

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Renato Couto de Almeida

AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE UMA EMPRESA ATRAVÉS DO
GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO (CMMS) E AUXÍLIO
MULTICRITÉRIO

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Maio de 2014

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Renato Couto de Almeida

AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE UMA EMPRESA ATRAVÉS DO
GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO (CMMS) E AUXÍLIO
MULTICRITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Orientador: Prof. Milton Erthal Júnior , D.Sc.

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Maio de 2014

A477a Almeida, Renato Couto de.

Avaliação da gestão de uma empresa através do gerenciamento da manutenção (CMMS) e auxílio multicritério / Renato Couto de Almeida. – 2014.
82 f.; il.

Orientador: Milton Erthal Júnior.

Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Candido Mendes – Campos dos Goytacazes-RJ, 2013.

Bibliografia: f. 73 - 76.

1. Gerenciamento da manutenção (CMMS). 2. Auxílio multicritério. 3. Avaliação – manutenção e cuidado da maquinaria - empresas I. Universidade Candido Mendes – Rio de Janeiro. II. Título.

CDU – 58.581

RENATO COUTO DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE UMA EMPRESA ATRAVÉS DO
GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO (CMMS) E AUXÍLIO
MULTICRITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Candido Mendes – Campos/RJ, para obtenção do grau de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovado em 12 / 05 / 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Milton Erthal Júnior, DSc - Orientador
Universidade Candido Mendes

Prof. Eduardo Shimoda, D. Sc.
Universidade Candido Mendes

Prof. Claudio Luiz Melo de Souza, D. Sc.
Universidade Candido Mendes

Prof. André Luís Policani Freitas, D. Sc.
Universidade Estadual do Norte Fluminense

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
2014

À minha esposa Janai, pela solidez em todos os momentos possíveis e impossíveis.

Ao meu filho Renan, que sempre me faz pensar no amanhã.

In memoriam, à minha filha Natalia, que me ensinou que nada é mais importante que um único momento juntos.

AGRADECIMENTOS

À Família.

Ao meu orientador, Professor Milton Erthal Jr, pela paciência, compreensão, sabedoria e dedicação, durante esta caminhada.

Aos professores, Eduardo Shimoda e João Rangel, pela contribuição durante a pesquisa.

Aos professores do mestrado pelo constante incentivo à pesquisa.

À Universidade Candido Mendes - UCAM pelo profissionalismo institucional.

Ao Instituto Federal Fluminense - IFF pelo apoio acadêmico profissional.

Aos gestores da manutenção da empresa estudada, Águas do Paraíba S.A., principalmente a Marcus Vinício e Joselito, pela disponibilidade.

Aos amigos que acompanharam toda a luta e sempre se mostraram solidários.

Aos colegas de trabalho do IFF, pela troca constante de conhecimentos.

Aos amigos de trabalhos diversos no mestrado, Rui Dantier, Ana Carolina, Guilherme, Tiago Gomes, Romeu, Adalberto e Cleber, os quais a convivência me enriqueceu muito.

A todos os amigos do mestrado, que na intensa pesquisa e estudo, fizeram da persistência e união, as armas ideais nesta luta.

Aos funcionários da UCAM, principalmente, Cida, Salete, Marta e Weila, pela presteza e dedicação.

A todos que de alguma forma participaram deste projeto de estudo.

Se queres progredir não deves repetir a história, mas fazer uma história nova. Para construir uma nova história é preciso trilhar novos caminhos.

GANGHI

RESUMO

AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE UMA EMPRESA ATRAVÉS DO GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO (CMMS) E AUXÍLIO MULTICRITÉRIO

As pesquisas exibem a preocupação das empresas no investimento em programas de manutenção industrial. O *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) é uma ferramenta frequentemente utilizada na gestão da manutenção, e é considerada de fator primordial para a competitividade das empresas. O objetivo do trabalho é avaliar quais os equipamentos devem ser priorizados de acordo com as técnicas de manutenção industrial, com o Auxílio Multicritério à Decisão (AMD). Os métodos AMD que foram aplicados são de Condorcet e AHP (Analytic Hierarchy Process). O trabalho avaliou o grau de importância e satisfação da utilização do programa “CMMS” para a manutenção, e também as atividades de sustentabilidade realizadas pela empresa de prestação de serviço no tratamento e distribuição da água. O grau de satisfação geral com o programa foi considerado pelos 04 gestores da empresa como “alta”. O retorno de investimento em manutenção na empresa pesquisada tem estimativa de redução de custo de 2,11%, ou seja, uma eficiência próxima às melhores práticas de manutenções mundiais. No grupo selecionado de equipamentos, a Bomba 03 foi a mais prioritária para a manutenção, de acordo com o método AHP. A maior prioridade do equipamento indica a aplicação da técnica preditiva. A eleição da Bomba 03 atendeu a expectativas dos gestores da empresa em determinar o equipamento mais prioritário em razão da maior criticidade. Os itens avaliados reforçam a necessidade da utilização do programa “CMMS” para o planejamento e controle da manutenção da empresa estudada. O trabalho contribui com uma proposta metodológica de análise de situação da gestão da manutenção de uma empresa, através de técnicas de aplicação de questionários, cálculos de retornos de investimentos e métodos AMD.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da manutenção, Gestão ambiental, Auxílio multicritério à decisão.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE MANAGEMENT OF A COMPANY THROUGH MANAGEMENT OF MAINTENANCE (CMMS) AND AID MULTICRITERIA

The surveys show the concern of companies investing in programs of industrial maintenance. The Computerized Maintenance Management System (CMMS) is a tool often used in the management of maintenance, and it is considered a primary factor for the competitiveness of companies. The objective of this work is to evaluate what equipment should be prioritized according to the techniques of industrial maintenance, using the Multicriteria Decision Aid (AMD). The methods AMD that were applied are of Condorcet and AHP (Analytic Hierarchy Process). The study evaluated the degree of importance and satisfaction with the use of the program "CMMS" for maintenance and also the sustainability activities performed by the company for the provision of service in the treatment and distribution of water. The general level of satisfaction with the program was considered by 04 managers of the company as "high". The return on investment in maintenance on company surveyed have cost reduction estimate of 2.11%, in other words, an efficiency next best practices maintenance worldwide. In the selected group of equipment, the Pump 03 was the most important priority for the maintenance, in accordance with the AHP method. The highest priority of equipment indicates the application of predictive technique. The election of the Pump 03 has met the expectations of the company's managers in determining the equipment more priority because of greater criticality. The evaluated items reinforce the need to use the program "CMMS" for the planning and control of maintenance of the company studied. This work contributes with a methodological proposal for situation analysis of maintenance management of a studied company, through survey, calculating investment returns and AMD methods.

KEYWORDS: Maintenance management, Environmental management, Multicriteria decision aid.

LISTA DE EQUAÇÕES E FIGURAS

Equação 1	Conceito da disponibilidade	32
Figura 1	Custo em porcentagem total de custo em valor anual da manutenção das empresas brasileiras nos últimos 16 anos	17
Figura 2	Índices importantes de manutenção	32
Figura 3	Gráfico da disponibilidade operacional das empresas brasileiras nos anos 1995 até 2011	37
Figura 4	Estrutura com abordagem pelo método AHP	40
Figura 5	Estação de tratamento de água (ETA-Coroa)	43
Figura 6	Etapas do processo de tratamento da água potável	43
Figura 7	Gráfico de satisfação versus importância	47
Figura 8	Planilha eletrônica com as fórmulas apresentadas na célula F16 para cálculo de ROI	49
Figura 9	Esquema de avaliações comparativas entre os critérios em maior importância para os equipamentos pelo método Condorcet	51
Figura 10	Esquema de avaliações comparativas entre os critérios em maior importância para os equipamentos pelo método Condorcet	51
Figura 11	Gráficos de satisfação versus importância para os 11 itens relacionados as principais funcionalidades do CMMS	53
Figura 12	Gráficos de satisfação versus importância para os 10 itens relacionados aos diversos módulos e aplicações do programa CMMS	54
Figura 13	Gráficos de satisfação versus importância para os 8 itens relacionados aos aspectos de qualidade e sustentabilidade do programa CMMS	55
Figura 14	Planilha eletrônica de cálculo de retorno de investimento (ROI) com os dados das técnicas de manutenção da empresa analisada e estimativa de redução de custo	56

Figura 15	Análise feita no método AHP utilizando a escala de Saaty (1990) para os equipamentos à luz dos critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade	60
Figura 16	Matriz de análises entre os critérios, par a par na escala de Saaty (1990) à luz do objetivo principal	61
Figura 17	Gráfico das prioridades dos equipamentos conforme análise pelo método AHP considerando os critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Aplicação dos recursos em pessoal relativa às técnicas de manutenção em 2011.	25
Tabela 2	Escala segundo Saaty para análise AHP.	41
Tabela 3	Custo estimado e a distribuição dos valores médios para as técnicas de manutenção aplicadas nas empresas a nível mundial.	48
Tabela 4	Alternativas de equipamentos com os TAG.	49
Tabela 5	Grau de importância e satisfação dos gestores de acordo com os valores médios (\pm desvio padrão) quanto às funcionalidades do CMMS	53
Tabela 6	Grau de importância e satisfação dos gestores de acordo com os valores médios (\pm desvio padrão) quanto aos módulos e aplicações do CMMS	54
Tabela 7	Grau de importância e satisfação dos gestores de acordo com os valores médios (\pm desvio padrão) quanto à qualidade do CMMS	55
Tabela 8	Dados percentuais das técnicas de manutenção aplicadas na empresa e a estimativa de redução de custo	56
Tabela 9	Apresentação da avaliação comparativa entre os critérios obtidos pelo método Condorcet	57
Tabela 10	Resultados das avaliações de prioridade dos equipamentos quanto ao critério segurança com somatório total	57
Tabela 11	Resultados das avaliações de prioridade dos equipamentos quanto ao critério ambiental com somatório total	58
Tabela 12	Resultados médios e avaliações dos equipamentos quanto aos critérios produção, disponibilidade e custo	58
Tabela 13	Técnicas de manutenções aplicadas nos equipamentos da empresa	59
Tabela 14	Cálculos das prioridades dos métodos locais (PML) dos equipamentos e as razões de consistências (RC) quanto aos critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade	61
Tabela 15	Apresentação das prioridades médias locais (PML) para os critérios	62

Tabela 16 Valores percentuais das distribuições das técnicas de manutenções aplicadas mundialmente nas empresas brasileiras e na empresa pesquisada relacionada à estimativa de redução de custo 67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Mostra da evolução dos sistemas de controle da manutenção no Brasil	29
Quadro 2	Empregados próprios de manutenções das empresas brasileiras	34
Quadro 3	Qualificação da mão-de-obra (MOB) na indústria brasileira	34
Quadro 4	Principais técnicas de manutenções aplicadas nas empresas no Brasil	35
Quadro 5	Ferramentas aplicadas no controle da qualidade da manutenção das empresas brasileiras	36
Quadro 6	Principais indicadores de desempenho utilizados na manutenção brasileira em grau de importância em 2009	36
Quadro 7	Tipos de programas aplicados na manutenção do Brasil de 1995 a 2009	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVO	19
1.1.1	Objetivo Geral	19
1.1.2	Objetivos Específicos	19
1.2	JUSTIFICATIVA	19
1.3	DELIMITAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	20
1.4	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	21
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2	REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1	A EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO	24
2.1.1	Manutenção Corretiva	25
2.1.2	Manutenção Preventiva	26
2.1.3	Manutenção Preditiva	27
2.1.4	Manutenção Detectiva	27
2.1.5	Engenharia de Manutenção	28
2.2	SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO	28
2.2.1	Indicadores de Manutenção	30
2.2.1.1	Segurança	30
2.2.1.2	Ambiental	31
2.2.1.3	Produção	31
2.2.1.4	Disponibilidade	31
2.2.1.5	Custo	32
2.3	SITUAÇÃO DA MANUTENÇÃO NO BRASIL	33

2.4	AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO	38
2.4.1	Método Condorect	38
2.4.2	Definição de Prioridades	40
2.4.3	Consistência	41
3	PROCESSO INDÚSTRIAL ESTUDADO	42
4	METODOLOGIA	45
4.1	QUESTIONÁRIO SOBRE SATISFAÇÃO NA MANUTENÇÃO	45
4.2	COMPRAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO	48
4.3	APLICAÇÃO DA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) E CONCORCET	49
5	RESULTADOS	52
5.1	GRAU DE SATISFAÇÃO COM O CMMS	52
5.2	VERIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO	56
5.3	AVALIAÇÃO POR ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) E CONCERT	56
6	DISCUSSÃO	64
7	CONCLUSÕES	70
7.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	APÊNDICE I: QUESTIONÁRIO REFERENTE À SATISFAÇÃO COM O PROGRAMA CMMS	77
	APÊNDICE II: PLANILHA DO EXCELL DE CÁLCULO DO RETORNO DE INVESTIMENTO (ROI) NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO	79
	APÊNDICE III: QUESTIONÁRIO SOBRE AS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PELOS GESTORES	80
	APÊNDICE IV: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE MANUTENÇÃO	82

1. INTRODUÇÃO

A manutenção industrial é a atividade de assistência técnica necessária para corrigir, monitorar e prevenir falhas nos equipamentos eletrônicos, elétricos e mecânicos. A assistência técnica da manutenção visa manter a integridade física do processo industrial dentro de padrões predeterminados, com segurança total. Segundo Kardec; Nascif (2006, p. 21), a manutenção é a atividade de intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações com a finalidade de restabelecer sua condição funcional dentro de padrões prescritos, sendo esta ação caracterizada pelas principais técnicas de manutenção, tais como, as manutenções corretiva, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção.

O gerenciamento da manutenção é tratado de diversos modos pelas empresas de pequeno, médio e grande porte. A antiga visão da manutenção industrial nas empresas como fonte de custos apresenta tendência à queda. Atualmente, as grandes empresas investem recursos financeiros expressivos em tecnologias para minimização dos custos com a manutenção, e, assim, ampliar suas margens de lucros (SOUZA, 2013, p. 9).

No Brasil, em geral, a gestão da manutenção não é tratada de forma estratégica e dedicada. A gestão da manutenção é feita de forma paralela com a gestão da qualidade, pois a cultura industrial tem dificuldade em distinguir estas duas gestões (UNINDU, 2012).

As empresas brasileiras estão investindo recursos financeiros cada vez maiores com a manutenção de suas atividades. A Figura 1 apresenta o custo em porcentagem total e o custo em valor anual da manutenção das empresas brasileiras nos últimos 16 anos. Nesta figura pode-se observar que o custo médio da manutenção numa empresa brasileira apresenta tendência à queda se comparado

com o custo total da empresa (4,26% em 1995 e 3,95% em 2011). No entanto, neste mesmo período, pode-se observar crescimento exponencial do valor gasto com a manutenção, que passou de um custo aproximado de 20 bilhões de Reais em 1995 para 150 bilhões de Reais em 2011, ou seja, um acréscimo de aproximadamente 650% em custo de manutenção no Brasil (ABRAMAN, 2011).

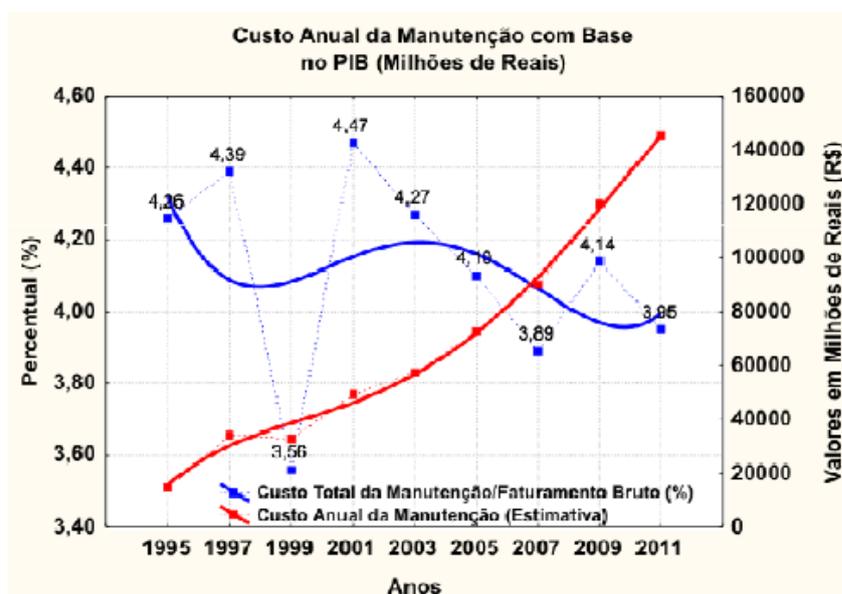


Figura 1: Custo em porcentagem total e o custo em valor anual da manutenção das empresas brasileiras nos últimos 16 anos.
Fonte: Abramam (2011).

As pesquisas acadêmicas exibem a preocupação das empresas no investimento em programas de manutenção, sendo o *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) uma ferramenta frequentemente utilizada na gestão da manutenção. O “CMMS” é um programa muito pesquisado e traz os seguintes benefícios para as empresas: programar os serviços de manutenção, otimizando a mão de obra disponível, obras, máquinas e outros em função da demanda; nivelamento da mão de obra; elaboração da manutenção antecipada dos serviços com datas pré-definidas; emissão de relatórios gerenciais; e as utilizações de softwares conjugados, por exemplo com o *MS Project*, para o planejamento de grandes serviços (NASCIF; DORIGO, 2013). Atualmente existem mais de 200 *softwares* de manutenção no mercado, sendo que no mercado brasileiro os programas de gerenciamento da manutenção mais utilizados são: Engeman, Astrein, Sigma e Máximo (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 81); (ABRAMAN, 2011).

Os aspectos relacionados às questões ambientais tem se tornado cada vez mais essenciais na competitividade das empresas que desejam se manter no mercado. As empresas que possuem a norma ISO 14001 ou que buscam uma certificação ambiental devem implementar ações operacionais voltadas a minimização dos impactos ao meio ambiente (OLIVEIRA; SERRA, 2010). Estas ações devem ser monitoradas e podem ser administradas pelo programa “CMMS”, no entanto, poucos trabalhos apontam para o uso desta ferramenta para a gestão das ações ambientais (BRAGLIA et al, 2006).

Na manutenção dos equipamentos industriais, a determinação da priorização de execução das ordens de serviços (OS) é feita pelos gestores, principalmente, por razões de complexidades e grande números de atividades. Os critérios utilizados são diversos, mas os mais reconhecidos são: segurança, produção, ambiental, disponibilidade e custo. Estes critérios possuem sua importância, a qual normalmente varia em razão da avaliação dos gestores. Os Métodos de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) podem ser aplicados para obter um consenso no grau de importância entre os critérios (ALMEIDA, 2001); (COSTA, 2006, p. 9).

A aplicação do programa CMMS, usado para o planejamento e gerenciamento da manutenção, é considerada um fator primordial para manter-se competitiva no mercado (AMARANTO JÚNIOR, 2009). No entanto, devido aos custos elevados para sua implantação e dificuldades operacionais, são incomuns os relatos de empresas de médio e pequeno porte que implantaram o programa CMMS para gestão da manutenção. A divisão em módulos comerciais dos programas CMMS foi uma saída para torná-los mais acessíveis às empresas de médio e pequeno porte (ENGEMAN, 2013).

Neste trabalho, o objetivo é avaliar quais os equipamentos devem ser priorizados de acordo com as técnicas de manutenção industrial, com o Auxílio Multicritério à Decisão (AMD). Os métodos AMD a serem aplicados são de Condorcet e *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

O trabalho avaliou o grau de importância e satisfação da utilização do programa “CMMS” para a manutenção, e também as atividades de sustentabilidade realizadas pela empresa de prestação de serviço no tratamento e distribuição da água. A empresa estudada, esta localizada na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro, é de médio porte e implantou o “CMMS” há, aproximadamente, 05 anos.

Os gestores da empresa definiram, em comum acordo, a melhor solução para uma decisão de gestão da manutenção como sendo a escolha do equipamento prioritário dentro de um grupo definido.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

A pesquisa visa verificar as contribuições que o “CMMS” proporcionou em uma empresa prestadora de serviços de médio porte e avaliar quais os equipamentos devem ser priorizados de acordo com as técnicas de manutenção, através dos métodos AMD.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Propor uma metodologia para elencar os equipamentos que devem ser priorizados de acordo com as técnicas de manutenção, com o Auxílio Multicritério à Decisão;
- Avaliar o grau de satisfação e importância que a gerência da empresa obteve com a utilização do programa “CMMS”;
- Avaliar como o programa “CMMS” auxilia a empresa em decisões voltadas a questão ambiental;
- Analisar os dados obtidos no “CMMS” sobre as técnicas de manutenção aplicadas e relacioná-las às melhores práticas de manutenção mundial.

1.2 JUSTIFICATIVA

O uso de métodos de AMD (Auxílio Multicritério à Decisão) conjugado com a aplicação do programa “CMMS” na indústria da região do Norte Fluminense é uma novidade. A empresa de médio porte estudada implantou o “CMMS” há, aproximadamente, 05 anos e busca excelência em gestão. Portanto, apresenta um cenário positivo na busca de novas técnicas administrativas.

O nível de satisfação com a utilização destes programas na manutenção industrial é pouco estudado no Brasil. As empresas brasileiras investem cada vez mais na manutenção industrial, sendo necessária uma cultura mais focada na estratégia. A aplicação de uma estratégia fundamentada em dados sólidos pode gerar o sucesso de um programa de manutenção. Os dados sólidos são representados por indicadores de manutenções que direcionam para as melhores tomadas de decisão. O trabalho sugere os melhores indicadores a analisar, sendo parâmetros na manutenção: produção, segurança, ambiental, disponibilidade e custo.

As melhores práticas mundiais de manutenção são pouco disseminadas no Brasil, bem como, os métodos para avaliar o grau de manutenção na empresa, relacionada às técnicas de manutenção. As técnicas de manutenção aplicadas na empresa analisada podem ser facilmente comparadas com as melhores práticas mundiais, com obtenção de bons parâmetros de tomadas de decisões.

A pesquisa analisa a gestão da manutenção da empresa numa visão ambiental com foco na sustentabilidade, sabendo que o produto envolvido é a produção de água tratada. No Brasil a percepção da sustentabilidade é pouco trabalhada com foco estratégico. As empresas, em geral, implantam muitos *softwares* para obter certificações, tal como a série ISO 14000. Estas atitudes gerenciais sem foco estratégico, normalmente ao longo prazo, levam as manutenções das empresas aos níveis de gestões caóticas e insustentáveis.

A análise da gestão da manutenção é um estudo constante e necessário na cultura de empresas que são referências em seu mercado. A pesquisa visa aprofundar e disseminar este conhecimento no meio empresarial e acadêmico.

1.3 DELIMITAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O trabalho é delimitado na análise da aplicação do programa “CMMS” na manutenção industrial, através de um estudo de caso da empresa de porte médio. A análise da aplicação do “CMMS” é focada sobre três aspectos:

- A satisfação e importância do programa, relacionada pelos gestores da manutenção;

- O nível da manutenção na empresa estudada e comparada às melhores práticas mundiais;

- A aplicação de métodos Auxílio Multicritério à Decisão na manutenção industrial, de modo a determinar a criticidade dos equipamentos.

O corpo do trabalho esclarece procedimentos a serem executados no estudo da manutenção de uma empresa. Os procedimentos aplicados são feitos através de questionários, métodos AMD e comparações.

1.4 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Este trabalho sobre a gestão da manutenção foi desenvolvido dentro da Engenharia de Produção ao nível de mestrado. A especialização nos conceitos de manutenção industrial, a ampla possibilidade de aplicações dos métodos de Auxílio Multicritério à Decisão e os gestores dispostos da empresa estudada foram fatores fundamentais na construção desta pesquisa.

A pesquisa foi iniciada numa verificação bibliográfica da aplicação dos “CMMS” na indústria. Os resultados de estudo sobre a aplicação destes programas não foram muito relevantes, apesar se serem bastantes aplicados nas empresas. E uma empresa de porte médio foi determinada para o estudo de caso.

As próximas etapas foram desenvolver e executar o questionário fechado sobre a satisfação e importância do programa para a empresa. O questionário baseado em pesquisas bibliográficas foi elaborado para captar o nível de utilização dos módulos do *software*, quanto à importância e satisfação.

As diversas variáveis que envolvem a manutenção, para a determinação da criticidade de um equipamento, foram determinantes para a aplicação dos métodos AMD. Os métodos aplicados foram o método Condorcet e por *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Na sequência foram feitos novos questionários baseados na análise pelos métodos AMD, os quais determinaram os pesos dos critérios e os graus comparativos entre as alternativas elencadas por gestores. Os métodos AMD possibilitaram determinar a criticidade dentro de um grupo de equipamento.

Nestes questionários foram obtidos os dados sobre as técnicas de manutenção aplicadas na empresa. Os níveis percentuais das técnicas utilizadas foram comparados com as melhores práticas de manutenções mundiais.

O desenvolvimento da pesquisa nestes moldes foi feita de modo inicial com questionário de satisfação, sendo posterior análise sobre as técnicas de manutenção e finalizando com a determinação da criticidade de equipamento pelos métodos AMD.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em 7 capítulos com a estrutura nos seguintes tópicos sequenciais: Introdução; Revisão de Literatura; Processo Industrial Estudado; Metodologia; Resultados; Discussão; e Conclusões.

O capítulo da introdução apresenta o conceito de manutenção atual e destaca o grande crescimento em investimento na manutenção nos últimos anos. Este crescimento é reforçado principalmente pela maior necessidade das empresas na aquisição de *software* para a gestão da manutenção, conhecidos comercialmente como “CMMS”. Os dados do “CMMS” aliados com as avaliações dos gestores da manutenção demonstram a possibilidade da aplicação eficiente dos métodos AMD para a determinação de prioridade de manutenção de equipamento. Neste capítulo são especificados os objetivos, justificativa, delimitação da dissertação, metodologia de desenvolvimento e estrutura de trabalho.

O capítulo 2 apresenta a revisão de literatura, onde temos o desenvolvimento dos temas: A evolução das técnicas de manutenção; Sistema de gestão da manutenção; Situação da manutenção no Brasil; Auxílio Multicritério à Decisão: métodos AHP e Condorcet. A evolução da manutenção é tratada com as técnicas de manutenção de forma resumida, mas com dados atuais da Abraman (2011). O sistema de gestão da manutenção é focado numa visão estratégica dentro das empresas com a utilização de *software*. Os dados obtidos destes programas devem estar relacionados aos indicadores de manutenção, tais como: produção, ambiental, segurança, disponibilidade e custo. A situação da manutenção no Brasil é apresentada por dados obtidos da Abraman (2011), em forma resumida em tabelas e gráficos. O Auxílio Multicritério à Decisão demonstra a aplicabilidade na determinação da melhor opção de um conjunto de alternativas.

O capítulo 3 está estruturado na apresentação do processo industrial de uma estação de captação, tratamento e distribuição de água da empresa pesquisada.

O capítulo 4 detalha os questionários, métodos e procedimentos aplicados na metodologia. Os questionários, de forma geral, foram fechados. Os métodos AMD obtiveram os seus resultados por cálculos de *software* específicos.

O capítulo 5 apresenta os resultados dos questionários de satisfação, dos métodos AHP aliado ao Condorcet e dos procedimentos comparativos das técnicas de manutenção da empresa.

O capítulo 6 expressa uma breve discussão dos resultados. Neste capítulo são feitas avaliações, questionamentos e verificações dos dados obtidos na empresa.

E o último capítulo que destaca as principais conclusões e considerações finais de acordo com os objetivos propostos no trabalho.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

A manutenção pode ser relacionada aos primórdios da criação de um dispositivo funcional pelo homem, o que pode nos remeter a pré-história. As atitudes de corrigir e manter ferramentas rudimentares na pré-história podem ser relacionadas às ações corretivas. Ao longo do tempo, não houve mudanças significativas no conceito da gestão da manutenção corretiva, considerando este período até a segunda grande guerra mundial, ou seja, na década de 40. Durante este período, conhecido como a primeira geração da manutenção, a filosofia empregada na manutenção de operações consistia em esperar falhar para poder consertar, mesmo que intuitivamente, sendo conhecida como manutenção corretiva (XENOS, 1998, p. 15).

No final da década de 1940 inicia-se a segunda geração da manutenção, que durou até meados da década de 1970. Esta fase foi caracterizada pelo aumento da mecanização e início da manutenção preventiva. A terceira geração, após a década de 1970, é caracterizada pela automatização e o maior avanço das novas técnicas de manutenção, tal como a preditiva, a qual monitora os processos através de dispositivos eletrônicos (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 4); (SIQUEIRA, 2009).

Segundo Kardec; Nascif (2006, p. 26), as técnicas de manutenção determinam os tipos de procedimentos empregados nos processos industriais para intervenção das falhas nos sistemas e instalações. As técnicas são classificadas, em geral, como:

- a) Manutenção corretiva;
- b) Manutenção preventiva;

- c) Manutenção preditiva;
- d) Manutenção detectiva;
- e) Engenharia de manutenção.

Sendo importante destacar que as manutenções preditiva e corretiva planejada apresentam a metade do custo estimado da manutenção corretiva (NASCIF; DORIGO, 2013).

De acordo com a Abramam (2011), a aplicação média dos recursos com mão de obra destinada a manutenção dos equipamentos industriais no Brasil em 2011 é mais intensa nas ações preventivas (Tabela 1). As tendências das técnicas de manutenção são de aumento das ações preventiva e preditiva, em relação à ação corretiva (ABRAMAN, 2011).

Tabela 1: Aplicação dos recursos em pessoal relativa às técnicas de manutenção em 2011.

Corretiva (%)	Preventiva (%)	Preditiva (%)	Outros (%)
27,40	37,17	18,51	16,92

Fonte: Abramam (2011).

As principais técnicas de manutenção serão conceituadas, determinando as mais importantes vantagens e desvantagens nas aplicações na indústria.

2.1.1. Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva tem o conceito principal de atuar no equipamento após a parada durante a operação devido à falha. A falha pode gerar a parada total da máquina (falha concreta) ou desempenho abaixo do determinado. A parada da operação, por desempenho abaixo do esperado, para correção da falha, também é uma manutenção corretiva. Estas paradas geram os maiores custos de manutenção em razão das quebras serem de formas catastróficas e imprevistas. O atendimento por esta única técnica são justificados em poucos equipamentos, além de que na indústria esta técnica está sendo cada vez menos aplicada em razão do avanço tecnológico. A quebra de um rolamento de um redutor é um exemplo de uma falha concreta que gera a manutenção corretiva do equipamento (KARDEC; NASCIF, 2006, p.36); (KARDEC; LAFRAIA, 2007, p.32).

Esta manutenção, economicamente, possui vantagens muito restritas, tais como (BRANCO FILHO, 2008, p. 6):

- Equipamentos “stand by”;
- Equipamentos de baixo custo de reposição;
- Equipamentos de alta simplicidade estrutural;
- Equipamentos de baixa carga produtiva com independência cronológica no programa de produção.

As desvantagens são mais perceptíveis ao dia-a-dia da manutenção, sendo as seguintes (BRANCO FILHO, 2008, p. 6):

- A maioria das panes tem gravidade e magnitude altas;
- As falhas são imprevisíveis;
- Ocasionam maiores tempos improdutivo;
- Interferem nos programas produtivos;
- Apresentam maiores custos operacionais;
- Deterioram mais rápido os equipamentos;
- Diminuem os índices de confiabilidade.

2.1.2. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é realizada para prevenir a quebra e parada de operação. A prevenção elaborada é executada através de intervenções programadas e periódicas nos sistemas. As ações de manutenções são planejadas através de planos de manutenções que podem ser semanais, mensais, semestrais e anuais. As intervenções são feitas segundo manuais do equipamento para evitar as falhas concretas, sendo feitas as inspeções frequentes para detectar as falhas latentes. As falhas latentes antecedem as falhas concretas. A lubrificação periódica da máquina é um exemplo de ação preventiva (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 39).

As vantagens são (BRANCO FILHO, 2008, p. 7):

- Redução de tempos improdutivo;
- Aumento do aproveitamento de vida útil do equipamento;
- Aumento do índice de confiabilidade;
- Diminuição do consumo de peças de reposição;
- Redução do refugo da produção;

- Reduções dos custos.

As desvantagens são (BRANCO FILHO, 2008, p. 7):

- Precisa de uma estrutura funcional racional, organizada e definida;
- Necessita de inspetores treinados;
- Tem maior burocracia;
- Possui grau médio de confiabilidade quanto à prevenção de falhas concretas.

2.1.3. Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva consiste em monitorar o estado de operação de um sistema. A monitoração por dispositivos sofisticados é feita através de parâmetros indicadores de condição, tais como, a temperatura, vibrações, pressão, desgaste e outros. O acompanhamento do desempenho do equipamento possibilitará monitorar as falhas latentes, assim prever quando falhará concretamente e tomar uma ação antecipada de correção planejada. A análise de vibrações é um exemplo de manutenção preditiva (CHIOCHETTA *et al.*, 2004).

As vantagens são (BRANCO FILHO, 2008, p. 8):

- Aproveitamento máximo da vida útil do equipamento;
- Maior confiabilidade na detecção de falhas latentes;
- Reduz o tempo operativo da manutenção planejada;
- Possibilita a detecção de falhas sem desmontar o equipamento, e sem paradas;
- Possibilita intervenções pontuais de manutenção no equipamento.

As desvantagens são (BRANCO FILHO, 2008, p. 8):

- Tem alto custo operativo pela necessidade de instrumentação sofisticada;
- Necessita de técnicos altamente capacitados e treinados, para análise dos resultados.

2.1.4. Manutenção Detectiva

A manutenção detectiva é executada em sistemas de proteção e segurança (ex.: painéis elétricos) no processo, visando detectar falhas ocultas. As ações controladas são feitas, normalmente com equipamento operando, quando é simulada uma falha

proposital para testar o sistema de acionamento de segurança (OTANI; MACHADO, 2008).

As vantagens são (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 44):

- Detectar falhas ocultas;
- Possibilidade de execução em equipamento operando;
- Executada em sistema de proteção do equipamento;
- Aumenta a confiabilidade.

As desvantagens são (KARDEC; NASCIF, 2012, p. 44):

- Precisa-se de pessoal especializado.

2.1.5. Engenharia de Manutenção

A engenharia de manutenção objetiva a melhoria contínua do projeto do sistema, visando a modificação no projeto, de modo a diminuir ou eliminar as falhas em operação. A análise da engenharia que determina a troca do material de um eixo da máquina é um exemplo de engenharia de manutenção (OTANI; MACHADO, 2008).

As vantagens são (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 46):

- Possibilita aumentar a vida útil do equipamento;
- Aumenta o índice confiabilidade;
- Diminui ou elimina as falhas;
- Possibilita o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos.

As desvantagens são (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 46):

- Precisa-se de pessoal especializado.

2.2. SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Os sistemas de gestão da manutenção são utilizados para otimizar os custos e controlar o processo industrial. Os mais importantes propósitos destes programas, com o auxílio atual dos computadores, são (ENGEMAN, 2013):

- Parâmetros de execução dos serviços;
- Padronização de procedimentos;
- Rastreabilidade e documentação;
- Garantia de qualidade dos produtos e serviços;

- Garantia de segurança e preservação ambiental;
- Informações gerenciais para tomadas de decisão;
- Aumento da produtividade;
- Programação da manutenção;
- Produção de históricos.

O Quadro 1 mostra a evolução dos sistemas de controle da manutenção no Brasil, os quais são reconhecidos, hoje, nas indústrias como “CMMS”. No início, a maior relevância é dada à Petrobrás, pela criação e desenvolvimento dos primeiros programas especializados no controle da manutenção. Na atualidade, estes programas são bastantes aplicados pelas empresas de médio e grande porte. As aplicações nas empresas de pequeno porte ficam muito restritas aos pequenos módulos comerciais dos programas (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 68).

ETAPAS	ASPECTOS	FERRAMENTAS DE CONTROLE
Até meados da década de 60	Sistemas de planejamento e controle da manutenção são manuais	Planilhas manuais
Ao final da década de 60	Na Refinaria Duque de Caxias da Petrobrás obtém o 1º programa de computador com aplicação no controle das paradas de manutenção	Planilhas manuais e início do controle eletrônico
Início de 1970	Furnas Centrais Elétricas desenvolve um <i>software</i> para aplicação nas manutenções rotineiras	<i>Software</i> , planilhas manuais e eletrônicas
Em 1973	Na Refinaria Gabriel Passos, Betim-MG desenvolve o SIGMA	<i>Software</i> , planilhas manuais e eletrônicas
Em 1975	O Sistema de Gerenciamento da Manutenção, SIGMA começa a ser utilizado	<i>Software</i> especializado, planilhas manuais e eletrônicas
Até meados da década de 80	<i>Software</i> especializados na manutenção são desenvolvidos por empresas de grande porte	<i>Software</i> especializado, planilhas manuais e eletrônicas
Ao final da década de 80	Praticamente novos <i>software</i> de manutenção são provenientes do exterior	<i>Software</i> especializado e planilhas digitais com apoio do EXCEL
Década de 90	Apartir de computadores mais potentes aumenta a oferta de <i>software</i> de manutenção por empresas nacionais e do exterior	<i>Software</i> especializado e planilhas digitais com apoio do EXCEL
Apartir de 2000	Ampliação da aplicação dos <i>software</i> por empresas de médio porte	<i>Software</i> especializado em forma de módulos comerciais

Quadro 1: Mostra a evolução dos sistemas de controle da manutenção no Brasil.
Fonte: Kardec; Nascif (2006, p. 69).

Segundo Souza (2013, p. 11), a visão da empresa que utiliza o *software* especializado na manutenção deve ter uma base estratégica. As diversas ferramentas da gestão da qualidade utilizadas na indústria, que auxiliam a manutenção de forma focada, estão inseridas nos aplicativos dos programas, tais como:

- Controle da Qualidade Total (CQT);
- Manutenção Centrada na Confiabilidade (MMC);
- Manutenção Produtiva Total (TPM);
- Análise de modos de falha e efeito (FMEA).

A aplicação de *software* especializados na manutenção está diretamente relacionada ao controle necessário cada vez maior sobre os processos industriais e suas complexidades. As empresas na busca de padrões de excelência procuram estar conectadas com as normatizações e os procedimentos atuais. As certificações exigidas a níveis internacionais, principalmente com as normas ISO série 9000, têm em seus procedimentos a adoção do controle de processos de manutenção na indústria. As normas ISO série 14000 adicionam a preocupação com os aspectos de impactos ambientais. Portanto, os sistemas de gestão da manutenção computadorizada fazem este trabalho com propriedade, sendo indicados como a melhor solução neste controle do processo (SOUZA, 2013, p. 188).

O sistema de gestão da manutenção monitora diversos indicadores, tais como: segurança, ambiental, produção, disponibilidade e custo (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 95).

2.2.1 Indicadores de manutenção

Os indicadores de manutenções são utilizados para verificar o desempenho da manutenção da empresa. Os resultados dos indicadores auxiliam os gestores da empresa nas tomadas de decisões gerenciais. Os indicadores de manutenções mais citados na literatura, e adotados nas empresas são os relacionados aos aspectos ambientais, segurança, produção, disponibilidade e custo. Estes indicadores podem ser medidos de forma quantitativa e/ou qualitativa (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 95); (HELMANN; MARÇAL, 2007); (RAMOS FILHO *et al.*, 2010).

2.2.1.1. Segurança

Os aspectos de segurança podem ser aferidos pelos acidentes que causam danos físicos aos funcionários e aos equipamentos. As medições do nível de segurança podem ser feitas por análises quantitativas e qualitativas. As análises quantitativas podem ser contabilizadas pelo número de acidentes, enquanto que as análises qualitativas podem ser feitas pela gravidade dos acidentes ocorridos na empresa. O controle adequado da manutenção possibilitará um processo mais seguro

e com menores níveis de acidentes (HELMANN; MARÇAL, 2007); (RAMOS FILHO *et al.*, 2010).

2.2.1.2. Ambiental

Os aspectos ambientais estão relacionados aos impactos que podem causar os acidentes no meio ambiente. Os níveis dos impactos são feitos por análises qualitativas. As consequências da manutenção mal feita podem gerar desastres ambientais irreversíveis em curto prazo. As normas vigentes são muito severas em relação a estes acidentes, implicando, normalmente, em multas e penas altas. As empresas estão cada vez mais atentas a estas consequências com adoção de procedimentos de normas internacionais, como a série ISO 14000 (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 163); (SOUZA, 2013, p. 188).

2.2.1.3. Produção

A produção está relacionada aos impactos operacionais que os acidentes de trabalho ocasionam, em razão de gerar as paradas da operação e as horas improdutivas. As paradas durante a operação geram, principalmente, os atrasos, que influem negativamente no alcance das metas planejadas na produção. De acordo com a classificação do equipamento, em relação à influência direta ou indireta na produção, é feita uma análise qualitativa (KARDEC; NASCIF, 2006, p.95); (HELMANN; MARÇAL, 2007).

2.2.1.4. Disponibilidade

As disponibilidades dos equipamentos são determinadas em razão das horas de trabalho e das horas em reparos de manutenção. A disponibilidade é medida de forma quantitativa. A Figura 2 exemplifica os indicadores mais relacionados à disponibilidade.

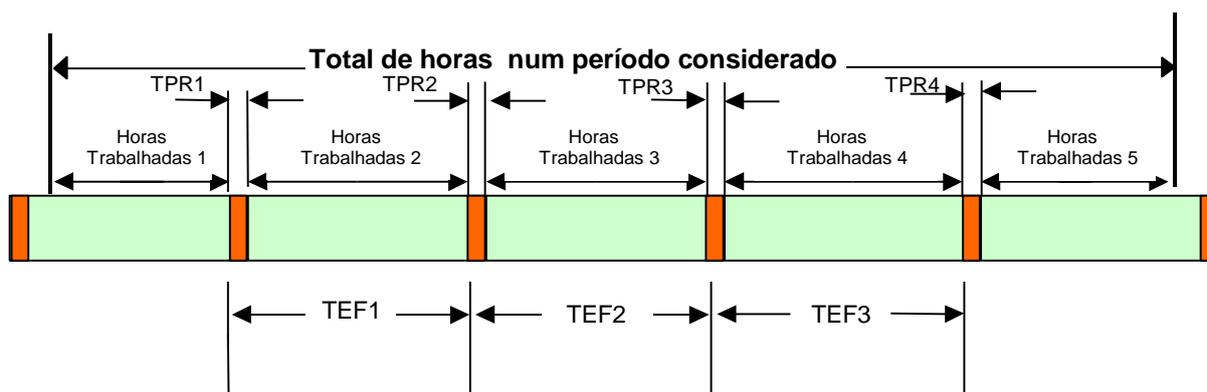


Figura 2: Índices importantes de manutenção.

Fonte: Espinosa (2013, p. 21).

Legenda: TPR - Tempo para Reparo; TEF – Tempo entre duas falhas consecutivas;
TMEF – Tempo médio entre falhas; TP – Tempo de horas planejadas de trabalho.

O conceito da disponibilidade (D), determinada pela Equação 1 em termos percentuais, é calculado pela relação entre o tempo real de operação sem a contagem do tempo para reparo (TPR) do equipamento e o tempo total planejado (TP) para produzir (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 95); (ESPINOSA, 2013, p. 21).

$$D = \frac{TP - \sum TPR}{TP} * 100 \quad (1)$$

2.2.1.5.Custo

O custo da manutenção é visto atualmente como um investimento, ou seja, uma área de negócios. Uma área onde o planejamento com foco estratégico é fundamental para obter uma otimização com a redução do custo. Este indicador tem uma leitura quantitativa de dados. A complexidade das empresas, mesmo com a adoção de *software* sofisticados, não consegue quantificar os reais gastos e os impactos dos custos em razão da manutenção. Portanto, o bom rendimento deste indicador é visto pelos gestores, normalmente, como consequência do bom desempenho dos demais critérios monitorados. O custo obtém, normalmente, uma maior importância em análises a níveis gerenciais. Neste critério, o foco estratégico se torna divergente entre os gestores e gerentes, que não visualizam igualmente a importância do quesito custo dentro da empresa (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 56); (SOUZA, 2013, p. 255).

2.3. SITUAÇÃO DA MANUTENÇÃO NO BRASIL

A Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) faz uma pesquisa a cada dois anos sobre a situação da manutenção no Brasil. A pesquisa conhecida como Documento Nacional é feita desde 1995 e a última divulgação foi relativa ao ano de 2011. Na pesquisa de 2011 participaram 145 empresas brasileiras. Os principais setores mais importantes envolvidos foram: prestação de serviço; transporte e porto; metalúrgico; siderúrgico; automotivo; e energia elétrica. Os Quadros seguintes (2, 3, 4, 5, 6 e 7) apresentam alguns dos principais resultados relativos à pesquisa da Abramam (2011).

O Quadro 2 destaca os empregados próprios das manutenções das empresas pesquisadas. O total dos empregados (TE) das empresas pesquisadas esteve desde 1995 acima de 100 mil em participação. O total da manutenção (TM) tem em 2011 a segunda melhor participação com 41.211 empregados próprios, o que correspondeu a segunda melhor média percentual de 27,77%. Estes dados percentuais indicam o aumento na indústria brasileira dos empregados próprios na manutenção (ABRAMAN, 2011).

O Quadro 3 demonstra a qualificação da mão-de-obra (MOB) na indústria brasileira. O destaque necessário é para a tendência a melhor qualificação do empregado, comprovado no quadro, visto o aumento durante os anos dos níveis superiores, técnico e mão-de-obra qualificada (ABRAMAN, 2011).

Ano	Empregados Próprios de Manutenção			
	Total das Empresas TE	Total da Manut. TM	TM / TE	Não Responderam
2011	148393	41211	27,77%	"7" empresas
2009	111591	29355	26,31%	"17" empresas
2007	163146	37921	23,24 %	"2" empresas
2005	108784	23651	21,74 %	"2" empresas
2003	109794	31504	28,69 %	"1" empresa
2001	159454	33015	20,71 %	"1" empresa
1999	133650	26257	19,65 %	"0" empresa
1997	154250	30750	19,94 %	"2" empresas
1995	320650	67375	21,01 %	"21" empresas

Quadro 2: Empregados próprios de manutenções das empresas brasileiras.
Fonte: Abramam (2011).

Ano	Qualificação do Pessoal de Manutenção (%)				
	Nível Superior	Técnico Niv. Méd.	MOB Qualif.	MOB Não Qualif.	Não Classif.
2011	8,76	17,00	40,79	7,56	25,89
2009	8,36	16,94	38,88	8,34	27,48
2007	8,70	18,25	40,46	6,72	25,87
2005	7,06	16,07	36,05	7,91	32,91
2003	7,20	14,85	40,62	4,94	32,39
2001	7,64	14,81	38,72	7,63	31,20
1999	7,08	13,35	38,06	6,77	34,74
1997	6,18	14,78	40,63	8,07	30,34
1995	6,65	13,52	17,15	8,81	53,87

Quadro 3: Qualificação da mão-de-obra (MOB) na indústria brasileira.
Fonte: Abramam (2011).

O Quadro 4 destaca as principais técnicas de manutenções aplicadas nas empresas do Brasil. A manutenção corretiva está em tendência de queda, o que se justifica por ser uma manutenção menos nobre. A manutenção preventiva mantém valores percentuais estáveis nos últimos anos, sem variações significativas. A manutenção preditiva também de forma geral não obteve variações de destaque nos anos pesquisados, mas é bom frisar que a tecnologia avançou muito de 1995 até 2011. Este avanço tecnológico, necessário para a preditiva, indica a necessidade de altos valores de investimentos para manter em 2011 no patamar de 18,51%. No quadro a indicação de outras técnicas de manutenções em 2011 com 16,92%, normalmente, sugerem as aplicações das manutenções detectivas e a engenharia de manutenção. As empresas brasileiras precisam melhorar os seus níveis de manutenções, pois a níveis mundiais, os patamares da corretiva, preventiva e preditiva são, respectivamente, de aproximadamente 10%, 30% e 60% (ABRAMAN, 2011); (ENGEMAN, 2013).

Aplicação dos Recursos na Manutenção (%)				
Ano	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
2011	27,40	37,17	18,51	16,92
2009	29,85	38,73	13,74	17,68
2007	25,61	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,80	35,00	18,64	13,56

Quadro 4: Principais técnicas de manutenções aplicadas nas empresas do Brasil.
 OBS: A coluna “Outros” corresponde à manutenção detectiva e engenharia de manutenção.
 Fonte: Abramam (2011).

O Quadro 5 mostra as ferramentas aplicadas no controle da qualidade da manutenção das empresas brasileiras. As ferramentas mais utilizadas são: MCC (manutenção centrada na confiabilidade); 5S (5 procedimentos de organização); FMEA (modos de falha e análise de efeito); RCFA (análise de causas raízes das falhas); CCQ (círculo de controle da qualidade); TPM (manutenção produtiva total); e 6 Sigma (práticas de organização). As empresas utilizam cada vez mais estas ferramentas, sendo indicadas no quadro estas necessidades, pois todas as empresas aplicam algum tipo de ferramenta (ABRAMAN, 2011).

O Quadro 6 mostra os principais indicadores de desempenho utilizados na manutenção brasileira e o grau de importância em 2009. Os cinco principais indicadores em ordem de importância em 2009 foram: disponibilidade operacional; custos; TMPF (tempo médio para falha); TMPR (tempo médio para reparo); e Backlog. Estes cinco indicadores correspondem a 74,41% em grau de importância para as empresas brasileiras. Desde 1995 até 2007, o indicador custo era o mais importante, só perdendo esta liderança em 2009 para a disponibilidade operacional (ABRAMAN, 2009).

Ferramentas Utilizadas para Promover a Qualidade (% de Respostas)								
Ano	MCC	5S	FMEA	RCFA	CCQ	TPM (MPT)	6 Sigma	Outros
2011	17,03	27,86	17,34	15,79	-	12,69	9,29	0,00
2009	16,48	28,74	14,94	16,09	-	13,03	10,73	0,00
2007	18,65	27,22	22,02	17,13	-	10,09	0,92	3,98
2005	15,20	41,18	-	-	10,78	15,69	7,35	9,80
2003	20,31	37,50	-	-	8,33	16,15	5,73	11,98
2001	17,35	37,90	-	-	11,42	14,61	-	18,72
1999	5,62	40,45	-	-	16,29	20,79	-	16,85
1997	2,89	46,24	-	-	12,14	18,50	-	20,23
1995	-	39,83	-	-	17,37	21,61	-	21,19

Quadro 5: Ferramentas aplicadas no controle da qualidade da manutenção das empresas brasileiras.

Fonte: Abramam (2011).

Principais Indicadores de Desempenho Utilizados (Grau de Importância - GI)									GI 2009
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	2
Frequência de Falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	6
Satisfação do Cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	7
Disponibilidade Operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	1
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	5
Não Utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	9
TMPF (MTTF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	3
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	4
Outros Indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	10

Quadro 6: Principais indicadores de desempenho utilizados na manutenção brasileira e o grau de importância em 2009.

Fonte: Abramam (2009).

A Figura 3 apresenta a disponibilidade operacional das empresas brasileiras nos anos de 1995 até 2011. A disponibilidade tende a aumentar e em 2011 encontra-se na faixa de 92%. O aumento da disponibilidade está relacionado principalmente à melhora na qualidade da manutenção brasileira nos últimos anos (ABRAMAN, 2011).

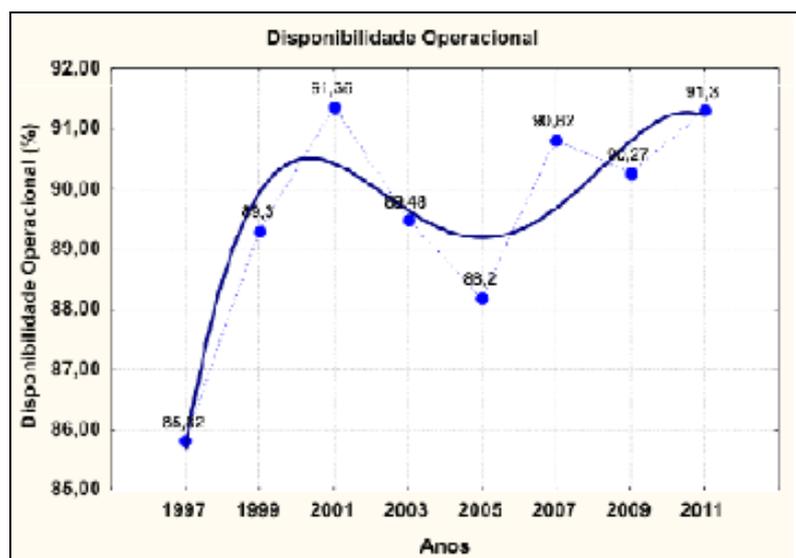


Figura 3: Gráfico da disponibilidade operacional das empresas brasileiras nos anos: 1995 até 2011.
Fonte: Abramam (2011).

O Quadro 7 apresenta os tipos de programas aplicados na manutenção do Brasil de 1995 a 2009 (ABRAMAN, 2009). No quadro são observados três movimentos claros, durante os anos, no campo de aplicação dos programas:

- Diminuição da utilização de software próprio, em razão da oferta de programas no mercado;
- Aumento da utilização de pacotes externos, pois os pacotes são mais viáveis economicamente para as empresas de pequeno e médio porte;
- Aumento da aplicação de planilhas eletrônicas, principalmente do *software* do *Excel*, em razão da necessidade do controle da manutenção.

Tipos de Programas (Soft) Utilizados na Manutenção (% de Respostas)						
Ano	Próprio	Externos Adaptados	Externo Pacotes	Próprio e Externos	Só Planilhas Eletrônicas	Não Utiliza Software
2009	11,36	18,18	35,80	14,20	18,75	1,70
2007	12,63	16,32	35,79	20,53	13,16	1,58
2005	17,60	19,20	24,80	20,80	13,60	4,00
2003	20,14	11,51	34,53	18,71	11,51	3,60
2001	18,59	17,31	19,87	33,33	5,77	5,13
1999	23,85	13,85	26,15	24,62	8,45	3,08
1997	25,19	20,74	11,85	28,15	8,15	5,92
1995	46,89	12,43	16,95	23,73	-	-

Quadro 7: Tipos de programas aplicados na manutenção do Brasil de 1995 a 2009.
Fonte: Abramam (2009).

2.4. AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

O método Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) procura modelar e solucionar problemas, que envolvam variáveis subjetivas e por julgamentos de valor. Este método possui um instrumental poderoso e de uso crescente no âmbito da tomada de decisão no ambiente organizacional. A aplicação por AMD envolve os seguintes elementos no processo decisório: decisor, analista, alternativa viável, critério, atributo da alternativa em razão do critério, os valores analisados das alternativas e os cenários (COSTA, 2006, p. 13); (SAATY; SHANG, 2011).

Segundo Costa (2006, p. 15) a tomada da decisão pode ser classificada:

- De acordo com as possibilidades de cenários futuros, sob certezas, incertezas ou riscos;
- Quanto ao tipo de decisão, que pode ser por uma única escolha, por classe de grupos, por ordenação das alternativas, por ordenação das classes e por priorização;
- Quanto ao número de critérios, que pode ser monocritério ou multicritério.

O AMD possui diversos métodos para aplicação na tomada de decisão, havendo duas vertentes importantes em sua evolução, a Escola Francesa e a Escola Americana. A Escola Francesa se destaca pelo método da família Electre (*Elimination et Choix Traduisant la Reallité*). A Escola Americana se destaca pelo método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Os mais importantes métodos AMD estudados na literatura são (COSTA, 2006, p. 31):

- Método de Borda;
- Método Condorcet;
- Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP);
- Métodos da família Electre;
- Métodos da família Promethè;
- Método Macbeth;
- Método TODIM.

2.4.1. Método Condorcet

Os métodos ordinais são relativamente independentes das opiniões dos decisores e são fáceis de serem trabalhados computacionalmente. Os métodos

ordinais mais referenciados na literatura são: métodos de Borda, Condorcet e Copeland (VALLADARES et al., 2008).

O método de Condorcet, considerado precursor da atual escola francesa de multicritério, trabalha com relações de superação. As alternativas são comparadas par a par, sendo assim definida a alternativa preferida. E quando apenas uma alternativa foi preferida, ela é a escolhida. A representação da relação de preferência das alternativas é feita por um grafo (BOAVENTURA NETTO, 2003). O método tem a vantagem de impedir distorções ao fazer com que a posição relativa de duas alternativas independa de suas posições relativas a qualquer outra. No entanto, pode conduzir ao chamado 'paradoxo de Condorcet', ou situação de intransitividade. Isso acontece quando a alternativa A supera a alternativa B, que supera a C, que por sua vez supera a alternativa A ('Tripleta de Condorcet'). Esta situação, embora possa ser aproveitada em certos problemas, impossibilita gerar uma ordenação das alternativas. Quando os ciclos de intransitividade não aparecem, o método de Condorcet deve ser preferido ao de Borda (MELLO et al., 2004).

2.4.2. Método de Analytic Hierarchy Process (AHP)

O método de *Analytic Hierarchy Process* (AHP), da Escola Americana, foi concebido por Saaty (1990) na década de 70, sendo muito utilizado para resolução de problemas complexos com várias alternativas e diversos critérios. O método visa obter a alternativa mais viável a luz de vários critérios para determinado grupo analisado. O método é estruturado em três princípios, tais como: construção de hierarquias, definição de prioridades e consistência lógica. Portanto, as etapas básicas deste processo que estão relacionadas a estes três princípios são níveis hierárquicos, definição de prioridades e consistência (COSTA, 2006, p. 35); (SAATY; SHANG, 2011).

2.4.2.1. Níveis hierárquicos

São formados segundo a quantidade de alternativas e critérios a serem determinados. A Figura 4 exemplifica uma formação da estrutura hierárquica com abordagem em AHP. As alternativas e os critérios são selecionados conforme a

necessidade de tomada de decisão, podendo ter subcritérios. Os critérios têm seus pesos dados por especialistas ou gestores da área (COSTA, 2006, p. 37).

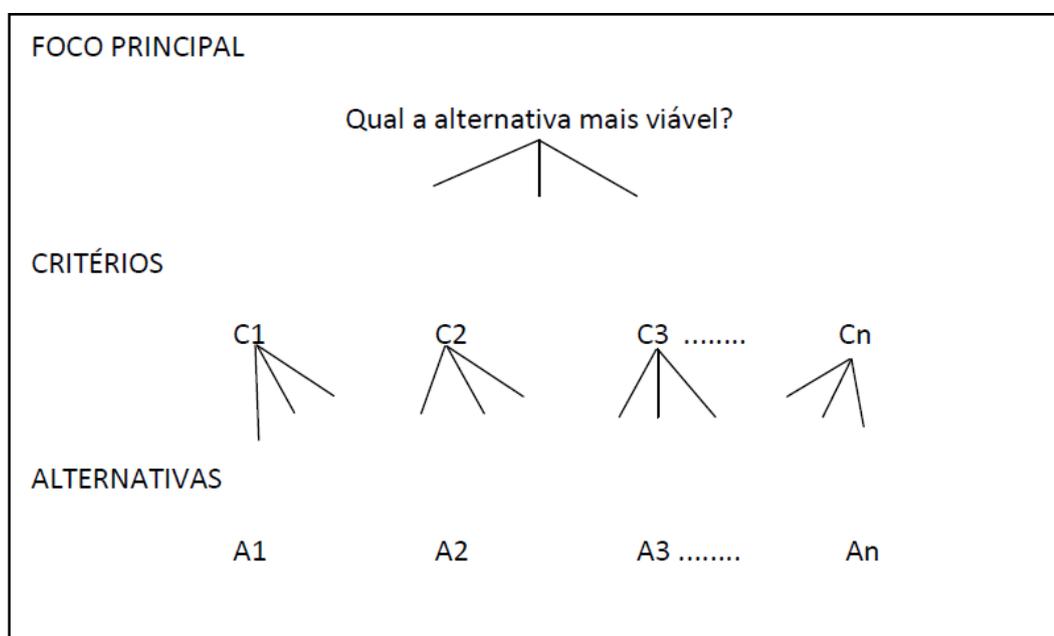


Figura 4: Estrutura com abordagem pelo método AHP.
Fonte: Costa (2006, p. 28).

2.4.2.2. Definição de prioridades

Os valores em razão da prioridade de cada alternativa para cada critério são determinados pela escala de Saaty (1990) que varia de 1 a 9 (Tabela 2). A avaliação é feita determinando-se as seguintes gradações de 1 a 9, conforme respectivamente: importância igual; entre igual e moderada; importância moderada; entre moderada e forte; importância forte; entre forte e muito forte; importância muito forte; entre muito forte a absoluta; e importância absoluta. A importância pode ser relacionada à palavra preferência, de acordo com a Tabela 2. O grau desta relação de importância ou preferência é determinado por uma avaliação de especialista ou gestor. A avaliação é feita por comparações entre as alternativas à luz de cada critério e por comparações entre os critérios, formando diversas matrizes comparativas.

Estas matrizes são normalizadas, sendo posteriormente calculadas as prioridades médias locais e globais. As prioridades médias locais (PML) determinam as alternativas de maiores prioridades à luz de cada critério. A prioridade global (PG)

determina a alternativa de maior prioridade à luz de todos os critérios (COSTA, 2006, p. 51).

Tabela 2: Escala segundo Saaty para análise AHP.

Escala da Intensidade de importância	Definição
1	Importância igual
3	Importância moderada
5	Importância forte
7	Importância muito forte
9	Importância absoluta
2, 4, 6, 8	Julgamentos intermediários

Fonte: Saaty (1990).

2.4.2.3. Consistência

As avaliações dos gestores, por comparações par a par entre critérios e alternativas, podem existir inconsistências de julgamentos, que podem ser ajustados. As inconsistências são indicadas nos cálculos das razões de consistências. Os graus determinados pelos especialistas deve obter uma razão de consistência menor ou igual a 0,10, o qual indica julgamentos de valores adequados pelos gestores (COSTA, 2006, p. 63).

3. PROCESSO INDUSTRIAL ESTUDADO

O processo industrial pesquisado é baseado na Estação de Tratamento de Água Coroa (ETA-Coroa) da empresa Águas do Paraíba, que presta serviços, desde 1999, de captação, tratamento e distribuição de água, e também, a coleta e tratamento de esgotos da cidade de Campos dos Goytacazes-RJ (ÁGUAS DO PARAÍBA, 2014).

Segundo Águas do Paraíba (2014), a empresa é uma concessionária que faz parte do Grupo Águas do Brasil. O Grupo é composto pelas seguintes empresas: Developer S.A, Queiroz Galvão Participações-Concessões S.A, Trana Construções Ltda. e Construtora Cowan S.A.. O grupo está presente em diversos municípios, nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Amazonas. No município de Campos dos Goytacazes-RJ, a empresa atende a uma população de aproximadamente 426.500 consumidores e possui em torno de 400 funcionários.

A Estação de Tratamento de Água Coroa (Figura 5) tem a capacidade de bombeamento de 1200 litros por segundo. A água tratada na estação estudada é distribuída por adutoras para em torno de 335 mil habitantes, o que equivale a 78,5% dos clientes da empresa. Esta estação de tratamento é a mais moderna da região do Norte Fluminense num total de 16 estações de tratamentos, sendo totalmente automatizada e controlada operacionalmente à distância (ÁGUAS DO PARAÍBA, 2014).

O processo de tratamento da água na estação consiste na captação no Rio Paraíba do Sul (Campos-RJ), sendo posteriormente direcionada para as principais etapas (Figura 6), tais como: preoxidação, mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, correção do "pH" e transformando-se em água tratada e potável (VIANNA, 1992, p. 21).



Figura 5: Estação de tratamento de água (ETA-Coroa).
Fonte: Águas do Paraíba (2014).

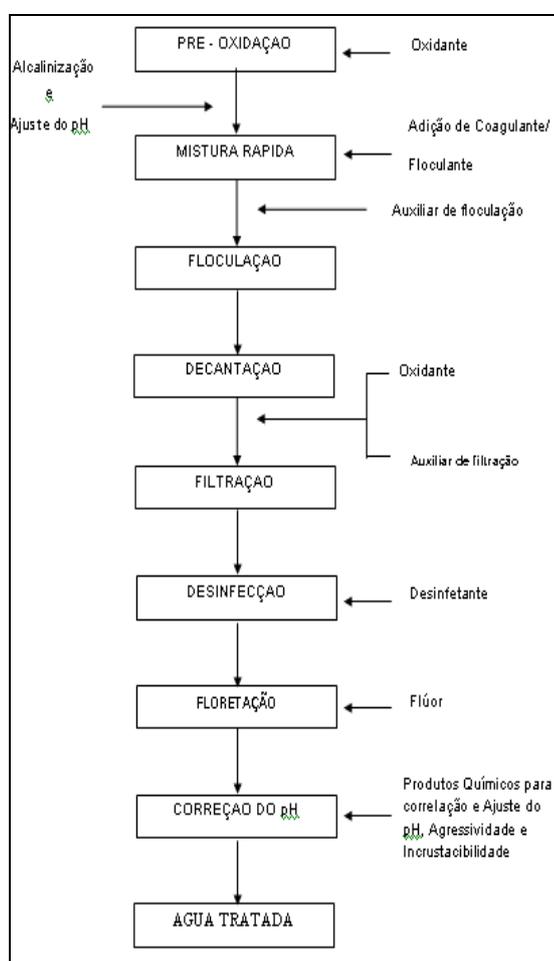


Figura 6: Etapas do processo de tratamento da água potável.
Fonte: Vianna (1992, p. 21).

Neste processo de tratamento da água exige uma manutenção de alta qualidade para os equipamentos mecânicos, elétricos e da instrumentação. A gestão da manutenção destes equipamentos, como compressores, bombas, válvulas,

motores, geradores e painéis são importantes para manter o funcionamento da estação em 24 horas/dia.

4. METODOLOGIA

4.1. QUESTIONÁRIO SOBRE SATISFAÇÃO NA MANUTENÇÃO

O estudo de caso foi realizado numa empresa de médio porte que faz prestação de serviço de tratamento e distribuição da água. A empresa está localizada na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro e utiliza o software ENGEMAN há 5 anos para auxiliar a gestão da manutenção da empresa (ENGEMAN, 2013).

Um questionário fechado (Apêndice I) foi aplicado a todos os gestores da manutenção da empresa para avaliar a satisfação destes com a manutenção da empresa. A gestão da manutenção da empresa é composta por quatro gestores. O questionário foi elaborado com base no trabalho de Braglia *et al.* (2006), que aborda questões sobre: funcionalidades, módulos e aplicações. Os itens sobre a qualidade e sustentabilidade do programa tiveram como referência o trabalho de Narayan (2012).

O questionário (Apêndice I) foi formulado para determinar o grau de importância e satisfação dos itens analisados. A escala foi feita através da gradação de Likert (2012). O questionário é iniciado com uma questão de satisfação geral, sendo em seguida dividido em três blocos com total de 29 itens analisados.

O primeiro bloco compõe 11 itens sobre as principais funcionalidades do CMMS, tais como:

- Gestão e controle de equipamentos: é feito através da identificação com códigos dos sistemas, equipamentos e componentes, conhecida como TAG, que no programa identifica e localiza;

- Gestão das instalações e controle de processo: seguindo normas e procedimentos recomendados a níveis internacionais de modo a alcançar certificações de qualidade;

- Gestão e controle de documentos: os manuais e desenhos digitalizados dos equipamentos podem ser acessados com facilidade nos programas;

- Gestão das técnicas de manutenção: as manutenções corretivas, preventivas, preditivas e de engenharia são controladas com planejamento através das prioridades dos equipamentos;

- Gestão de ordens de serviços: as solicitações de serviços são feitas com rapidez, podendo acompanhar as execuções com identificação das ordens de serviços (OS) abertas, fechadas e pendentes;

- Gestão dos estoques: através de ferramentas e conceitos da engenharia de produção, tal como exemplo a curva ABC, estão embutidos nestes programas para controle de materiais;

- Análise de dados históricos: através dos dados acumulados das OS dos equipamentos podemos montar um histórico deste equipamento, assim podendo analisar os tipos de falhas;

- Custos e controle orçamentário: o programa proporciona estimar o custo das OS, de acordo com o tempo de reparo, mão-de-obra e materiais utilizados na execução do serviço.

O segundo bloco são 10 itens sobre os aspectos dos diversos módulos e aplicações do CMMS. Este bloco é bem gerido se os dados adicionados no primeiro bloco são confiáveis, onde o programa interage com diversos *softwares* da empresa, tais como, os *softwares* do almoxarifado e recursos humanos (RH). Os itens mais importantes neste bloco são:

- Gestão de peças reposição e compras: está relacionado, principalmente ao acesso e controle no almoxarifado por vias digitais;

- Gestão de pessoal: com o controle do processo fica mais fácil determinar e programar a real necessidade de mão-de-obra na execução da manutenção, tendo uma melhor interação com a área de recursos humanos (RH);

- Relatórios e análise dos dados: a emissão de relatórios com gráficos são com dados confiáveis para apoiar as tomadas de decisões.

O terceiro bloco são 8 itens relacionados aos aspectos de qualidade e sustentabilidade. A avaliação é feita de modo a captar a aplicação do programa quanto

à melhora no bem estar na empresa, sendo analisado através de serviços ao cliente, segurança e questões ambientais.

Para cada questionamento feito no questionário o grau de importância e satisfação foi avaliado como: a) muito baixa; b) baixa; c) média; d) alta; e) muito alta. O gestor podia assinalar a afirmativa “Não sei” (N) caso não tivesse condições de avaliar um dos itens arguidos. A análise estatística dos dados foi realizada através da atribuição de valores para cada uma das questões avaliadas. Para as respostas: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta os valores atribuídos foram 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, de acordo com a escala de Likert (2012).

As respostas dos 4 gestores foram avaliadas por estatística descritiva e por gráficos, de acordo com a média para cada uma das 29 questões. As análises gráficas foram feitas pelas relações da satisfação *versus* importância para os 29 itens relacionados ao programa CMMS. Os gráficos foram divididos em quatro quadrantes (Figura 7), sendo classificados conforme: excedente, manter, atenção e melhorar (MATSUKUMA; HERNANDEZ, 2007).

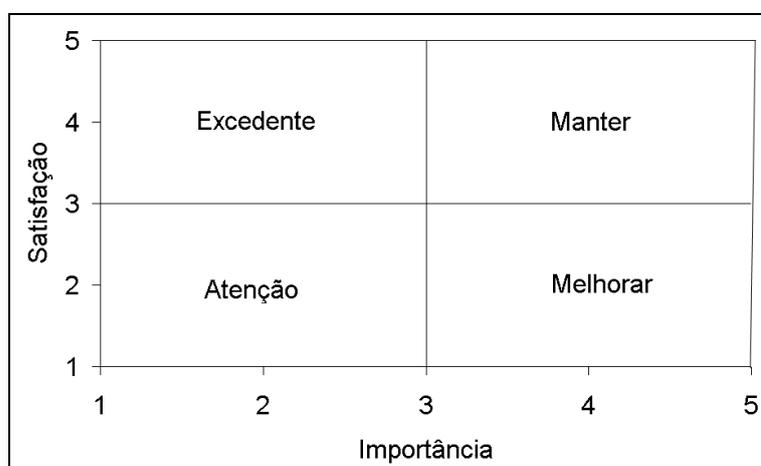


Figura 7: Gráfico de Satisfação *versus* Importância.
Fonte: Matsukuma; Hernandez (2007).

A aplicação do questionário foi feita a 4 gestores da manutenção com a identificação do nome do funcionário, função e setor. O período de aplicação dos questionários foi de Janeiro a Junho de 2013. Os gestores da manutenção são responsáveis por abertura e fechamento das ordens de serviços (OS). Os quatro gestores possuem os seguintes cargos na empresa: supervisor de manutenção,

supervisor de eletromecânica, programador de ordens de serviço e técnico de manutenção.

4.2. COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

Os dados obtidos no CMMS da empresa, sobre as técnicas de manutenção aplicadas (corretiva, preventiva e preditiva) foram comparados com as melhores práticas de manutenção mundial, relacionadas por Kardec; Nascif (2006, p. 49).

Segundo a Engeman (2013), a avaliação pode ser feita de acordo com os valores percentuais de tempo gasto com cada técnica de manutenção na empresa em determinado tempo. A Tabela 3 mostra os custos estimados em $US\$(HP*ano)^{-1}$ e a distribuição dos valores percentuais médios para as técnicas de manutenções aplicadas nas empresas a nível mundial.

A avaliação é feita através de uma planilha de cálculo de retorno de investimento (ROI). O Apêndice II mostra a planilha completa no *Excel* de cálculo do retorno de investimento (ROI) na gestão da manutenção em razão das porcentagens das técnicas de manutenções aplicadas em determinada empresa. A planilha calcula a estimativa de redução de custo atual da manutenção da empresa. A inserção de dados das técnicas de manutenções em homem hora trabalhada (hht) da empresa pesquisada tem a resposta calculada da estimativa de redução de custo atual. Os cálculos são feitos conforme planilha eletrônica com as fórmulas apresentadas na célula “F16” da Figura 8 (ENGEMAN, 2013).

Tabela 3: Custo estimado e a distribuição dos valores médios para as técnicas de manutenções aplicadas nas empresas a nível mundial.

Tipo de Manutenção	$US\$(HP*ano)^{-1}$	Técnicas Aplicadas (%)
Corretiva	17 a 18	10
Preventiva	11 a 13	30
Preditiva	7 a 9	60

Fonte: Kardec; Nascif (2006, p. 49).

F16		fx		=SE((\$F\$10+\$F\$11+\$F\$12)>0;SE(F13>=10%;SE(F14>30%;(1-((10%*18+30%*12+(F15+F13-10%+F14-30%)*7)/(F13*18+F14*12+F15*7))));(1-((10%*18+F14*12+(F15+F13-10%)*7)/(F13*18+F14*12+F15*7))));SE(F14>30%;(1-((F13*18+30%*12+(F15+F14-30%)*7)/(F13*18+F14*12+F15*7))));0);0)	
	C	D	E	F	G
9	Questões		DESCRIÇÃO	RESPOSTA	
10	1		Informe a quantidade de hht em manutenção corretiva não planejada.		<<<= Insira dados aqui
11	2		Informe a quantidade de hht em manutenção preventiva.		<<<= Insira dados aqui
12	3		Informe a quantidade de hht em manutenção preditiva (medição e correção).		<<<= Insira dados aqui
13			Cálculo do % de corretivas não planejadas sobre o total (valor ideal < 10%) =>	0,0%	
14			Cálculo do % de preventivas sobre o total (valor ideal = 30%) =>	0,0%	
15			Cálculo do % de preditivas sobre o total (valor ideal = 60%) =>	0,0%	
16			ESTIMATIVA DE REDUÇÃO NO CUSTO ATUAL DE SUA MANUTENÇÃO =>	0,0%	

Figura 8: Planilha eletrônica com as fórmulas apresentadas na célula “F16” para cálculo de ROI. Fonte: Engeman (2013).

4.3.APLICAÇÃO DA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) E CONDORCET

O trabalho analisou a estrutura da criticidade dos equipamentos da empresa estudada de acordo com o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). O objetivo na estrutura é determinar o equipamento de maior prioridade de manutenção.

As alternativas foram selecionadas pelos gestores da manutenção da empresa, sendo indicadas numa amostra inicial de 09 equipamentos. A Tabela 4 apresenta as 9 alternativas de equipamentos selecionados, com os respectivos TAG (Código de identificação de equipamento, sistema e componente).

O Apêndice III mostra o questionário sobre as técnicas de manutenções na empresa e a seleção dos equipamentos pelos gestores. Os gestores selecionaram os equipamentos a partir de uma estação de tratamento de água (ETA) padrão da empresa.

Tabela 4: Alternativas de equipamentos com os TAG.

Item	Equipamento	TAG
1	Compressor Parafuso	COMP-AIR-POWER
2	Batedor	BAT-POL-ETA1
3	Bomba 02	BMB02-CPT-ETA1
4	Bomba 03	BMB03-SL04-ETA1
5	Motobomba	MTBM-1EN-ETA1
6	Motor Centrífuga	MTR-CET-ETA1
7	Substação Energia	SUBST-ENE-ETA1
8	Gerador	GRD-SCN-01
9	Painel 02 Captação	PNL-02-CPT-ETA1

O Apêndice IV apresenta o questionário de avaliação de prioridade do equipamento quanto aos critérios. Os critérios de aspectos de produção, segurança e impacto ambiental foram selecionados segundo Helmann; Marçal (2007). Os critérios de aspectos da disponibilidade e custo foram selecionados segundo Kardec; Nascif (2006, p. 95).

As avaliações de prioridades dos equipamentos quanto aos critérios de segurança e impacto ambiental foram analisados pelos gestores em: a) alto; b) médio; c) baixo; d) não sei. Estes níveis determinados foram pontuados e somados, na seguinte forma na avaliação:

- Alto: com 3 pontos;
- Médio: com 2 pontos;
- Baixo: com 1 ponto.

As avaliações de prioridades dos equipamentos quanto aos critérios produção, disponibilidade e custo foram analisadas pelos gestores de acordo com as informações obtidas no banco de dados do programa de gestão da empresa.

Na determinação do peso de cada item dos critérios da matriz de decisão foi utilizado o método de Condorcet, de acordo com o esquema da Figura 9. Os critérios produção, segurança, ambiental, disponibilidade e custo foram comparados em pares, sendo feita a avaliação comparativa entre os critérios em maior importância para os equipamentos. De acordo com o método Concordet, a avaliação dos critérios preferenciais tiveram graduação 2, os critérios não preferenciais tiveram graduação zero, e se houver empate, determinou-se graduação 1 para ambos. Os pesos de cada critério foram os somatórios das graduações dadas segundo as preferências dos quatro gestores da empresa.

A Figura 10 apresenta a estrutura hierárquica do método AHP usada para selecionar o equipamento prioritário para a gestão da manutenção da empresa pesquisada. Os valores comparativos do método AHP, entre as alternativas e critérios, foram determinados de acordo com a escala de Saaty (1990) de 1 a 9 (Tabela 2). A avaliação destes quesitos para cada equipamento foi feita pelos quatro gestores da manutenção da empresa. O cálculo foi feito através do *software* IPÊ versão 1.0 (COSTA, 2013), que possui o conceito matemático do método AHP. O método AHP determinou as prioridades médias locais (PML) e a prioridade global (PG). As prioridades médias locais determinam os equipamentos de maiores prioridades à luz de

cada critério. A prioridade global determina o equipamento de maior prioridade à luz de todos os critérios.

Avaliação comparativa entre os critérios em maior importância para os equipamentos

- Marque a melhor alternativa OU ambas, para empate.

SEGURANÇA	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	PRODUÇÃO
IMPACTO AMBIENTAL	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	SEGURANÇA
IMPACTO AMBIENTAL	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	DISPONIBILIDADE
CUSTO	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	PRODUÇÃO
IMPACTO AMBIENTAL	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	CUSTO
DISPONIBILIDADE	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	PRODUÇÃO
IMPACTO AMBIENTAL	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	PRODUÇÃO
SEGURANÇA	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	DISPONIBILIDADE
SEGURANÇA	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	CUSTO
DISPONIBILIDADE	<input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/>	CUSTO

Figura 9: Esquema de avaliações comparativas entre os critérios em maior importância para os equipamentos pelo método Condorcet

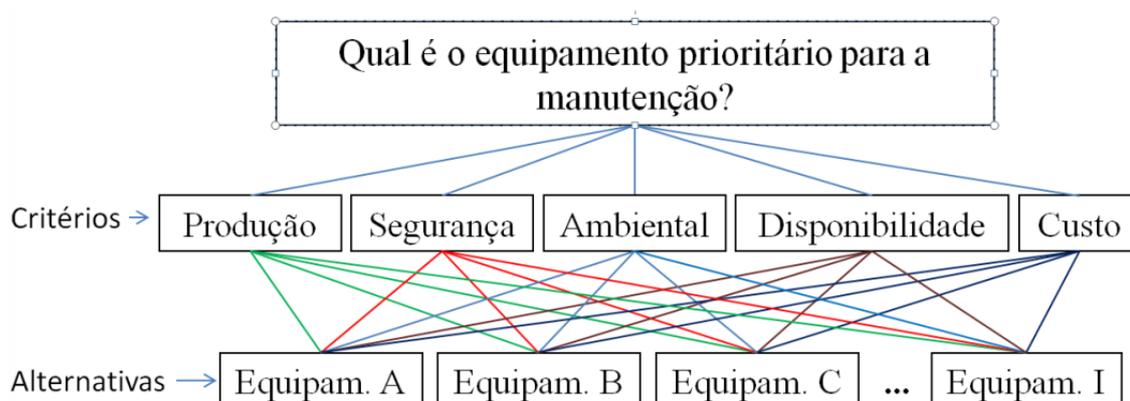


Figura 10: Apresentação a estrutura segundo o método da *Analytic Hierarchy Process* (AHP).
Fonte: Costa (2006, p. 41).

5. RESULTADOS

5.1. GRAU DE SATISFAÇÃO COM O CMMS

Em geral, o grau de satisfação com o programa CMMS foi considerado pelos 04 gestores como “alta”.

Nas questões sobre funcionalidades, módulos e aplicações do CMMS os gestores manifestaram opiniões similares sobre os questionamentos apresentados. De modo geral, a importância obteve notas superiores em relação à satisfação. Ambos os itens, importância e satisfação, foram bem avaliados, ficando as notas acima de 3 (média). No entanto, as questões referentes aos critérios de qualidade e sustentabilidade ambiental não foram respondidas em sua maioria e quando os gestores se manifestaram nestes quesitos suas avaliações foram abaixo da “média”, ficando entre “baixa” e “muito baixa” nos itens importância e satisfação.

A Tabela 5 apresenta os valores médios (\pm desvio padrão) do grau de importância e satisfação de 11 itens relacionados às principais funcionalidades do CMMS. Pode-se observar que os itens 1.1, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8 e 1.9 apresentaram o grau de importância e satisfação considerado de “alto” a “muito alto”. Os itens 1.3, 1.7 e 1.10 são considerados de “médio” a “alto” quanto ao grau de importância e satisfação. Os itens 1.2 e 1.11 apresentaram o grau de importância e satisfação considerado “médio”.

A Figura 11 mostra os gráficos de satisfação *versus* importância para os 11 itens relacionados às principais funcionalidades do CMMS. O gráfico foi dividido em quatro quadrantes, sendo classificados conforme: excedente, manter, atenção e melhorar. Os 11 itens foram enquadrados pela classificação no quadrante de “manter”.

Tabela 5: Grau de importância e satisfação dos gestores de acordo com os valores médios (\pm desvio padrão) quanto às funcionalidades do CMMS.

1- Principais funcionalidades do CMMS	IMPORTÂNCIA	SATISFAÇÃO
1.1. Gestão e controle de equipamentos	5,00 \pm 0,00	5,00 \pm 0,00
1.2. Gestão de instal. e controle de processo	3,25 \pm 1,50	3,00 \pm 1,15
1.3. Gestão e controle de documentos	4,00 \pm 1,15	3,50 \pm 1,00
1.4. Gestão da manutenção corretiva	4,50 \pm 0,58	4,50 \pm 0,58
1.5. Gestão da manutenção preventiva	5,00 \pm 0,00	5,00 \pm 0,00
1.6. Gestão da manutenção preditiva	5,00 \pm 0,00	5,00 \pm 0,00
1.7. Gestão de engenharia de manutenção	3,75 \pm 0,96	3,25 \pm 0,50
1.8. Gestão de ordens de serviços	4,75 \pm 0,50	4,75 \pm 0,50
1.9. Análise de dados históricos	5,00 \pm 0,00	5,00 \pm 0,00
1.10. Custos e controle orçamentário	3,75 \pm 0,96	3,25 \pm 0,50
1.11. Gestão de estoques	3,50 \pm 0,58	3,00 \pm 0,82

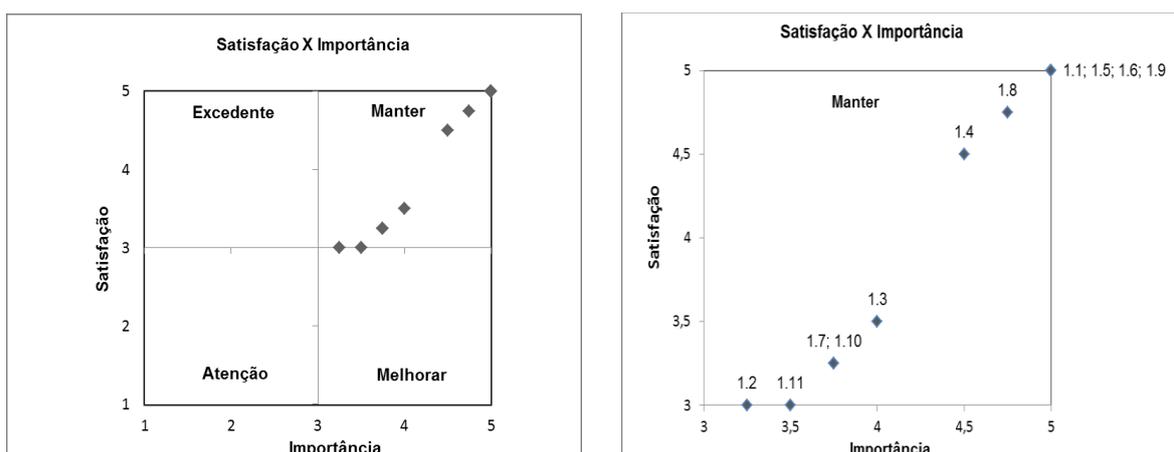


Figura 11: Gráficos de satisfação *versus* importância para os 11 itens relacionados às principais funcionalidades do CMMS.

A Tabela 6 apresenta os resultados com os valores (\pm desvio padrão) da satisfação dos 10 itens relacionados aos diversos módulos e aplicações do programa CMMS. Nesta tabela observa-se que os itens 2.3, 2.4, 2.7, 2.8, 2.9 e 2.10 apresentaram o grau de importância e satisfação de “alto” a “muito alto”. O item 2.6 pode ser considerado de “muita alta” importância, porém, a satisfação pode ser considerada “alta”. Os itens 2.1, 2.2 e 2.5 foram julgados quanto à importância e satisfação de “média” a “alta”.

A Figura 12 mostra os gráficos de satisfação *versus* importância para os 10 itens relacionados aos diversos módulos e aplicações do programa CMMS. O gráfico foi

dividido em quatro quadrantes, sendo classificados conforme: excedente, manter, atenção e melhorar. Os 10 itens foram enquadrados pela classificação no quadrante de “manter”.

Tabela 6: Grau de importância e satisfação dos gestores de acordo com os valores médios (\pm desvio padrão) quanto aos módulos e aplicações do CMMS.

2- Diversos módulos e aplicações do CMMS	IMPORTÂNCIA	SATISFAÇÃO
2.1. Gestão de peças de reposição	3,75 \pm 0,96	3,50 \pm 0,58
2.2. Gestão de compras	3,75 \pm 0,96	3,50 \pm 0,58
2.3. Suporte à auditoria	4,75 \pm 0,50	4,75 \pm 0,50
2.4. Planej. e program. das ativ. de manut.	4,50 \pm 0,58	4,25 \pm 0,50
2.5. Gerenciamento de suprimentos	3,75 \pm 0,96	3,25 \pm 0,50
2.6. Gestão de pessoal	4,75 \pm 0,50	3,75 \pm 0,50
2.7. Relatórios e análise dos dados	4,75 \pm 0,50	4,50 \pm 0,58
2.8. Gestão de dados históricos	5,00 \pm 0,00	4,75 \pm 0,50
2.9. Interface do programa de manutenção	4,50 \pm 0,58	4,25 \pm 0,50
2.10. Segurança de gerenciamento de dados	4,25 \pm 0,50	4,25 \pm 0,50

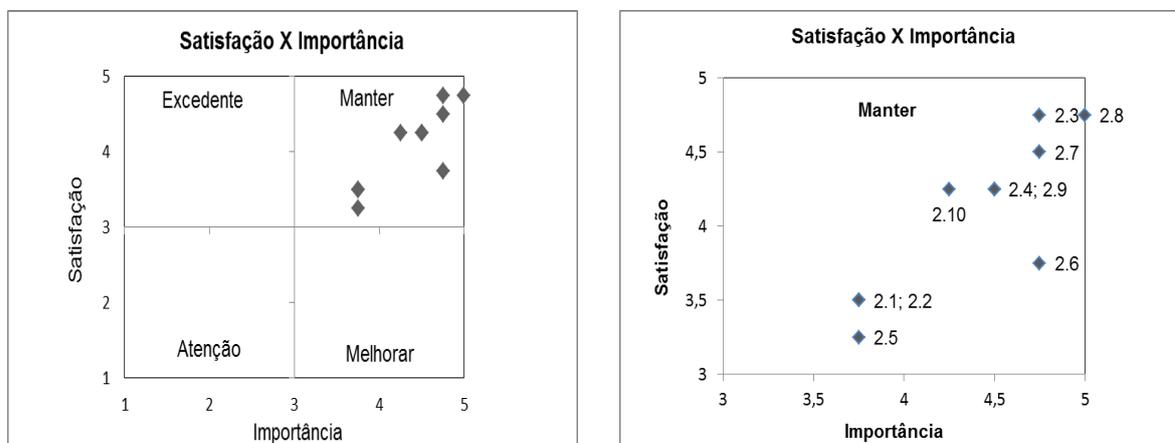


Figura 12: Gráficos de satisfação *versus* importância para os 10 itens relacionados aos diversos módulos e aplicações do programa CMMS.

A Tabela 7 apresenta os valores médios (\pm desvio padrão) do grau de importância e satisfação do programa CMMS quando aplicado para os quesitos de qualidade e sustentabilidade ambiental. O item “Serviço de suporte ao cliente” (3.2) foi o único bem avaliado, com nota “alta” na importância e nota “média” na satisfação. Os critérios 3.1, 3.4 e 3.8, respectivamente, “Qualidade da água ao cliente”, “Perda de água nas linhas de distribuição” e “Ecoeficiência energética” foram julgados como “média”

quanto à importância e satisfação. Os demais itens avaliados, 3.3, 3.5, 3.6 e 3.7, apresentaram o grau de importância e satisfação entre “baixa” e “muito baixa”. Nestes quesitos alguns gestores não souberam responder todos os itens do questionário.

A Figura 13 mostra o gráfico de satisfação *versus* importância para os 8 itens relacionados aos aspectos de qualidade e sustentabilidade do programa CMMS. O gráfico foi dividido em quatro quadrantes, sendo classificados conforme: excedente, manter, atenção e melhorar. Os itens 3.3, 3.5, 3.6 e 3.7 foram enquadrados pela classificação no quadrante de “atenção”. Os itens 3.1, 3.4 e 3.8 posicionaram-se no ponto de interseção dos quatro quadrantes, ou seja, no ponto médio. O item 3.2 foi enquadrado pela classificação no quadrante de “manter”, tendo obtido a melhor avaliação.

Tabela 7: Grau de importância e satisfação dos gestores de acordo com os valores médios (\pm desvio padrão) quanto à qualidade e sustentabilidade do CMMS.

3- Aspectos de Qualid. e Sustentab. do CMMS	IMPORTÂNCIA	SATISFAÇÃO
3.1. Qualidade da água ao cliente (1)	3,00 --	3,00 --
3.2. Serviços de suporte ao cliente (1)	4,00 --	3,00 --
3.3. Integrid. de ativos e segur. da planta de proc. (3)	1,00 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00
3.4. Perdas de água nas linhas de distribuição (1)	3,00 --	3,00 --
3.5. Ampliação da planta de processo (3)	1,67 \pm 0,57	1,67 \pm 0,57
3.6. Suporte e apoio à decisão empresarial (3)	1,67 \pm 0,57	1,67 \pm 0,57
3.7. Disposição final de resíduos sólidos (1)	1,00 --	1,00 --
3.8. Ecoeficiência energética (1)	3,00 --	3,00 --

(1) Avaliado por um gestor. (3) Avaliado por três gestores.



Figura 13: Gráfico de satisfação *versus* importância para os 8 itens relacionados aos aspectos de qualidade e sustentabilidade do programa CMMS.

5.2. VERIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

A planilha eletrônica (Apêndice II) de cálculo de retorno de investimento (ROI) é aplicada com as inserções dos dados das técnicas de manutenções da empresa analisada, conforme apresentado na Figura 14. Estes dados obtidos no “CMMS” da empresa sobre as técnicas de manutenção aplicadas (corretiva, preventiva e preditiva) e o cálculo da estimativa de redução de custo são destacados na Tabela 8. A verificação segundo as melhores práticas de manutenção mundial, relacionadas por Kardec; Nascif (2006, p. 49), demonstraram a possibilidade de investimento na manutenção da empresa, tendo o retorno de investimento (ROI) com a estimativa de redução de custo de 2,11%.

	C	D	E	F	G
9	Questões		DESCRIÇÃO	RESPOSTA	
10	1		Informe a quantidade de hht em <i>manutenção corretiva não planejada</i> .	11,75	<<<< Insira dados aqui
11	2		Informe a quantidade de hht em <i>manutenção preventiva</i> .	16,92	<<<< Insira dados aqui
12	3		Informe a quantidade de hht em <i>manutenção preditiva (medição e correção)</i> .	71,33	<<<< Insira dados aqui
13			Cálculo do % de corretivas não planejadas sobre o total (valor ideal < 10%) =>	11,75%	
14			Cálculo do % de preventivas sobre o total (valor ideal = 30%) =>	16,92%	
15			Cálculo do % de preditivas sobre o total (valor ideal = 60%) =>	71,33%	
16			ESTIMATIVA DE REDUÇÃO NO CUSTO ATUAL DE SUA MANUTENÇÃO =>	2,11%	

Figura 14: Planilha eletrônica de cálculo de retorno de investimento (ROI) com os dados das técnicas de manutenções da empresa analisada e estimativa de redução de custo.

Fonte: Engeman (2013).

Tabela 8: Dados percentuais das técnicas de manutenção aplicadas na empresa e a estimativa de redução de custo.

Corretiva (%)	Preventiva (%)	Preditiva (%)	Redução de custo (%)
11,75	16,92	71,33	2,11

5.3. AVALIAÇÃO POR ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) E CONDORCET

A Tabela 9 apresenta os resultados das avaliações dos 4 gestores com comparação em importância para os equipamentos entre os critérios de produção, segurança, ambiental, disponibilidade e custo. Os resultados totais das avaliações foram segundo o método de Condorcet, os quais serão aplicados no cálculo do método AHP. De acordo com os gestores, os critérios de segurança e ambiental,

respectivamente, são os mais relevantes para a manutenção. Em seguida temos, por relevância decrescente, os critérios produção, disponibilidade e custo.

Tabela 9: Apresenta a avaliação comparativa entre os critérios, obtido pelo método Condorcet.

Crítérios	Produção	Segurança	Ambiental	Disponibilidade	Custo
Gestor 1	5	7	4	4	0
Gestor 2	4	5	8	3	0
Gestor 3	5	6	5	4	0
Gestor 4	3	6	5	2	4
Total	17	24	22	13	4

A Tabela 10 apresenta os resultados das avaliações de prioridade dos equipamentos quanto ao critério segurança. A soma total foi analisada no método AHP relacionada à escala de Saaty (1990) para os cálculos das prioridades médias locais (PML).

A Tabela 11 mostra as avaliações dos gestores quanto ao critério ambiental, sendo observado que os equipamentos, de forma geral, possuem baixo impacto ambiental. A soma total foi analisada no método AHP relacionada à escala de Saaty (1990) para os cálculos das prioridades médias locais (PML).

Tabela 10: Resultados das avaliações de prioridade dos equipamentos quanto ao critério segurança com somatório total.

Equipamento	Gestor 1	Gestor 2	Gestor 3	Gestor 4	TOTAL
Compressor Parafuso	M	M	A	A	10
Batedor	M	A	A	M	10
Bomba 02	M	A	B	A	9
Bomba 03	A	A	A	A	12
Motobomba	A	A	M	A	11
Motor Centrífuga	M	A	A	A	11
Subestação Energia	M	A	A	M	10
Gerador	M	B	A	B	7
Painel 02 Captação	M	B	B	B	5

Obs.: A – Alto (3 pontos); M – Médio (2 pontos); B – Baixo (1 ponto).

Tabela 11: Resultados das avaliações de prioridade dos equipamentos quanto ao critério ambiental com somatório total.

Equipamento	Gestor 1	Gestor 2	Gestor 3	Gestor 4	TOTAL
Compressor Parafuso	B	B	B	B	4
Batedor	M	B	B	B	5
Bomba 02	B	M	B	B	5
Bomba 03	B	B	B	B	4
Motobomba	B	B	B	B	4
Motor Centrífuga	M	B	B	B	5
Subestação Energia	M	B	B	B	5
Gerador	B	B	B	B	4
Painel 02 Captação	M	B	B	B	5

Obs.: A – Alto (3 pontos); M – Médio (2 pontos); B – Baixo (1 ponto).

A Tabela 12 apresenta os resultados médios percentuais dos critérios de produção e da disponibilidade dos equipamentos avaliados pelos gestores. Os valores percentuais dos critérios de produção e disponibilidade possibilitaram os cálculos pelo método AHP das prioridades médias locais (PML). Nesta tabela indica que o custo não foi avaliado pelos gestores, com indicação “não sei”.

A Tabela 13 indica as atuais técnicas de manutenções aplicadas aos equipamentos da empresa. A empresa aplica sua melhor técnica de manutenção (preditiva) nos equipamentos: Bomba 02, Bomba 03, Motobomba, Subestação de energia e Painel 02 captação.

Tabela 12: Resultados médios e avaliações dos equipamentos quanto aos critérios produção, disponibilidade e custo.

Equipamento	Produção (%)	Disponibilidade (%)	Custo
Compressor Parafuso	82	88	N
Batedor	82	85	N
Bomba 02	78	72	N
Bomba 03	88	85	N
Motobomba	88	92	N
Motor Centrífuga	75	82	N
Subestação Energia	95	92	N
Gerador	78	82	N
Painel 02 Captação	80	78	N

Obs.: N – Não sei.

Tabela 13: Técnicas de manutenções aplicadas nos equipamentos da empresa.

Alternativas	Equipamento	Manutenção aplicada na empresa
A1	Compressor parafuso	Preventiva
A2	Batedor	Corretiva
A3	Bomba 02	Preditiva
A4	Bomba 03	Preditiva / Preventiva
A5	Motobomba	Preditiva
A6	Motor centrífuga	Preventiva
A7	Substação energia	Preditiva
A8	Gerador	Preventiva
A9	Painel 02 captação	Preditiva

A Figura 15 mostra as matrizes das análises feitas no método AHP utilizando a escala de Saaty (1990), ou seja, de 1 a 9, para os equipamentos à luz dos critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade. As análises determinaram as matrizes comparativas entre os 9 equipamentos, de acordo com a relação das alternativas (A1 a A9) da Tabela 13. O critério custo foi eliminado da análise, pois não foi avaliado pelos gestores.

Segurança									Ambiental								
1	1	2	1/3	1/2	1/2	1	4	6	1	1/3	1/3	1	1	1/3	1/3	1	1/3
1	1	2	1/3	1/2	1/2	1	4	6	3	1	1	3	3	1	1	3	1
1/2	1/2	1	1/4	1/3	1/3	1/2	3	4	3	1	1	3	3	1	1	3	1
3	3	4	1	2	2	3	6	7	1	1/3	1/3	1	1	1/3	1/3	1	1/3
2	2	3	1/2	1	1	2	4	6	1	1/3	1/3	1	1	1/3	1/3	1	1/3
2	2	3	1/2	1	1	2	4	6	3	1	1	3	3	1	1	3	1
1	1	2	1/3	1/2	1/2	1	4	6	3	1	1	3	3	1	1	3	1
1/4	1/4	1/3	1/6	1/4	1/4	1/4	1	3	1	1/3	1/3	1	1	1/3	1/3	1	1/3
1/6	1/6	1/4	1/7	1/6	1/6	1/6	1/3	1	3	1	1	3	3	1	1	3	1
Produção									Disponibilidade								
1	1	3	1/3	1/3	4	1/6	3	2	1	2	7	2	1/3	3	1/3	3	4
1	1	3	1/3	1/3	4	1/6	3	2	1/2	1	6	1	1/4	2	1/4	2	3
1/3	1/3	1	1/5	1/5	2	1/8	1	1/2	1/7	1/6	1	1/6	1/9	1/5	1/9	1/5	1/4
3	3	5	1	1	6	1/4	5	4	1/2	1	6	1	1/4	2	1/4	2	3
3	3	3	1	1	6	1/4	5	4	3	4	9	4	1	5	1	5	6
1/4	1/4	1/2	1/6	1/6	1	1/9	1/2	1/3	1/3	1/2	5	1/2	1/5	1	1/5	1	2
6	6	8	4	4	9	1	8	7	3	4	9	4	1	5	1	5	6
1/3	1/3	1	1/5	1/5	2	1/8	1	1/2	1/3	1/2	5	1/2	1/5	1	1/5	1	2
1/2	1/2	2	1/4	1/4	3	1/7	2	1	1/4	1/3	4	1/3	1/6	1/2	1/6	1/2	1

Figura 15: Análise feita no método AHP utilizando a escala de Saaty (1990) para os equipamentos à luz dos critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade.

A Tabela 14 apresenta os resultados das prioridades médias locais (PML) dos equipamentos, de acordo com o método AHP, quanto aos critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade. Os gestores avaliaram os equipamentos com maior necessidade de segurança, determinado a Bomba 03 com a maior prioridade média local (25,9%). Na Tabela, os cálculos das prioridades médias locais (PML) determinou o valor de 15,8% com o maior impacto ambiental, sendo obtido pelos equipamentos: Batedor, Bomba 02, Motor centrífuga, Subestação energia e Painel 02 captação. O equipamento com maior impacto na produção é a Subestação Energia, obtendo a “PML” igual a 37,9%. Os equipamentos com maiores “PML’s” quanto à disponibilidade (26,6%) são: Motobomba e a Subestação Energia.

As análises das razões de consistências (RC) no método AHP obtiveram conformidades adequadas, sendo calculadas com valores abaixo de 0,10, conforme Tabela 14. Os valores das razões de consistências para os itens segurança, produção, ambiental e disponibilidade validaram os cálculos feitos no método AHP.

Tabela 14: Cálculos das prioridades médias locais (PML) dos equipamentos e as razões de consistências (RC) quanto aos critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade.

Equipamento	Prioridade Média Local (%)			
	Segurança (RC=0,022)	Ambiental (RC=0,028)	Produção (RC<0,001)	Disponibilidade (RC=0,028)
Compressor Parafuso	10,1	5,3	7,8	13,2
Batedor	10,1	15,8	7,8	8,4
Bomba 02	6,2	15,8	3,3	1,7
Bomba 03	25,9	5,3	16,3	8,6
Motobomba	16,1	5,3	16,3	26,6
Motor Centrífuga	16,1	15,8	2,2	5,5
Subestação Energia	9,9	15,8	37,9	26,6
Gerador	3,5	5,3	3,3	5,5
Painel 02 Captação	2,1	15,8	5,1	3,8

As análises entre os critérios, par a par na escala de Saaty (1990) à luz do objetivo principal, que determina o equipamento de maior prioridade para a manutenção da empresa, são apresentadas na matriz da Figura 16. Os valores foram analisados conforme os pesos determinados no método Condorcet (Tabela 9).

	Segur.	Amb.	Prod.	Dispon.
Segur.	1	2	5	6
Amb.	1/2	1	3	4
Prod.	1/5	1/3	1	3
Dispon.	1/6	1/4	1/3	1

Figura 16: Matriz de análises entre os critérios, par a par na escala de Saaty (1990) à luz do objetivo principal.

A Tabela 15 apresenta as prioridades médias locais (PML) calculada no método AHP para os critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade. O critério de segurança, com 52,0%, tem a maior importância na determinação do equipamento de maior prioridade para a manutenção. A razão de consistência (RC) foi adequada, com valor menor do que 0,10, ou seja, sendo igual a 0,050.

Tabela 15: Apresentação das prioridades médias locais (PML) para os critérios.

Crítérios	PML (%)
Segurança	52,0
Ambiental	27,3
Produção	13,4
Disponibilidade	7,3

Obs.: Razão de consistência igual a 0,050.

A Figura 17 mostra o resultado gráfico conforme análise pelo método AHP, considerando os critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade. O critério custo foi desprezado para o cálculo no método AHP em razão dos gestores não terem avaliado este quesito, e também, por obter o menor peso na avaliação comparativa entre os critérios.

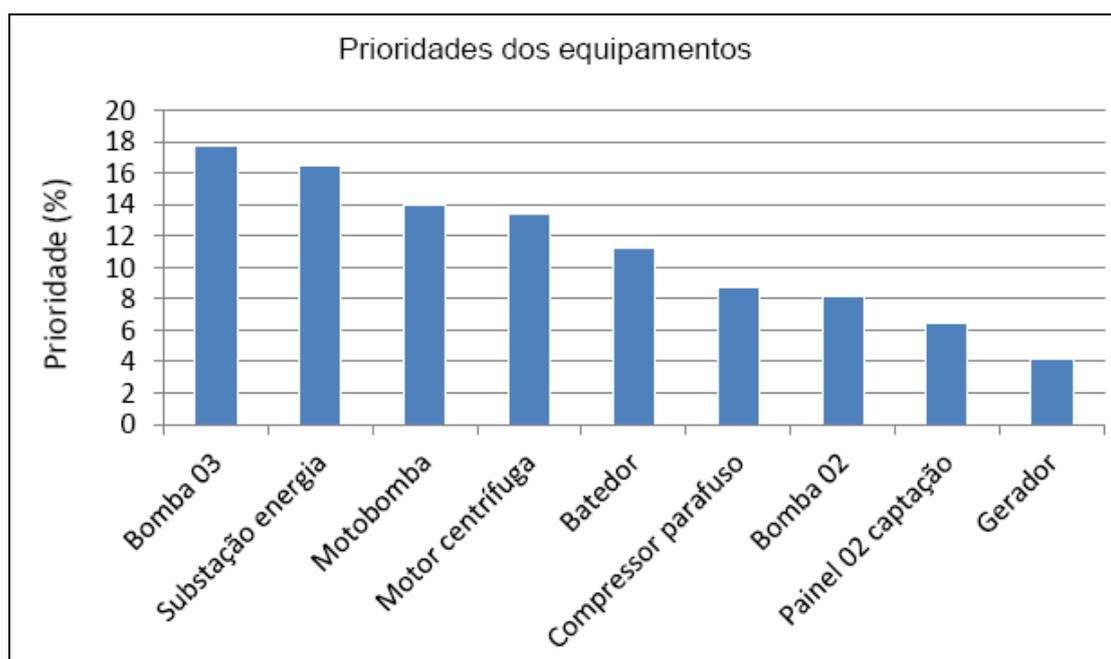


Figura 17: Gráfico das prioridades dos equipamentos conforme análise pelo método AHP, considerando os critérios segurança, ambiental, produção e disponibilidade.

O programa determinou o equipamento de maior prioridade global (PG) para a manutenção, de acordo com a escala de *Saaty*, tendo como base as avaliações pelos gestores dos critérios e alternativas. O equipamento mais prioritário na manutenção, determinado na Figura 17, foi a Bomba 03, sendo calculado em 17,69%.

6. DISCUSSÃO

O grau alto de satisfação geral determinado pelos gestores indica o elevado potencial de utilização do programa CMMS. De modo geral, a importância obteve notas superiores em relação à satisfação.

Nas Tabelas 5 e 6, os 21 itens compondo o 1º e 2º bloco em importância e satisfação, foram bem avaliados, ficando as notas acima de 3, tendendo a “alta” e “muito alta”. Estes dados mostram que os gestores tem boa consciência sobre a importância dos principais itens do “CMMS”. A pesquisa sobre a importância (I) e satisfação (S), quanto aos aspectos de funcionalidades, módulos e aplicações, que corresponderam a 21 itens avaliados, apresentaram a seguinte proporção:

- 43% considerados de grau “muito alto” (I e S);
- 29% considerados de grau “alto” (I) e “média” (S);
- 14% considerados de grau “alto” (I e S);
- 9% considerados de grau médio (I e S);
- 5% considerados de grau “muito alto” (I) e “alto” (S).

Os 11 itens das principais funcionalidades do CMMS (1º bloco) apresentaram os seguintes 5 itens com satisfação considerada “média”, tais como:

- 1.2 - Gestão de instalação e controle de processo;
- 1.3 - Gestão e controle de documentos;
- 1.7 - Gestão da engenharia de manutenção;
- 1.10 - Custos e controle orçamentário;
- 1.11 - Gestão de estoques.

Estas gradações “médias” obtidas demonstram possibilidades de melhora na gestão para “alto” a “muito alto”, principalmente, em relação ao item “Custo e controle orçamentário” (1.10).

As análises gráficas da satisfação *versus* importância relacionada às principais funcionalidades, diversos módulos e aplicações do CMMS enquadraram os 21 itens (Figura 11 e 12) pela classificação no quadrante de “manter”. Esta classificação não sugere mudanças significativas no processo organizacional da manutenção.

No entanto, as questões referentes aos critérios de qualidade e sustentabilidade ambiental (Tabela 7), que compõe o 3º bloco com 8 itens, não foram respondidas em sua maioria. De forma geral, estes itens ficaram avaliados entre “média” e “muito baixa”, quanto à importância e satisfação. No gráfico da satisfação *versus* importância (Figura 13), os itens 3.3, 3.5, 3.6 e 3.7 foram enquadrados pela classificação no quadrante de “atenção”, ou seja, no pior quadrante. Segundo Narayan (2012) os aspectos de qualidade e sustentabilidade são fundamentais para melhorar a qualidade de vida e evitar os graves acidentes industriais. Além destes fatores, são requisitos básicos para que as empresas se mantenham competitivas, uma vez que os clientes estão cada vez mais preocupados com a qualidade e sustentabilidade ambiental das empresas (OLIVEIRA; SERRA, 2010).

Neste trabalho, os gestores não consideraram relevantes ou não souberam opinar quanto aos aspectos de qualidade e meio ambiente, pois apenas um dos gestores foi apto a responder todas as questões. Este resultado pode ser explicado pelos fatos da empresa trabalhar com um produto que apresenta baixo impacto ambiental se atingir o meio ambiente externo, em caso de acidente ou/e pela própria política da empresa que não visualiza a questão ambiental como critério de fortalecimento de sua imagem no mercado. Isso indica que o CMMS desta empresa está sendo usado de forma restrita e poderia auxiliar a empresa para na busca de uma maior ecoeficiência e minimização dos impactos ao meio ambiente.

Nas avaliações de importância e satisfação de itens relacionados à sustentabilidade os gestores atribuíram notas relativamente baixas ou não souberam avaliá-los. No entanto, quando foram atribuir pesos aos critérios de seleção de equipamentos no método AHP, o critério impacto ambiental recebeu peso elevado. Esta contradição sugere que, na opinião dos gestores, a questão ambiental recebe atenção diferenciada dentro da empresa, dependendo do risco de acidente ambiental de cada atividade. Sugere-se que a questão ambiental seja implantada de forma sistêmica na empresa.

Os indicadores de importância e satisfação reforçam a necessidade da utilização do programa CMMS para o planejamento e controle da manutenção da empresa

analisada. Os itens analisados apresentam possibilidades de melhoria para a gestão da manutenção (BRAGLIA et al., 2006). No entanto, neste trabalho constatou-se que três gestores que participaram da pesquisa responderam, com níveis de gradação diferentes entre eles, mas com diversas respostas iguais para os itens quanto à importância e satisfação. Este fato sugere no futuro o esclarecimento melhor da diferença entre o item importância e o item satisfação, antes da aplicação de novos questionários nesta empresa.

As definições para importância e satisfação, segundo Dicionário Online de Português (2013), são:

- Importância: “Qualidade de uma coisa considerável, seja por si mesma, seja pelas consequências que pode ter: negócio de alta importância.”

- Satisfação: “Contentamento; prazer resultante da realização daquilo que se espera ou que se deseja.”

A importância do item avaliado do programa é determinada pela relevância em alcançar os objetivos de planejamento e controle da manutenção. A satisfação do item avaliado do programa está relacionada ao nível do objetivo realizado na gestão da manutenção. Portanto, neste caso, a importância relaciona o modo de alcançar o objetivo e a satisfação relaciona com o nível do objetivo realizado.

A Tabela 16 apresenta os valores percentuais das distribuições das técnicas de manutenções aplicadas mundialmente, nas empresas brasileiras e na empresa pesquisada relacionada à estimativa de redução de custo. Segundo o cálculo pelo ROI, a estimativa de redução de custo das empresas brasileiras, ao aplicar as melhores práticas de manutenções, é 25,40%. Este valor é considerado alto, visto que o investimento feito em manutenção em 2011 está em torno de 150 bilhões de Reais. Este resultado sinaliza uma grande necessidade de investimento na manutenção brasileira, principalmente em manutenção preditiva com o valor de 18,51%, que está muito abaixo das melhores práticas preditivas mundiais, em torno de 60%.

Conforme Tabela 16, a empresa pesquisada tem um baixo valor de redução de custo, em torno de 2,11%, ou seja, um padrão de manutenção melhor do que a média brasileira (25,40%). A empresa tem uma manutenção, de forma geral, muito próxima à eficiência em relação às melhores práticas de manutenções mundiais. A manutenção preventiva pode ser ampliada, principalmente, em razão da diminuição da manutenção corretiva. Os resultados da empresa pesquisada são muito positivos, principalmente em relação à manutenção preditiva, de forma altamente atuante em 71,33% das ações.

Tabela 16: Valores percentuais das distribuições das técnicas de manutenções aplicadas mundialmente, nas empresas brasileiras e na empresa pesquisada relacionada à estimativa de redução de custo.

Técnicas de manutenções	Empresa Pesquisada (%)	Empresas Brasileiras (%) *	Técnicas Aplicadas (%) **
Corretiva	11,75	27,40	10
Preventiva	16,92	37,17	30
Preditiva	71,33	18,51	60
Outras	0	16,92	0
Redução de Custo	2,11	25,40	0

*Fonte: Abramam (2011). **Fonte: Engeman (2013).

O método AHP, além de outras aplicabilidades importantes, é uma ferramenta interessante para definir pesos de critérios e subcritérios. No entanto, quando temos muitos julgadores, com opiniões distintas sobre a importância de cada critério, podem ocorrer dúvidas na definição final da contribuição de cada um dos critérios para a solução do problema. Este trabalho propõe o uso do método Condorcet na solução desta problemática. Este método não foi usado para a definição dos pesos dos critérios segundo a escala de Saaty (Tabela 2), mas pode ser empregado de forma indireta para definir os pesos dos critérios da escala de Saaty. Espera-se, com esta combinação de técnicas, um consenso diante de divergências entre multijulgadores. Outro aspecto importante é a demanda de tempo despendida por cada julgador para que este ajuste os pesos dos critérios sem contrariar a razão de consistência maior que 0,10. No julgamento pelo método Condorcet, os critérios são julgados de forma pareada o que facilita a comparação.

A avaliação, de acordo com o método Condorcet, pelos 4 gestores comparativamente entre os critérios em maior importância para os equipamentos destacou, conforme indicado em Helmann; Marçal (2007), os fatores de segurança, ambiental e produção. Os critérios de manutenção dos equipamentos mais citados em conjunto na literatura são os fatores de segurança, ambiental e produção. Os fatores de disponibilidade e custo, proporcionalmente, apresentaram as menores importâncias. Portanto, o método Condorcet mostrou-se apropriado para as indicações dos pesos dos critérios, uma vez que as avaliações dos gestores foram compatíveis com a literatura pesquisada (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 56, 95, 163); (SOUZA, 2013, p. 188, 255); (HELMANN; MARÇAL, 2007). Os critérios apresentaram a seguinte ordem

decrecente por relevância: segurança, ambiental, produção, disponibilidade e custo. O método Condorcet possibilitou obter um consenso entre os gestores sobre o critério de maior importância.

No cálculo do método AHP, o critério custo não foi considerado, pois os gestores não fizeram a avaliação deste quesito em relação aos equipamentos. O custo foi avaliado pelos gestores com a menor relevância entre os critérios, em termos da criticidade dos equipamentos. Este critério, normalmente, é difícil de ser avaliado pelos gestores em razão da complexidade dos processos controlados pela manutenção. O custo envolve diversos fatores para sua determinação, tais como: tempos de reparos, mão-de-obra, peças e materiais gastos.

As prioridades médias locais (PML), de acordo com os critérios, destacaram diversos equipamentos para a manutenção. O equipamento Subestação de Energia foi o mais destacado na Tabela 14, conforme os critérios produção, ambiental e disponibilidade. O critério segurança foi determinado o mais importante na prioridade (Tabela 15) e obteve o maior impacto sobre a Bomba 03. Apesar do destaque devido à Subestação de Energia, o equipamento Bomba 03 é eleito o mais prioritário para a manutenção, de acordo a prioridade global (PG). A técnica de manutenção preditiva é a indicada a ser utilizada na Bomba 03, em razão da maior criticidade. E a empresa aplica atualmente, neste equipamento, as técnicas preditiva e preventiva. A empresa pode rever os níveis de manutenções preditivas e preventivas aplicadas na Bomba 03. Estas análises, relativa à Bomba 03, sugerem as seguintes propostas para a empresa:

- Baixar o tempo do período de manutenção em razão da maior criticidade do equipamento;
- Aumentar rigorosidade e os níveis das análises preditivas;
- Reduzir a preventiva em razão de melhorar a preditiva.

Os equipamentos Motor centrifuga, Batedor e Compressor parafuso têm, respectivamente, as seguintes prioridades globais (PG): 13,38%, 11,23% e 8,70 %. As técnicas de manutenções aplicadas pela empresa nestes equipamentos são as menos elaboradas, respectivamente, preventiva, corretiva e preventiva. Entretanto, os estudos do trabalho indicaram equipamentos de menores prioridades e manutenções de maiores qualidades, tais como, a Bomba 02 e o Painel 02 captação, com manutenções preditivas. Estas análises indicam a possibilidade de melhorar a manutenção com aplicação das técnicas adequadas a real necessidade dos equipamentos. Os estudos

indicaram a necessidade de revisões, em princípio, dos procedimentos de manutenções dos equipamentos Motor centrífuga, Batedor e Compressor parafuso.

As avaliações dos gestores foram calculadas com muita consistência através da análise feita no método AHP, determinando o cálculo com valores de razões de consistências (RC) menores do que 0,10, conforme especifica a metodologia.

A análise destes resultados para um melhor ordenamento por prioridade de manutenção pode ser feitas por diversos métodos de AMD (COSTA, 2006, p. 31).

7. CONCLUSÕES

O programa “CMMS” tem alta importância na gestão da empresa, conforme avaliações dos gestores.

A aplicação dos métodos AMD foi feita por meio dos métodos AHP e Condorcet. A sugestão dos gestores foi indicar o equipamento de maior prioridade para a manutenção. O método AHP elegeu a Bomba 03 como equipamento mais prioritário para a manutenção.

No trabalho, a proposta metodológica de análise da gestão da manutenção da empresa é feita através dos métodos AMD, questionários e cálculos de retorno de investimentos (ROI).

A empresa pesquisada tem um baixo valor de redução de custo, em torno de 2,11%, ou seja, um indicador de manutenção melhor do que a média brasileira de 25,40%.

Os resultados dos questionários quanto à qualidade e sustentabilidade, nestes aspectos, sugerem uma melhora da cultura da manutenção na empresa.

7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho contribui com uma metodologia para análise real da situação, a nível mundial, da gestão da manutenção de uma empresa, através dos métodos AMD, questionários, gráficos e cálculos de retornos de investimentos (ROI). A pesquisa foi focada, conforme sugestão dos gestores, na determinação do equipamento mais crítico em manutenção, através da utilização em conjunto dos métodos AHP e Condorcet.

Os gestores destacaram a alta importância do programa na gestão da manutenção da empresa. Este destaque é referenciado pela análise gráfica da satisfação *versus* importância dos 21 itens do 1º e 2º bloco dos questionários, com enquadramento na classificação do quadrante de “manter”. Esta classificação não sugere mudanças significativas no processo organizacional da manutenção. As igualdades de valores da avaliação, quanto à funcionalidade, módulos e aplicações, indicaram que alguns gestores não diferenciaram os itens quanto à importância e satisfação. Os aspectos de qualidade, sustentabilidade e meio ambiente não foram avaliados por todos os gestores. Os resultados dos questionários quanto à qualidade e sustentabilidade sugerem uma melhora da cultura da manutenção nestes aspectos, visto que, são indicadores cada vez mais utilizados no mundo.

A empresa pesquisada tem um baixo valor de redução de custo, em torno de 2,11%, ou seja, um indicador de manutenção melhor do que a média brasileira de 25,40%. A empresa analisada tem uma manutenção muito próxima à eficiência em relação às melhores práticas de manutenções mundiais. A manutenção preventiva pode ser ampliada, em razão da diminuição da manutenção corretiva. O desempenho da manutenção preditiva da empresa está acima do índice mundial (60%), correspondendo a 71,33% das ações nos equipamentos.

Os métodos multicritérios adotados no trabalho obtiveram êxito ao indicar o equipamento mais prioritário em manutenção para a empresa, de acordo com a seleção dos gestores. O método Condorcet, para definir os pesos dos critérios, aliado ao método AHP foram satisfatórios para a obtenção do resultado final, que elegeu a Bomba 03 como equipamento prioritário para a manutenção. A eleição da Bomba 03 atendeu as expectativas dos gestores em determinar o equipamento mais prioritário em razão da maior criticidade.

Portanto, a empresa pode rever os níveis de manutenções preditivas e preventivas aplicadas, atualmente, na Bomba 03. Estas análises, relativa à Bomba 03, sugerem as seguintes propostas para a empresa:

- Baixar o tempo do período de manutenção em razão da maior criticidade do equipamento;
- Aumentar rigorosidade e os níveis das análises preditivas;
- Reduzir a preventiva em razão de melhorar a preditiva.

Os itens avaliados reforçam a necessidade da utilização do programa “CMMS” para o planejamento e controle da manutenção da empresa analisada. A sugestão de melhoria pela utilização do programa “CMMS” enfatiza a necessidade da maior cultura de manutenção na empresa.

A principal sugestão para trabalhos futuros é a análise dos dados e respostas dos questionários para aplicação de métodos AMD que organizam por melhor ordenamento a prioridade dos equipamentos para a manutenção. A indicação para o melhor ordenamento das alternativas pode ser feita por meio do método Electre III.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUAS DO PARAÍBA, Disponível em: <<http://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-paraiba/>>. Acesso em: 20 fev de 2014.

ALMEIDA, A. T. Multicritério decision making on maintenance: Spares and contracts planning. **European Journal of Operation Research**. Holanda, v. 129, n. 2, p. 235-241, fev, 2001.

ALMEIDA, R. C.; ERTHAL M. Benefícios do gerenciamento da manutenção industrial numa empresa de porte médio com a aplicação do programa “CMMS”. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 16, 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SPOLM, 2013.

AMARANTO JR R. S. A. Sistema de manutenção informatizado aplicado a laboratórios de diagnóstico. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE SISTEMAS INDUSTRIAIS E AUTOMAÇÃO, 4, 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SNSI, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS (ABRAMAN). **Documento Nacional 2009**. Disponível em: <<http://www.abraman.gov.br>>. Acesso em: 20 jan de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Documento Nacional 2011**. Curitiba: ABRAMAN, 2012.

BOAVENTURA NETTO, Paulo.Oswaldo.**Grafos**: teoria, modelos, algoritmos. 3 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

BRAGLIA, M. de *et al.* AHP-based evaluation of CMMS software. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.17, n. 5, p. 585 – 602, ago, 2006. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1556588>>. Acesso em: 12 jul de 2012.

BRANCO FILHO, G. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

CHAVES, M. C. C. de *et al.* Utilização do método electre II para avaliação de pilotos no campeonato de fórmula 1. **Production Journal**. São Paulo: v. 20, n. 1, jul, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132010005000012>>. Acesso em: 15 nov. de 2012.

CHIOCHETTA, J. C.; HATAKEYAMA, K.; MARÇAL, R. F. M. Sistema de gestão da manutenção para a pequena e média empresa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, 2004, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: ABEPRO, 2005.

COSTA, H. G. **Auxílio multicritério à decisão**: método AHP. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006.

COSTA, H. G. **IPÊ 1.0**: guia do usuario. Disponível em: http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume42004/RelPesq_V4_2004_05.pdf. Acesso em: 15 mar de 2013.

DIAS, L. M. C.; ALMEIDA, L. M. A. T.; Clímaco, J. **Apoio multicritério à decisão**. Coimbra, PT: Universidade de Coimbra, 1996. 175p.

ENGEMAN AN ALSTON COMPANY **Software Engeman**. Disponível em: <<http://www.engeman.com.br>>. Acesso em: 10 jan de 2013.

ESPINOSA, F. N. **Apostila de gerenciamento de manutenção**. Campos dos Goytacazes, RJ: IFF, 2013.

HELMANN, K. S; MARÇAL, R. F. M. Método multicritério de apoio à decisão na gestão da manutenção: aplicação do método electre I na seleção de equipamentos críticos para processo. **Revista Gestão Industrial**. Paraná, v. 03, n. 01, p. 123-134, jun-jul, 2007.

KARDEC, A., LAFRAIA, J. R. **Gestão estratégica e confiabilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

_____; NASCIF, J. **Manutenção: função Estratégica**. 4 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006. 341 p.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. Disponível em: <http://www.voteview.com/likert_1932.pdf>. Acesso em: 27 set de 2012.

MATSUKUMA, C.M.O; HERNANDEZ, J.M.C. Escalas e métodos de análise em pesquisa de satisfação de clientes. **Revista de Negócios**. Blumenau, v. 12, n. 2, p. 85 - 103, mar, 2007.

MELLO, M.H.C.S.; QUINTELLA, H.L.M.M.; MELLO, J.C.C.B.S. Avaliação do desempenho de alunos considerando classificações obtidas e opiniões dos docentes. **Revista Investigação Operacional**. São Paulo, v. 24, n. 2, p. 187-196, abr, 2004.

NARAYAN, V. Business performance and maintenance: How are safety, quality, reliability, productivity and maintenance related? **Journal of quality in maintenance engineering** [1355-2511] v.18 iss 2 p.183 -195. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/13552511211244210>>. Acesso em: 15 set de 2012.

NASCIF, J.X.; DORIGO, L.C. **A importância da gestão da manutenção ou como evitar as armadilhas na gestão da manutenção**. Disponível em: <http://www.fatec.edu.br/html/fatecam/images/stories/dspti_ii/asti_ii_texto_referencia_1_gestao_manutencao.pdf>. Acesso em: 5 maio de 2013.

OLIVEIRA, O.J.; SERRA, J.R. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. **Revista Produção**. v. 20, n. 3, p. 429-438, out, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132010005000013>>. Acesso em: 09 dez de 2012.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**. Paraná: v. 04, n. 02: p. 01-16, out, 2008.

RAMOS FILHO, J. A., ATAMANCZUK, M. J., MARÇAL, R. F. M. Seleção de técnicas de manutenção para processo de armazenagem pelo Método de Análise Hierárquica. **Revista Produção**. Rio de Janeiro: v. 10. n. 1, set, 2010.

SAATY, T.L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**. North-Holland: v. 48, n. 1, p. 9–26, 1990.

_____; SHANG J. S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. In: **European Journal of Operational Research**. North-Holland: 214, p. 703–715, apr, 2011.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SOUZA, V. C. **Organização e gerência da manutenção**. São Paulo: All Print, 2013.

VALLADARES, G. S. *et al.* Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.32, n.1, p. 285-296, jan, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=0100-0683&lng=pt&nrm=iso&ep=>>. Acesso em: 01 jun de 2012.

VAZELLA, José Eugênio Miné. Análise dos indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON UNIVERSITY-INDUSTRY COOPERATION, 4, 5-7 dez, 2012. Taubaté, SP. **Proceeding...** Taubaté-SP: UNINDU, 2013.

VIANNA, M. R. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água**. 2 ed. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1998.

(1) Muito baixa	(2) Baixa	(3) Média	(4) Alta	(5) Muito Alta	(N) Não sei

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO REFERENTE À SATISFAÇÃO COM O PROGRAMA “CMMS”

QUESTIONÁRIO REFERENTE À SATISFAÇÃO COM O GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA EMPRESA ATRAVÉS DO PROGRAMA CMMS: ENGEMAN

(1) Muito baixa	(2) Baixa	(3) Média	(4) Alta	(5) Muito Alta	(N) Não sei
-----------------	-----------	-----------	----------	----------------	-------------

GRAU DE SATISFAÇÃO GERAL COM CMMS:

(1) Muito baixa	(2) Baixa	(3) Média	(4) Alta	(5) Muito Alta	(N) Não sei
-----------------	-----------	-----------	----------	----------------	-------------

ESCALA DE IMPORTÂNCIA

(1) Muito baixa	(2) Baixa	(3) Média	(4) Alta	(5) Muito Alta	(N) Não sei

ESCALA DE SATISFAÇÃO

ITEM	IMPORTÂNCIA	SATISFAÇÃO
1- Principais funcionalidades do CMMS		
1.1. Gestão e controle de equipamentos		
1.2. Gestão de instalações e controle de processo		
1.3. Gestão e controle de documentos		
1.4. Gestão da manutenção corretiva		
1.5. Gestão da manutenção preventiva		
1.6. Gestão da manutenção preditiva		
1.7. Gestão de engenharia de manutenção		
1.8. Gestão de ordens de serviços		
1.9. Análise de dados históricos		
1.10. Custos e controle orçamentário		
1.11. Gestão de estoques		
2- Diversos módulos e aplicações do CMMS		
2.1. Gestão de peças de reposição		
2.2. Gestão de compras		
2.3. Suporte à auditoria		
2.4. Planejamento e programação das atividades de manutenção		
2.5. Gerenciamento de suprimentos		
2.6. Gestão de pessoal		
2.7. Relatórios e análise dos dados		
2.8. Gestão de dados históricos		

2.9. Interface do programa de manutenção		
2.10. Segurança de gerenciamento de dados		
3- Aspectos de Qualidade e Sustentabilidade do CMMS		
3.1. Qualidade da água ao cliente		
3.2. Serviços de suporte ao cliente		
3.3. Integridade de ativos e segurança da planta de processo		
3.4. Perdas de água nas linhas de distribuição		
3.5. Ampliação da planta de processo		
3.6. Suporte e apoio à decisão empresarial		
3.7. Disposição final de resíduos sólidos		
3.8. Ecoeficiência energética		

APÊNDICE II: PLANILHA DO EXCELL DE CÁLCULO DO RETORNO DE INVESTIMENTO (ROI) NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO.

ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE CUSTO ATRAVÉS DA ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO		
INSTRUÇÕES DE USO		
<p>Preencha as questões de 1 a 3 informando o <u>hht (homem-hora-trabalhada)</u> / (mês ou ano) para cada tipo de manutenção. Serão calculados automaticamente o % empregado em cada modalidade de manutenção e o % de redução de custo. Este refere-se à estimativa de quanto o custo atual de sua manutenção pode ser reduzido em valores %, devido a:</p> <p>>>> <i>Aplicação de técnicas preventivas e preditivas em substituição às corretivas (alto custo).</i> >>> <i>Informatização, aplicação de engenharia de manutenção e capacitação técnica operacional.</i> >>> <i>Planejamento, controle e organização da manutenção.</i></p>		
Questões	DESCRIÇÃO	RESPOSTA
1	Informe a quantidade de hht em manutenção corretiva não planejada.	<<<= Insira dados aqui
2	Informe a quantidade de hht em manutenção preventiva.	<<<= Insira dados aqui
3	Informe a quantidade de hht em manutenção preditiva (medição e correção).	<<<= Insira dados aqui
Cálculo do % de corretivas não planejadas sobre o total (valor ideal < 10%) =>		0,0%
Cálculo do % de preventivas sobre o total (valor ideal = 30%) =>		0,0%
Cálculo do % de preditivas sobre o total (valor ideal = 60%) =>		0,0%
ESTIMATIVA DE REDUÇÃO NO CUSTO ATUAL DE SUA MANUTENÇÃO =>		0,0%
FONTE DA METODOLOGIA		
<p>Esta metodologia baseia-se na estatística publicada na <u>National Manufacturing Week Conference World Class Maintenance</u> 1998 – Chicago - USA. Está publicada aqui no Brasil no livro <u>Manutenção Função Estratégica - Alan Kardec & Júlio Nascif</u>. O trabalho comparou empresas com perfis semelhantes e apresentou os seguintes dados:</p> <p>>>> <i>Custo da corretiva não planejada = US\$18,00 / hp/ano</i> >>> <i>Custo da preventiva = US\$12,00 / hp/ano</i> >>> <i>Custo da preditiva = US\$7,00 / hp/ano</i></p> <p>A partir destes dados, se compararmos o desvio da situação atual de sua manutenção com dados "<u>best practices</u>" para manutenção classe mundial, obtemos quanto se pode reduzir no custo atual de sua manutenção.</p>		

Fonte: Engeman (2013).

APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO SOBRE AS TÉCNICAS DE MANUTENÇÕES E SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PELOS GESTORES.

Data: ____/____/____

QUESTIONÁRIO SOBRE AS TÉCNICAS DE MANUTENÇÕES E SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PELOS GESTORES

Empresa: _____

Funções dos gestores que participam da pesquisa:

Gestor 1: _____

Gestor 2: _____

Outros: _____

1 - Quais os tipos de manutenções aplicadas nos equipamentos industriais da empresa?

- () Corretiva
- () Preventiva
- () Preditiva
- () Detectiva
- () Engenharia de Manutenção
- () Outras: _____

2 - Quais os percentuais (%) anuais aproximados de manutenções aplicados na empresa?

Corretiva: () 10 () 20 () 30 () 40 () 50 () 60 () 70 () 80 () 90 () 100 () ____

Preventiva: () 10 () 20 () 30 () 40 () 50 () 60 () 70 () 80 () 90 () 100 () ____

APÊNDICE IV- QUESTIONÁRIO DA AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE MANUTENÇÃO.

Data: ___ / ___ / ___

Função do gestor: _____

AVALIAÇÃO DE PRIORIDADE DO EQUIPAMENTO QUANTO AOS CRITÉRIOS

Equipamento: _____

TAG: _____

1 – Qual o grau de **impacto ambiental** do equipamento ao falhar?

() Alto () Médio () Baixo () Não sei

2 – Qual o grau de **segurança** do equipamento quanto a acidentes de trabalho?

() Alto () Médio () Baixo () Não sei

3 – Qual o percentual (%) de **disponibilidade** anual do equipamento?

() 10 () 20 () 30 () 40 () 50 () 60 () 70 () 80 () 90 () 100 () _____

4 – Qual o **custo** (R\$) total anual de manutenção do equipamento?

5 – Qual o nível percentual (%) de influência do equipamento na **produção**?

() 10 () 20 () 30 () 40 () 50 () 60 () 70 () 80 () 90 () 100 () _____

Observações: _____