é sistematicamente treinada e capacitada para desempenhar as suas tarefas?	5	1
2. É aplicada alguma ferramenta específica para identificação das carências de treinamento da equipe de manutenção?	3	1
3. O investimento na capacitação dos funcionários acompanham a evolução tecnológica?	5	2
4. Existe um acompanhamento psicológico que possa contribuir no desenvolvimento das habilidades técnicas do funcionário?	3	3
5. Os funcionários conseguem identificar a necessidade de novos treinamentos?	5	1
MÉDIA PONDERADA	4	

Tabela 24: Entrevista com Gerente sobre o tópico de Desenvolvimento das habilidades técnicas

Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista do gerente a respeito do tópico “Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição” se encontra na Tabela 25. Segundo o entrevistado, o compartilhamento de informações entre os setores de manutenção pode melhorar assim como a integração dos tipos de manutenção. O gerente também relatou que a metodologia adotada pela empresa (PDCA) não é muito utilizada para a solução de problemas ou investigação de falhas. Segundo o gerente, o histórico de paradas de máquinas poderia ser mais bem utilizado para definir estratégias de manutenção.

Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (Preditiva)	Gerente	
	Nota	Critério
1. A integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (identificadas nas inspeções preditivas) são eficazes?	5	2
2. O histórico de paradas de máquinas, defeitos e falhas encontradas são utilizados para estratégias de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva)?	4	3
3. É utilizada alguma metodologia para analisar os históricos de falha dos equipamentos?	3	1
4. A integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição são adequadas?	4	1
5. As informações de planejamento, acompanhamento, execução e análise crítica das paradas programadas, preventivas e trocas sob condição são compartilhadas entre os setores de manutenção?	3	1
6. Os estoques de peças sobressalentes são revisados?	3	2
MÉDIA PONDERADA	3,8	

Tabela 25: Entrevista com Gerente sobre o tópico de Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva)
Fonte: Autoria própria

O resultado da entrevista a respeito do tópico de “análise sistêmica das funções (Modos de Falha)” se encontra na Tabela 26. Segundo o entrevistado, a maioria das falhas já é esperada pelo mantenedor, em casos muito raros acontece algum problema que não esteja no planejamento do departamento. Porém, independente da falha que possa acontecer, em caso de alguma reincidência a equipe tem os recursos necessários para solucionar ou identificar a anomalia. Esse aspecto é fortalecido devido ao fato de existir uma reunião diária entre os supervisores de manutenção, neste evento há uma troca de informações de falhas identificadas, soluções tomadas, idéias de melhorias, inspeções que devem ser realizadas, etc.

Existe um sistema interno no departamento que é utilizado para facilitar a identificação das causas de problemas que devem ser sanados ou mesmo os fatores que levam a determinado resultado. Segundo o gerente de manutenção, este processo é realizado constantemente e o desempenho do mesmo é avaliado como satisfatório.

Quanto ao entendimento dos manuais de instruções das máquinas, isso é um aspecto que no ponto de vista do entrevistado pode melhorar, pois houve casos que esta ferramenta não estava traduzida para a língua portuguesa, ocasionando certa dificuldade na compreensão dos diagramas elétricos. No entanto, a convivência e o trabalho constante com a determinada máquina beneficiou que esta dificuldade seja amenizada. Além disso, o manutentor tem a liberdade para recorrer aos membros superiores e solicitar um auxílio em casos extremos. Em situações quando há falhas humanas, todas as ações necessárias são tomadas e toda a equipe é notificada. Porém, este processo ainda não se tornou muito satisfatório, pois no momento não existe um documento que formalize o plano de ação.

Análise Sistêmica das Funções (Modos de Falha)	Gerente	
	Nota	Critério
1. A maioria falhas que podem ocorrer em um determinado equipamento já são conhecidas e esperadas pelo manutentor?	4	1
2. Os profissionais são treinados e qualificados para a interpretar e entender manuais de instruções das máquinas?	3	2
3. Em caso de reincidência de uma falha, existe algum gatilho para análise?	5	2
4. São elaborados planos de ação com a equipe quando há casos de falha humana?	4	3
5. Existe alguma estrutura de gerenciamento para classificar as causas de uma falha? Exemplo: Diagrama de Causa e Efeito.	5	2
6. A troca de informações entre operação, manutenção e áreas correlatas para avaliação das falhas são sistematizadas na estrutura da empresa?	5	2
MÉDIA PONDERADA	4,33	

Tabela 26: : Entrevista com Gerente sobre o tópico de análise sistêmica das funções (modos de falha)

Fonte: Autoria própria

O resultado da pesquisa com o gerente de manutenção sobre o tópico de manutenção proativa se encontra na Tabela 27. Segundo o entrevistado, atualmente não existe uma auto-avaliação padronizada em serviços (inspeção, verificação, substituição e desmontagem). Por isso, as perguntas referente a manutenção autônoma não foram aplicáveis nesse estudo na fábrica produtora de cimento.

O gerente mencionou que há um sistema muito satisfatório de ações de manutenção que visam manter sob controle ou evitam consequências de eventuais falhas no sistema que executa suas respectivas funções. Portanto, a manutenção proativa é sempre priorizada em detrimento com a manutenção reativa. Além disso, esse processo é organizado e é realizado por uma equipe específica. Essa equipe planeja todas as ações de manutenção preventiva e preditiva que serão efetuadas pelo operador.

O entrevistado citou a identificação de falhas ocultas como primordial para garantia de confiabilidade, porém ainda não há um plano específico para atuação em sistemas ou máquinas. Para ele, esse aspecto deve ser mais estudado para que haja uma melhor organização e conseqüentemente melhores resultados.

Manutenção Proativa	Gerente	
	Nota	Critério
1. Existe uma sistemática de manutenção autônoma?	0	0
2. Os resultados obtidos pela manutenção autônoma são significativos?	0	0
3. A manutenção proativa é priorizada em detrimento com a manutenção reativa?	5	2
4. O tempo para execução das atividades de manutenção autonônoma são adequados?	0	0
5. Existe um plano específico de manutenção detectiva (falhas ocultas e sistemas de segurança)?	2	3
6. Existe uma equipe específica para o planejamento e condução da manutenção proativa?	5	3
7. As ações da manutenção proativa têm evitado a manutenção corretiva?	5	2
MÉDIA PONDERADA	4,1	

Tabela 27: : Entrevista com Gerente sobre o tópico de manutenção proativa
Fonte: Autoria própria

O resultado da entevista a respeito do tópico de “análise do histórico do de desempenho (perfil de perdas)” se encontra na Tabela 28. Segundo o gerente de

manutenção, todas as perdas decorrentes das quebras de máquinas são quantificadas. É monitorado o número de paradas do equipamento ou setor de produção por Defeito ou quebra, tempo de parada, tempo médio entre falhas e o tempo médio para reparo. A equipe de manutenção acompanha todo o desempenho das máquinas, planejam manutenções preventivas e preditivas com intuito de evitar as manutenções corretivas.

O custo do ciclo de vida de um ativo é a soma de todos os capitais despendidos no suporte desse ativo desde a sua concepção e fabricação, passando pela operação até ao fim da sua vida útil. Para o entrevistado, a análise de todo esse processo não é aplicável ao departamento, o departamento se concentra apenas na busca de alternativas que possa reduzir os custos e ameniza a quantidade de falhas.

O gerente mencionou que o departamento possui um estoque de peças sobressalentes em local adequado e o mesmo sempre atendeu as necessidades. Porém, para que esse aspecto se torne em nível excelente, deveria haver mais inspeções para verificação do estado das peças.

Quanto a pergunta 5 da Tabela 28, segundo o entrevistado há incentivos para a equipe de manutenção buscar soluções de melhorias na qualidade das máquinas e na redução de custos e tempo de reparo. Além disso, existe um sistema automatizado para monitoramento de perdas com utilidades, porém esse processo ainda não está consolidado e deve ser mais estruturado, para então ser formalizado.

Análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)	Gerente	
	Nota	Critério
1. As perdas decorrentes das quebras de máquinas são quantificadas?	5	3
2. O departamento de manutenção acompanha a performance das máquinas?	5	2
3. O departamento de manutenção acompanha o custo do ciclo de vida (ccv) das máquinas?	0	0
4. A gestão de sobressalentes é adequada para o atendimento da produção?	4	2
5. A manutenção utiliza a cultura Lean Manufacturing para identificação de perdas?	5	3
6. Existe um sistema automatizado para monitoramento de perdas com utilidades (eficiência energética)?	3	3
MÉDIA PONDERADA	4,38	

Tabela 28: Entrevista com o Gerente sobre o tópico de análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)
Fonte: Autoria própria

No Gráfico 3, pode ser visualizado os resultados da entrevista com o manutentor. Estes valores foram coletados das tabelas anteriores referente a cada subdivisão do nível dois da pirâmide SGM e foram convertidos em uma regra de três para que avaliação tenha a nota 10 ao invés de 5 como peso máximo.

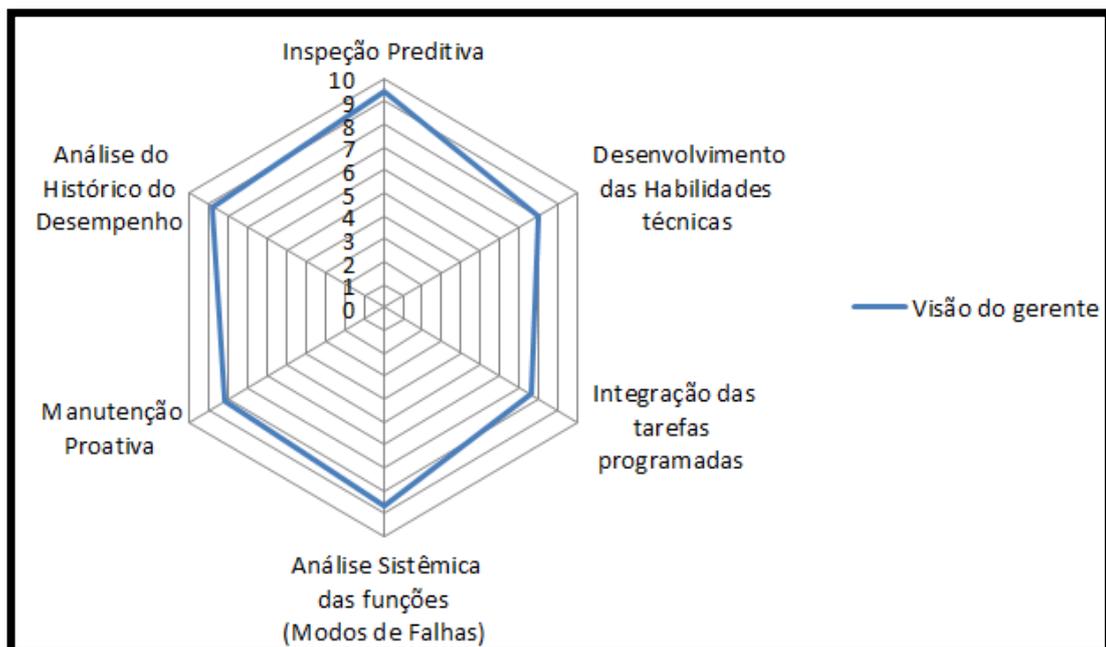


Gráfico 3: Resultado da entrevista com o Gerente
Fonte: Autoria própria

6.4 VISÃO GLOBAL

Na Tabela 29 podem ser visualizados os resultados globais das entrevistas referente aos seis itens que compõe o segundo estágio da pirâmide SGM. Todos os dados das tabelas anteriores valores foram convertidos para que avaliação tenha a nota 10 como peso máximo. A partir destas informações será possível avaliar a situação do departamento da empresa auditada na visão de cada nível hierárquico (gerente, supervisor e manutentor).

Subdivisões do Nível 2 da Pirâmide SGM	Gerente	Supervisor	Manutentor
Inspeção Preditiva	9,46	8,56	8,92
Desenvolvimento das Habilidades Técnicas	8	8,3	8,62
Integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (Preditiva)	7,6	6,72	8,8
Análise Sistêmica das Funções (Modos de Falha)	8,66	8,34	8
Manutenção Proativa	8,2	7	8,88
Análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas)	8,76	6,34	9

Tabela 29: Resultado final da entrevista sobre todos os tópicos do nível dois da pirâmide SGM
Fonte: Autoria própria

Quanto ao item inspeção preditiva da Tabela 29 pode-se observar que o supervisor e o manutentor obtiveram notas mais baixas em relação a do gerente. Durante as entrevistas foi observado que nesse item o departamento tem uma boa execução, mas poderia melhorar quanto ao planejamento como, por exemplo, melhora das rotas de inspeção e a melhor distribuição de tarefas entre os manutentores. Esse último fato é grave porque não há mais de uma pessoa capacitada para realizar as inspeções e na falta dela as inspeções não são realizadas.

Para o item “desenvolvimento de habilidades técnicas” da Tabela 29 as notas ficaram bastante parecidas e o que se observou durante as entrevistas foi que os funcionários são constantemente treinados para lidar com novas tecnologias e que possuem uma matriz de treinamento, mas que é aplicada com rigor apenas para funcionários novos.

O item “integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva)” foi bastante discutido durante as entrevistas. Os entrevistados afirmaram que há certo nível de integração entre os tipos de manutenção, porém que esta pode melhorar. O principal problema é a forma com que as informações são compartilhadas. O documento de análise de falhas (PDCA) é pouco utilizado no departamento de manutenção. Sendo assim, as informações são trocadas mais frequentemente por meio de reuniões diárias entre os manutentores e supervisores.

Quanto ao item de análise sistêmica das funções (modos de falha) Tabela 29 pode-se observar que a entrevista com o supervisor, o manutentor e o gerente obtiveram notas muito semelhantes. Há uma divergência na questão que diz à respeito se os profissionais são treinados e qualificados para interpretar e entender manuais de instruções das máquinas. Segundo o gerente e o manutentor, este ponto deve ser reavaliado, enquanto para o supervisor, este aspecto é organizado e satisfatório. Outro ponto que necessita ser estudado seria o caso quando houvesse reincidência de uma falha, se existe algum gatilho para análise. Para o supervisor e o gerente, este processo não é formalizado e nem documentado, ocorre apenas uma notificação ao grupo. O manutentor confirmou que esse sistema acontece neste modo e, que seria interessante se todas as notificações fossem registradas.

O item de “manutenção proativa” foi bastante discutido durante as entrevistas. Durante a conversa, os três entrevistados disseram que no momento não há uma sistemática de manutenção autônoma. Um ponto que tanto o supervisor como o gerente mencionaram que deve ser reavaliado é se existe no departamento um plano específico de manutenção detectiva para identificação de falhas ocultas. Para eles, esse projeto deveria ser mais estruturado e organizado, porém para o manutentor apesar de o sistema não ser totalmente especificado, o objetivo é atingido, devido ao fato da grande experiência dos manutentores com as máquinas, sendo assim, eles têm facilidade em identificar falhas ocultas.

Para o tópicos de análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas), houve uma diferença considerável entre as notas da entrevista com supervisor, manutentor e gerente. O Supervisor mencionou que o sistema para quantificar as perdas decorrentes das quebras de máquinas deve ser reavaliado. Porém, para o gestor e o manutentor esse processo é satisfatório. Quanto ao tópico que questiona se o departamento acompanha o custo do ciclo de vida das máquinas, o gerente mencionou esse processo não é aplicável ao departamento. Enquanto para o supervisor o departamento não realiza constantemente a análise de todos os capitais despendidos no suporte desse ativo. Já o manutentor argumentou que esse processo ocorre constantemente.

No Gráfico 4 podem ser visualizados os três gráficos radares correspondentes aos três níveis hierárquicos do departamento de manutenção. Porém, estes valores foram convertidos em uma regra de três para que avaliação tenha a nota 10 ao invés de 5 como peso máximo.

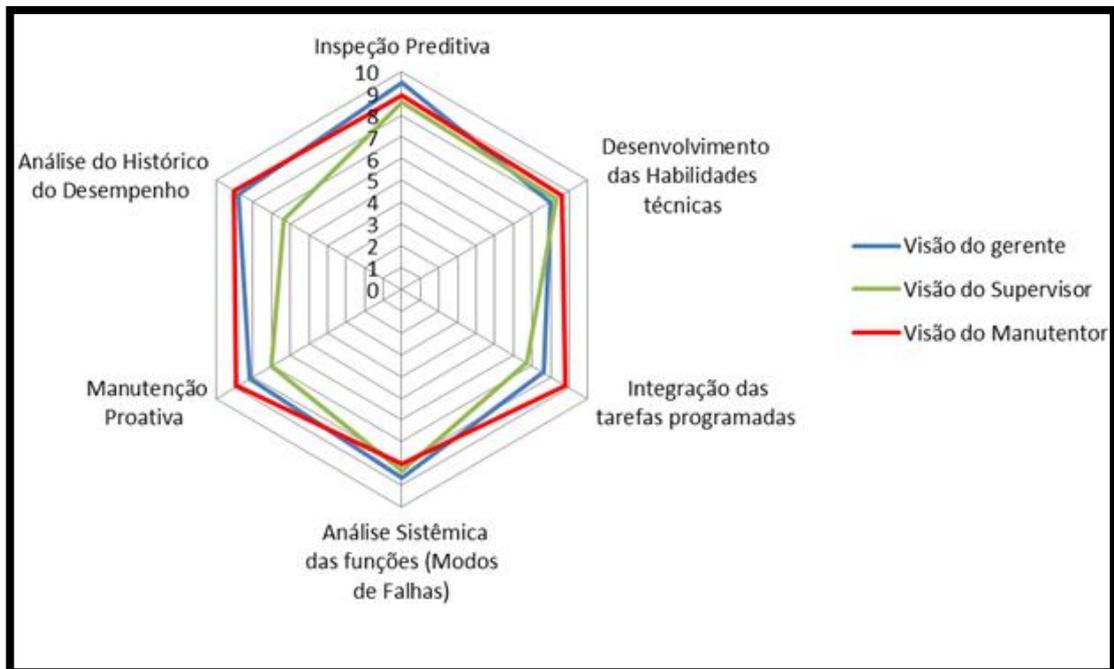


Gráfico 4: Resultado global da entrevista
Fonte: Autoria própria

6.5 ANÁLISE DA EMPRESA AUDITADA

Diante do estudo e dos resultados apresentados, foi possível identificar algumas características do departamento de manutenção. Um ponto interessante a ser mencionado é a segurança no momento de responder o questionamento. Em outras palavras, é visível que há uma comunicação entre os níveis hierárquicos. Apesar de existir esta boa comunicação, foram verificados que muitas decisões e ações não são documentadas, isto é, que são oficializadas apenas de forma oral.

O departamento de manutenção possui uma grande responsabilidade para que as linhas de produção não sejam interrompidas sem que haja alguma programação. Isso ocorre porque o custo de parada é extremamente elevado. Diante disso, as estratégias são focadas na confiabilidade das peças. Por isso, há uma preocupação em comprar peças robustas e de vida útil elevada. Porém, apesar de existir um estoque que possa atender a maioria das necessidades, as peças sobressalentes não são revisadas constantemente, podendo comprometer a confiabilidade delas. Além disso, foi verificada uma divergência nos argumentos referente ao acompanhamento do CCV.

Um ponto que deve ser reavaliado é o plano de calibração dos instrumentos utilizados nas inspeções preditivas. A falta de calibração nos instrumentos pode afetar os resultados analisados.

Durante as entrevistas percebeu-se que há um bom relacionamento entre os colaboradores do departamento. Porém, todos os entrevistados relataram que seria interessante se houvesse um acompanhamento psicológico individual para cada mantenedor. Caso haja este tipo de acompanhamento, os riscos que envolvam o meio ambiente, segurança e produção podem ser mitigados.

Outro aspecto que deve ser abordado foi o histórico de falhas e paradas. Segundo os entrevistados, estas informações são trocadas durante as reuniões diárias, porém elas não são documentadas periodicamente. Além disso, em poucas situações são utilizadas algum gatilho para investigação dessas falhas.

7 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho permitiu a elaboração de um processo de auditoria com base na PAS 55-1 (2008), levando em consideração o segundo estágio da pirâmide SGM. Esta avaliação visa assegurar que os requisitos propostos pela PAS 55-1 (2008) são cumpridos dentro de um setor de manutenção industrial.

No capítulo 2 foi realizado um estudo sobre gestão de ativos, PAS 55-1 (2008), engenharia de manutenção e sobre os conceitos e diretrizes para elaboração de uma auditoria.

No capítulo 3 deste trabalho foi realizado um estudo dos seis itens que compõem o segundo estágio da pirâmide SGM. Esse capítulo foi importante para a elaboração das perguntas da auditoria porque são tópicos específicos da área de manutenção. Os resultados permitem ao departamento verificar “O que está feito” e “O que falta fazer” para cumprir na totalidade os requisitos da PAS 55-1 (2008).

A partir da realização desse estudo foi possível identificar os principais pontos a melhorar por parte do departamento, estando entre estes, a falta de processos documentados das práticas, a falta de análises de falhas, descuido na gestão de peças sobressalentes, divergência de conhecimento entre os níveis hierárquicos sobre o departamento. Além disso, foi possível verificar a implementação de uma estrutura de gestão de ativos no departamento e na empresa.

A ferramenta foi validada em uma empresa nacional de produção de cimento buscando a percepção do gerente, supervisor e dos manutentores, referente aos tópicos propostos do segundo estágio da pirâmide SGM.

A auditoria estruturada no Capítulo 4 busca uma multivisão do departamento levando-se em conta as especificações enunciadas na PAS 55-1 (2008). Com os valores coletados nas entrevistas, foi possível localizar as distorções entre as percepções dos diferentes sujeitos, através de um gráfico radar elaborado no Excel.

Para o item “integração das tarefas programadas, preventivas e trocas sob condição (preditiva)” houve divergência entre os entrevistados. O supervisor, tendo visão ampla do planejamento e da execução, percebe que há certo nível de

integração entre os tipos de manutenção, porém que esta pode melhorar. O principal problema é a forma com que as informações são compartilhadas e o documento de análise de falhas (PDCA) é pouco utilizado no departamento de manutenção. Sendo assim, as informações são trocadas mais frequentemente por meio de reuniões diárias entre os manutentores e supervisores.

Para o tópico de análise do histórico de desempenho (determinação perfil de perdas), houve uma diferença considerável entre as notas da entrevista com supervisor, manutentor e gerente. Isso se deve a discrepância nos argumentos quanto a quantificação das perdas decorrentes das quebras de máquinas e também no acompanhamento do CCV das máquinas.

O item de “manutenção proativa” foi bastante discutido durante as entrevistas. Durante a conversa, os três entrevistados argumentaram que no momento não há uma sistemática de manutenção autônoma. Quanto a prática de manutenção detectiva, esse ponto deve ser reavaliado, pois as falhas ocultas que são identificadas, não são documentadas e esse processo não ocorre em uma maneira muito organizada.

Os resultados foram analisados no capítulo 6 através de estudo qualitativo, onde não foram considerados apenas os valores como produto final. Neste diagnóstico foram identificados pontos fortes e fracos do departamento de manutenção. Os pontos que devem ser reavaliados foram repassados a empresa como oportunidade de melhoria no futuro.

O estudo efetuado no departamento de manutenção permitiu definir através de uma análise mais aprofundada, os pontos que podem ser melhorados bem como efetuar uma revisão das práticas e planejamento de manutenção levando em consideração os requisitos da PAS 55-1 (2008).

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para projetos futuros, seria indicado elaborar uma ferramenta de auditoria em um departamento de manutenção de uma empresa,

porém focado no estágio 3 (integração da função manter) e estágio 4 (engenharia de confiabilidade) da pirâmide SGM.

Outra sugestão é a elaboração de um plano de ação para correção das anomalias identificadas neste trabalho realizado na fábrica produtora de cimento.

Por fim, pode-se elaborar uma ferramenta de auditoria no software visual basic que englobaria todos os níveis da pirâmide SGM.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcelo Cavalcanti. **Auditoria: Um Curso Moderno e Completo**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2010.

ALMEIDA, Sérgio Néri de. **Elaboração do Perfil de Perdas**. Vitória: Companhia Vale do Rio Doce, 2006.

ASSIS, Rui; JULIÃO, Jorge. **Gestão e Manutenção de Ativos (Custos ao longo do Ciclo de Vida)**. Figueira da Foz: Lidel, 2009.

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

BASQUES, Marcelo de A. **Indicadores de desempenho em empresas de logística de movimentação de carga e locação de equipamentos: um estudo de caso**. 2003. 75f. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CABRAL, José Paulo Saraiva. **Organização e Gestão da Manutenção: Dos conceitos à Prática**. Lisboa: Lidel, 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade Total: Padronização de Empresas**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

DAVENPORT. Thomas H. **Ecologia da Informação**. São Paulo: Futura, 1998.

DESCHAMPS, Fernando; GONÇALVES, Kallyl C.; LOURES, Eduardo de F. Modelo de referência para a gestão da manutenção no contexto de sistemas de informação do chão de fábrica. **Enegep 2008**, Rio de Janeiro, out. 2008. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_069_494_12172.pdf Acesso em: 25 jul. 2013.

DORIGO, Luiz Carlos; NASCIF, Júlio. **Manutenção Orientada para Resultados**. Rio de Janeiro: Quality Editora LTDA, 2009.

DRUMOND, Mauricio Rocha. **Manual do Sistema de Gerenciamento da Manutenção**. Minas Gerais: Companhia Vale do Rio Doce, 2004.

FECHA, Jorge Filipe Ferreira. **Aplicação da PAS 55 ao Departamento de Operação e Manutenção da Operadora da Rede Elétrica de Distribuição**. 2012. 89f. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2012.

FILHO, Gil Branco. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA, 2004.

FLUKE. **Catálogo de Produtos 2013. São Paulo, 2013, v. 1**. Disponível em: <<http://www.fluke.com/fluke/brpt/Medidor-de-Vibracoes/Fluke-805-Vibration-Meter.htm?PID=74298>>. Acesso em: 29 Jul. 2013.

HANSEN, Robert C. **Eficiência Global dos Equipamentos: uma poderosa ferramenta de Produção/Manutenção para aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HELMAN, Horacio; ANDERY, Paulo R. P. **Análise de Falhas (Aplicação dos Métodos de FMEA – FTA)**. Belo Horizonte: Editora Littera Maciel LTDA, 1995.

KAGUEIAMA, Heitor Azuma. **Sistematização de Técnicas de Análise de Falha e Projeto para Confiabilidade**. 2012. 120f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. **Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas**. Rio de Janeiro: Quality Editora LTDA, 2002.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Quality Editora LTDA, 2002.

LINS, B. F. E. Ferramentas Básicas da Qualidade. **Ciência da Informação**, Brasília, v.22, n.2, p.153-161, maio/ago, 1993.

MENEGASSO, Maria Ester; SALM, José Francisco. A educação continuada e (a) capacitação gerencial: discussão de uma experiência. **Revista de ciências da administração**, Florianópolis, UFSC, ano 3, n. 5, mar./2001, p. 27-35

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

MTA ENGENHARIA DE VIBRAÇÕES - ITAJUBÁ. **Análises avançadas de vibrações em máquinas rotativas.** Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/index4.html>>. Acesso em: 25 Nov. 2013.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda, 1989.

PAS 55: **gestão de ativos**/tradução Gerson Aparecido Arcos, Antônio de Pádua Teixeira – Rio de Janeiro: Qualitymark Editora LTDA, 2008.

PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção Produtiva: Teoria e Prática.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA, 2009.

RODRIGUES, Marcelo. **Gestão da Manutenção Elétrica, Eletrônica e Mecânica.** Curitiba: Editora Base, 2010.

QUINQUIOLO, J.M. **Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento para melhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva.** 2002. 107f. Tese (Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002.

SELEME, Robson. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais / Robson Seleme, Humberto Stadleri.** Curitiba: Ibpex, 2008.

VITALI, Claudio Antonio. **Auditoria de processos de manutenção planejada.** Curitiba: Monografia de especialização, 2011.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing.** Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Nova Lima: Editora INDG Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.