

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUCAS DO PRADO INAGAKI

ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM) NA INDÚSTRIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Cornélio Procópio

2016

LUCAS DO PRADO INAGAKI

ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA MANUTENÇÃO (PCM) NA INDÚSTRIA

Proposta para Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica, apresentado à UTFPR como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Jacometti

Cornélio Procópio
2016

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível com o incentivo de algumas pessoas que apareceram no decorrer da minha jornada de estudante:

Agradeço primeiramente a Deus, por estar aqui, e ser o apoio espiritual necessário para continuar a caminhada.

Ao meu pai já falecido, porém o maior responsável pela minha escolha de curso e prioridade no estudo.

À Minha mãe, que sempre está comigo onde eu for, me apoiando, me dando a segurança de que tudo vai da certo.

À Minha namorada, que tive a sorte de conhecer neste período universitário, sempre me apoiando tanto na vida quanto de forma acadêmica.

Ao meu orientador, professor Dr. Márcio Jacometti, que sempre esteve disponível para ajudar no trabalho, assim sendo indispensável para a realização do mesmo.

Aos meus familiares, que sempre torceram pelo meu sucesso, e passam uma energia positiva sempre.

RESUMO

INAGAKI, Lucas do Prado. **Estudo comparativo sobre a implementação do Planejamento e Controle da Manutenção (pcm) na indústria.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – engenharia mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

Este trabalho teve como objetivo, através da análise de dois estudos de casos e comparações com outras referências, compreender a importância do Planejamento e Controle da Manutenção, assim como exemplificar passos para sua implantação. O foco principal deste trabalho foi comparar o gerenciamento da manutenção de forma manual, representado pelo trabalho de Baldessar (2006), que se trata da implantação de um PCM para os transformadores da CELESC; com o método informativo, representado pelo trabalho de Nagai, Batista e Dagnoni (2015) que se trata da aplicação do PCM em uma planta de envase arla 32. Além de demonstrar através dos estudos de casos a importância do PCM, este trabalho objetiva recomendar melhoras nos trabalhos referidos. No caso do trabalho dos transformadores, pontua-se dicas para a mudança para o método informativo. Já no caso da planta de envase arla 32, cita-se a implantação da manutenção preditiva.

Palavras-Chave: Manutenção Preditiva, Manutenção Preventiva, Planejamento e Controle da Manutenção, Sistema Informatizado.

ABSTRACT

Inagaki, Lucas do Prado. **Comparative study about the implementation of Planning and Maintenance Control (PMC) in the industry**. 2016. Work Completion of course (Graduation) - Mechanical Engineering, Federal Technological University of Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

This work aimed, through the analysis of two case studies and comparisons with other references, understand the importance of planning and control of maintenance, as well as illustrate steps for this implementation. The main focus of this work was to compare the management manually of the maintenance, represented by the work of Baldessar (2006), which is the implementation of a planning and control of maintenance for transformers of the CELESC, with informative method, represented by the work of Nagai, Batista and Dagnoni (2015) which deals with the application of PCM in a bottling plant arla 32. In addition to demonstrating through case studies the importance of planning and control of maintenance, this work aims to recommend improvements in these works. In the case of the work of transformers, punctuates tips for switching to the informative method. In the case of bottling plant arla 32, describe tips for implementation of predictive maintenance.

Keywords: Predictive maintenance, Preventive maintenance, Planning and control of maintenance, Computerized system.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo Geral	10
1.2	Objetivos Específicos.....	11
1.3	Justificativa	11
2	REVISÃO TEÓRICA	13
2.1	Breve História da Manutenção.....	13
2.1.1	Primeira Geração.....	13
2.1.2	Segunda Geração.....	13
2.1.3	Terceira Geração.....	14
2.1.4	Quarta Geração	14
2.2	Tipos de Manutenção	15
2.2.1	Manutenção Corretiva Não Planejada	15
2.2.2	Manutenção Corretiva Planejada.....	15
2.2.3	Manutenção Preventiva	16
2.2.4	Manutenção Preditiva	16
2.2.5	Manutenção Detectiva	17
2.2.6	Engenharia de Manutenção.....	18
2.3	Planejando e Programando a Manutenção.....	19
2.3.1	Carteira de Serviço	19
2.3.2	Demanda de Especialidades	20
2.3.3	Demanda de Materiais.....	20
2.3.4	Priorização das Ordens de Serviço	21
2.3.5	Gráfico de Gantt	22
2.3.6	Diagrama de Pert-CPM.....	23
2.4	Índices da Manutenção.....	24
2.4.1	<i>Mean Time Between Failures</i> – MTBF.....	25
2.4.2	<i>Mean Time To Repair</i> – MTTR	25
2.4.3	Tempo Médio para Falha - TMPF	26
2.4.4	Disponibilidade Física da Maquinária - DF	26
2.4.5	Custo de Manutenção por Faturamento	27
2.4.6	Custo de Manutenção por Valor de Reposição	27
2.5	Sistemas de Informação para Manutenção	28
2.5.1	Sistema ERP – Planejamento dos Recursos da Empresa.....	28
2.6	FMEA – Análise do Modo de Falha e Efeitos	29
2.7	FTA – Análise da Árvore de Falha	31
3	METODOLOGIA	33
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ESTUDOS DE CASO	35
4.1	Apresentação do estudo 1 (caso manual)	35
4.1.1	Proposta da autora 1	35
4.1.2	Discussões e proposta de otimização para o estudo 1	39
4.2	Apresentação do estudo de caso 2 (caso informatizado)	42
4.2.1	Proposta dos autores 2.....	43

4.2.2	Discussões e proposta de otimização do estudo 2	52
4.3	Comparações entre os Estudos de casos 1 e 2	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
5.1	Propostas para trabalhos futuros	63
	REFERÊNCIAS.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de comparação de custos.....	17
Figura 2. Resultados e custos da evolução da manutenção	19
Figura 3. Fluxograma para a carteira de serviço.....	22
Figura 5. Exemplo de Rede.....	23
Figura 6. Etapas do FMEA.....	30
Figura 7. Exemplo da FTA.....	31
Figura 8. FMEA dos componentes externos do transformador.....	37
Figura 9. FTA da queima dos transformadores.....	38
Figura 10. Fatia do mercado de ERP.....	40
Figura 11. Modelo de placa de identificação de válvulas.....	43
Figura 12. Exemplo de placas de identificação das botoeiras.....	44
Figura 13. Fluxogramas de descarga e carregamento na planta.....	45
Figura 14. Localização de uma placa de identificação e de um fluxograma.....	45
Figura 15. Modelo de plaqueta de identificação de equipamentos gerais.....	46
Figura 16. Interface do SAP PM	47
Figura 17. Área de cadastros de equipamento no SAP PM.....	48
Figura 18. localização dos equipamentos no SAP PM.....	49
Figura 19. Criação de um plano de manutenção.....	50
Figura 20. Antes e depois da implantação do PCM.....	51
Figura 21. Equipamento para análise termográfica.....	53
Figura 22. Aquisição de dados termográficos.....	54
Figura 23. Sonda de proximidade.....	55
Figura 24. Sensor e aparelho de medição de velocidade de vibração.....	56
Figura 25. Acelerômetro piezoelétrico.....	57
Figura 26. Detector ultrassônico de vazamento.....	59
Figura 27. exemplificação sobre a comparação entre os métodos 1 e 2.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCM: Planejamento e Controle da Manutenção.

ABRAMAN: Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos.

MCC: Manutenção Centrada na Confiabilidade.

ERP: *Enterprise Resource Planning.*

PERT: *Program Evaluation and Review Technique.*

CPM: *Critical Path Method.*

MTBF: *Mean Time Between Failures.*

MTTR: *Mean Time To Repair.*

TMPF: Tempo Médio para a Falha.

DF: Disponibilidade Física.

FMEA: Análise do Modo de Falha e Efeitos

FTA: Análise da Árvore de Falha

UDESC: Universidade do Estado de Santa Catarina

CELESC: Centrais Elétricas de Santa Catarina

SAP: Sistema de Automação de Processos

UTFPR: Universidade Tecnológica do Paraná

DAELT: Departamento Acadêmico de eletrotécnica

HART: *Highway Addressable Remote Transducer*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, pode-se verificar uma crescente busca pela otimização dos processos industriais. Diante disso, as empresas que objetivam uma evolução estão se dispondo de equipamentos cada vez mais sofisticados e de alta produtividade. Essa objetivação por resultados torna a inatividade de determinada máquina ou célula por defeitos como ponto principal de desperdício. Esse ponto vai contra o sistema de produção *just in time* que não funcionaria com defeitos constantes de seus equipamentos, pois cada máquina de alta produtividade parada resultaria no atraso da entrega do produto, visto os baixos estoques oferecidos pelo sistema.

A motivação de um estudo na área é mostrar a importância da implantação de um Planejamento de Manutenção, pois apesar de uma crescente evolução com o passar dos anos, muitas vezes este tema é tratado como um assunto secundário, apenas discutido quando já se apresenta sinais de anomalia do maquinário ou, como na maioria dos casos, quando apresenta defeitos que já não permitem a funcionalidade efetiva do equipamento (manutenção corretiva).

Esse planejamento garante a confiabilidade da empresa perante o consumidor, pois o processo de manutenção não será mais uma surpresa e sim algo planejado, funcionando em sintonia com a demanda do produto. Assim objetiva-se neste trabalho a conscientização e apresentação de passos para um PCM, assim como a comparação entre estudos de casos, exemplificando ferramentas para escolha de métodos a serem empregados.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral a comparação entre dois tipos de métodos (manual e informatizado) de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), utilizando etapas para verificar a viabilidade de determinado método e posteriormente elaborar uma programação das atividades de manutenção na empresa corrigindo-as de modo a otimizar o tempo inativo das máquinas.

1.2 Objetivos Específicos

Esperando-se comparar o método manual e o informatizado de manutenção, este trabalho terá como objetivos específicos:

- Buscar os passos necessários para implantação nos referenciais teóricos levantados;
- Comparar as diferenças entre os métodos analisados;
- Analisar e comparar a viabilidade do método manual e informatizado na implantação do PCM, através dos estudos de casos;
- Indicar melhorias aos trabalhos expostos;
- Conseguir demonstrar de forma clara a importância do planejamento e padronização da manutenção, assim como a escolha certa de suas ferramentas.

1.3 Justificativa

A necessidade da manutenção iniciou-se a um longo tempo atrás, com a mecanização das indústrias no fim do século XIX (VIANA, 2002). Era tratada como secundária e até hoje, apesar da evolução, não é vista com seu devido valor. Na maior parte das empresas de pequeno até médio porte, a manutenção é feita de forma corretiva, não enfatizada de forma planejada.

Na atual situação tecnológica, as máquinas estão altamente produtivas diferente das primeiras indústrias mecanizadas do século XIX. A inatividade dos equipamentos pode gerar altos prejuízos ou simplesmente a não geração de lucros. Por isso, uma efetiva organização e padronização dos procedimentos da manutenção são altamente recomendados para se manter competitivo no mercado.

Segundo dados da ABRAMAN (2011), os gastos com a manutenção nas organizações brasileiras foi de 3,95% do faturamento bruto. Pode-se dizer que é um número muito alto que vem abaixando com os anos, porém o objetivo continua a ser diminuir ainda mais.

Este trabalho aborda a importância do PCM na indústria através de exemplos e comparações de dados estatísticos. Na análise dos estudos de casos, será

mostrada de forma clara o quanto se pode otimizar a manutenção com um bom planejamento, demonstrando os possíveis resultados dessa mudança.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Breve História da Manutenção

Nessa parte inicial da revisão teórica será mostrado o surgimento da manutenção e a sua evolução com o passar das gerações.

2.1.1 Primeira Geração

Segundo Viana (2002), no final do século XIX iniciou-se a mecanização das indústrias. Com essa grande mobilização liderada pela Inglaterra, surgiu também a necessidade de criar equipes cujo objetivo é o reparo das máquinas, sempre visando o menor tempo possível. Assim surgia a manutenção corretiva.

A manutenção corretiva é caracterizada por ser utilizada a partir do momento em que o equipamento deixa de funcionar de forma satisfatória, não tendo como prosseguir o trabalho. Pode-se dizer que foi eficiente para época.

2.1.2 Segunda Geração

Durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), aumentou a necessidade por uma produção mais rápida, porém ao mesmo tempo confiável. A manutenção corretiva já não se apresentava tão eficiente quanto antes perante essas novas necessidades. A inatividade das máquinas já se apresentava como grande prejuízo às potências participantes da guerra (VIANA, 2002).

Dessa maneira, surgiu uma nova ideia de manutenção, cujo objetivo não seria apenas corrigir as falhas apresentadas e sim preveni-las de acontecerem. Essa Segunda Geração estendeu-se até o início da década de 1970, onde se iniciou uma aceleração no processo industrial.

2.1.3 Terceira Geração

Pode-se dizer que a partir da década de 1970, houve uma grande aceleração no processo industrial. O sistema de administração da produção passava a ser o *Just in Time*, o principal pilar do Sistema Toyota de Produção. O *Just in Time* tem como um de seus objetivos o estoque reduzido. Esse ponto ia contra a paralisação das máquinas por defeitos, visto que essas pausas acarretavam atraso na entrega do produto, por haver baixo estoque para suprir (KARDEC; NASCIF, 2009).

Nessa geração, houve uma grande evolução quanto à necessidade de confiabilidade e qualidade dos produtos. Inicia-se assim um grande processo de automação da indústria, permitido com o avanço da informática e seus *softwares* inovadores de planejamento e controle da manutenção (PCM).

Segundo Kardec e Nasif (2009), na década de 1990, destacava-se no Brasil, o processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), que teve grande apoio da indústria aeronáutica. Porém, assim como em outras partes do mundo, o resultado ainda era limitado pela falta de interação entre manutenção, operação e engenharia.

2.1.4 Quarta Geração

A Quarta Geração é a fase da evolução da manutenção que se iniciou em meados da década de 1990 e inclui o período atual 2015 (KARDEC; NASCIF, 2009). Pode-se dizer que há uma mudança no objetivo da manutenção. Essa geração tem como objetivo evitar as quebras e não apenas prevê-las como antes. Houve por isso um grande estudo na área de monitoramento da condição das máquinas, conseqüentemente surgiu uma grande evolução da manutenção preditiva.

A Análise das Falhas se tornou uma metodologia consagrada. A idéia é estudar os motivos dessas falhas a fim de preveni-las e também estabelecer Ciclos de Vida da Instalação. Segundo Kardec e Nascif (2009), os atuais projetos são voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida. A

sistemática adotada pelas grandes empresas foca na interação entre as áreas de operação, engenharia e manutenção, diferentemente das gerações passadas.

2.2 Tipos de Manutenção

A seguir uma breve revisão sobre os tipos de manutenção, tomando como visão o pensando de (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.2.1 Manutenção Corretiva Não Planejada

A Manutenção Corretiva é "(...) a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado" (KARDEC; NASCIF, 2009, p.38). A Manutenção Corretiva não planejada é a correção da falha não programada.

Pode-se dizer que as consequências da utilização desta manutenção tem um custo elevado, pois o equipamento sofre extensões dos danos causando grandes problemas ao maquinário no futuro.

2.2.2 Manutenção Corretiva Planejada

A Manutenção Corretiva Planejada é "(...) a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial" (KARDEC; NASCIF, 2009, p.41).

Ao contrário do não planejado esta possui um acompanhamento da máquina mesmo que a decisão gerencial seja de esperar a falha, mostra-se um consenso na decisão. Normalmente, apresenta custos mais baixos que o não planejado por ter um acompanhamento dos equipamentos. Espera-se então melhores decisões.

2.2.3 Manutenção Preventiva

A Manutenção Preventiva é "(...) a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda do desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo" (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 42).

Diferentemente da manutenção corretiva, a preventiva busca evitar a falha ou atrasá-la de forma consciente para uma melhor produtividade. Assim, pode-se obter custos adiantados, porém mais baixos que a corretiva.

2.2.4 Manutenção Preditiva

A Manutenção Preditiva "é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática" (KARDEC; NASCIF, 2009, p.44).

O principal objetivo da Manutenção Preditiva é prevenir as falhas nos equipamentos com diversos ajustes de parâmetros a fim de não precisar a paralisação da máquina por maior tempo possível.

Para a implantação da Manutenção Preditiva precisa-se de algumas condições básicas como:

- Utilização de equipamentos que permitem o monitoramento de sua condição;
- Analisar se o custo envolvido com a manutenção preditiva compensa em relação à produtividade da máquina ou instalação;
- Priorização de aspectos relacionados à segurança do operador.

Para comparação dos gastos por tempo entre as manutenções veja a figura 1 a seguir:

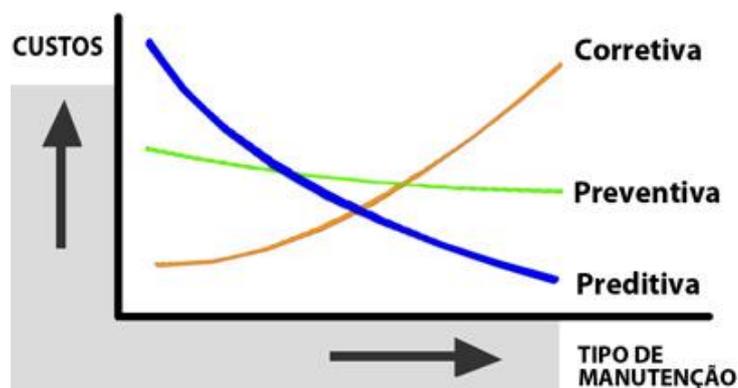


Figura 1. Gráfico de comparação de custos (SOLOTÉCNICA, 2012).

Pela figura 1, pode-se ver a diferença no custo inicial e futuro de cada tipo de manutenção, passando a idéia de que a preditiva apresenta alto gasto inicial, porém, menor gastos futuros.

2.2.5 Manutenção Detectiva

A Manutenção Detectiva "(...) é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção" (KARDEC; NASCIF, 2009, p.47).

A Manutenção Detectiva é cada vez mais utilizada por conta da evolução tecnológica contemporânea. Os computadores possuem sistemas de aquisição de dados que operam em sintonia com o trabalho dos equipamentos, permitindo a descoberta de erros invisíveis ao operador. Muitas dessas pequenas falhas já são corrigidas pelo próprio sistema ao modificar automaticamente alguns parâmetros do equipamento.

Pode-se dizer que há um grande gasto para implantação da Manutenção Detectiva, porém, se mostra muito eficiente e altamente automatizada.

2.2.6 Engenharia de Manutenção

A Engenharia de Manutenção "(...) é a segunda quebra de paradigma na Manutenção. Praticar a Engenharia de Manutenção significa uma mudança cultural" (KARDEC; NASCIF, 2009, p.50).

A primeira quebra de paradigma foi a mudança da Manutenção Preventiva para a Preditiva, cuja mudança é ajustar as máquinas sem a parada da mesma. Essa segunda fase não apenas se diferencia por algumas atitudes e sim por uma verdadeira revolução da cultura na indústria. É dedicada a consolidar uma rotina de suporte técnico e implantação de melhorias.

Segundo Kardec e Nascif (2009), dentre as principais atribuições da Engenharia de Manutenção estão:

- Aumento da confiabilidade;
- Melhorar a manutenibilidade;
- Aumentar segurança;
- Investir em capacitação do empregado;
- Elaborar Planos de Manutenção e inspeção;
- Acompanhar os indicadores.

Para conseguir implantar essas atribuições, a manutenção deve estar em contato com outras áreas formando uma integração das informações. Conseqüentemente, obtêm-se resultados como diminuição dos custos e maior confiabilidade.

A seguir, a figura 2 mostra a evolução da manutenção perante os custos e resultados.

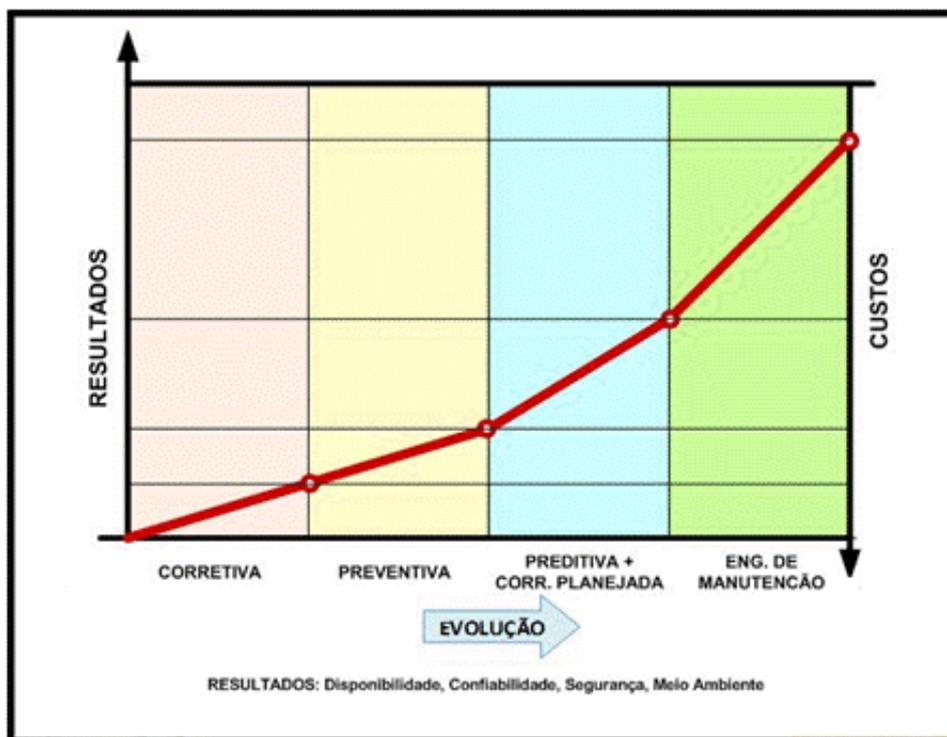


Figura 2. Resultados e custos da evolução da manutenção (ABRAMAN, 2011).

Pela figura 2, entende-se que a evolução da manutenção refletiu inversamente nos custos.

2.3 Planejando e Programando a Manutenção

Como estudado em tópicos anteriores é de extrema importância um planejamento da manutenção para uma otimização dos custos. Alguns itens são essenciais para esse processo e será mostrado nas próximas seções.

2.3.1 Carteira de Serviço

A Carteira de Serviço representa o universo onde será realizada a manutenção. A presença de registros de cada processo da manutenção deve ser implantada, constituindo uma ordem de manutenção (VIANA, 2002).

A seguir um exemplo da ordem da carteira de serviço:

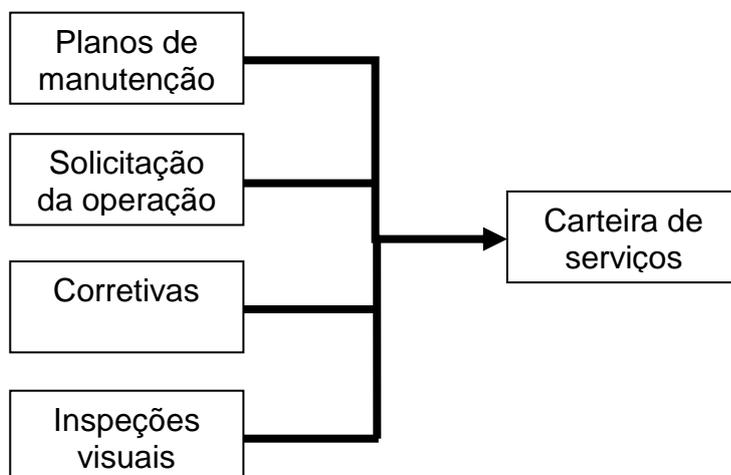


Figura 3. Fluxograma para a carteira de serviço (VIANA, 2012).

Com a figura 3 pode-se verificar as pré configurações para o estabelecimento da carteira de serviços.

2.3.2 Demanda de Especialidades

Ao gerar uma ordem de manutenção deve-se fazer um estudo de quantos especialistas e quanto tempo será necessário para a solução do problema. Assim, pode-se fazer uma programação das equipes de manutenção (VIANA, 2002).

2.3.3 Demanda de Materiais

O planejador deve acompanhar cada etapa da aquisição do material. Nessa fase, verifica-se uma grande vantagem no planejamento preventivo, pois prevendo futuros problemas consegue-se tempo para uma melhor escolha ou compra dos materiais de manutenção.

Para o sucesso do planejador é necessário uma grande troca de informações entre a sua equipe e o PCM. Segundo Viana (2002), muitas empresas atuais se utilizam de *softwares* ERP, propiciando ao planejador a possibilidade de acompanhar as compras *on-line*, facilitando assim o contato com as informações.

2.3.4 Priorização das Ordens de Serviço

Para uma otimização do planejamento da manutenção, é necessário uma priorização de serviços. Segundo Viana (2002), para alcançar este objetivo deve-se seguir alguns critérios. Inicialmente todas as Ordens de Manutenção receberão no seu cadastro um número de critério de prioridade, definidos pelo planejador e pelo cliente.

Os critérios de prioridade são:

- Prioridade 0 – normalmente serviços relacionados à segurança, meio ambiente, qualidade e produção, com um tempo de solução menor que 14 dias.
- Prioridade 1 – assim como a prioridade 0, normalmente serviços relacionados a segurança, meio ambiente, qualidade e produção, com um tempo de solução entre 14 e 30 dias.
- Prioridade 2 – todos serviços não relacionados à segurança, meio ambiente, qualidade e produção menor que 30 dias de solução ou qualquer pendência com tempo maior que 30 dias.

Essas prioridades poderão ser alteradas a partir do momento em que não houve solução no tempo estimado da prioridade. Por exemplo, um serviço de prioridade 0 poderá virar prioridade 1 quando prolongado o tempo de solução. Outro ponto importante nesse método é diferenciar os serviços de mesma prioridade por sua antiguidade na empresa.

2.3.5 Gráfico de Gantt

Esse sistema de planejamento foi idealizado pelo norte-americano Henry Gantt, no início do século XX. Obteve-se grande relevância no decorrer da Primeira Guerra Mundial sendo aplicado em empreendimentos do Exército e da Marinha (VIANA, 2002).

No método de Gantt, deve-se levantar inicialmente todas as tarefas que serão realizadas, juntamente com o tempo de duração de cada uma delas. A partir deste passo, deve-se encontrar o predecessor de cada tarefa, ou seja, quais tarefas obrigatoriamente devem ser feitas para que se possa iniciar a seguinte.

A seguir um Gráfico de Gantt é apresentado para exemplificar a disposição das tarefas e os predecessores necessários para os próximos passos. Nesse caso, as tarefas são representadas por seus agentes (João e Pedro):

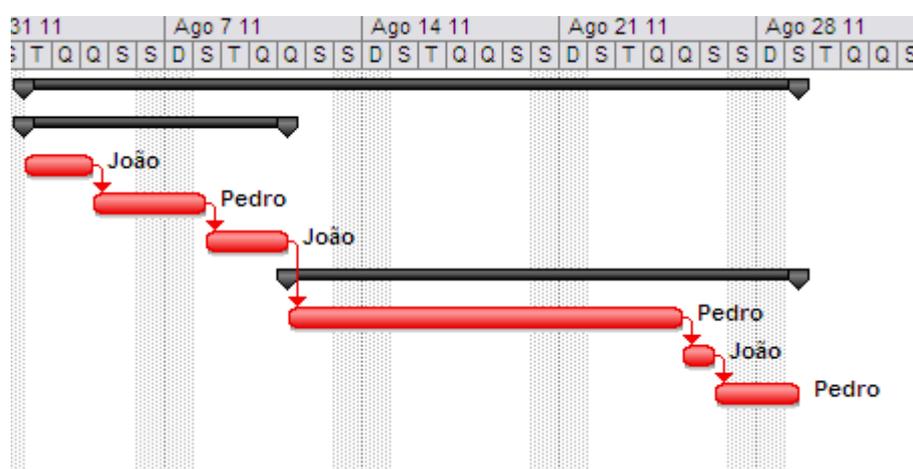


Figura 4. Exemplo Gráfico de Gantt (ELIRODRIGUES, 2011)¹.

A figura 4 exemplifica a fácil compreensão visual dos passos com o auxílio do gráfico de Gantt.

¹ Disponível em: <<http://www.elirodrigues.com/serie-como-fazer-um-cronograma/parte-3-como-fazer-um-cronograma-no-ms-project/>>, acesso 23 out. 2015.

2.3.6 Diagrama de Pert-CPM

O objetivo do método CPM (*Critical Path Method*) é "(...) realizar as paradas de manutenção, no menor prazo, e com uma utilização de recursos, em um patamar constante". (VIANA, 2002, p.131).

Apesar de muito parecidos, os métodos CPM e PERT se diferenciam no quesito análise das incertezas. O CPM é elaborado a partir de experiências anteriores, portanto os tempos referentes às tarefas são conhecidos, diferentemente do PERT que incorpora um estudo das incertezas na análise do projeto (NOGUEIRA, 2012).

Segundo Nogueira (2012), a partir de 1962, foi recomendado a união entre os dois métodos, formando o PERT-COM. Este novo método utiliza principalmente os conceitos de Redes para planejar e visualizar a coordenação das atividades do projeto.

A figura 5 mostra um exemplo do formato da rede. Os nós representam as atividades, as setas representam a relação de precedência, os números laterais são os tempos referentes à atividade:

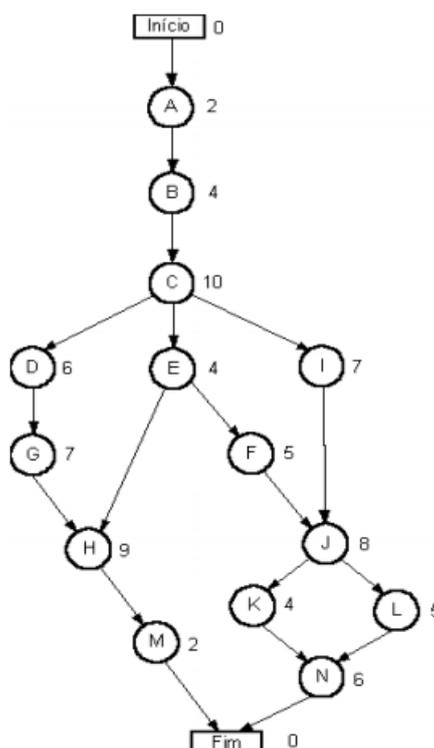


Figura 5. Exemplo de Rede (NOGUEIRA, 2012).

O caminho crítico será a trajetória proposta de maior tempo de duração. Qualquer atraso nas atividades dessa trajetória crítica resultará um atraso na duração do projeto. Na figura 5, esse caminho é a sequência das atividades A-B-C-I-J-L-N-FIM, formando um total de 44 tempos (NOGUEIRA, 2012).

As eventuais folgas entre as atividades também devem ser analisadas para uma melhor priorização do início das atividades. Uma folga consiste na diferença do tempo mínimo e máximo entre a atividade sucessora sem o atraso da mesma.

A "herança" do método Pert para o Pert-COM é a necessidade de considerar um modelo de incertezas sobre cada atividade, visto que cada atividade deve ser tratada como uma variável randômica² com algumas distribuições de probabilidades (NOGUEIRA, 2012).

Segundo Nogueira (2012), a metodologia PERT utiliza três diferentes tipos de estimativas para determinar a distribuição de probabilidade:

m = estimativa mais provável de duração;

o = estimativa otimista de duração;

p = estimativa pessimista.

Assim, pode-se estimar os tempos das atividades mesmo sem experiências anteriores, usando média entre os tipos de estimativas pelo método PERT.

2.4 Índices da Manutenção

Neste subtítulo, será apresentado os índices ou indicadores de desempenho mais utilizados segundo Abraman (2011), com intuito de avaliar aspectos importantes no processo de planta.

² Variável randômica: é uma variável quantitativa, cujo resultado (valor) depende de fatores aleatórios

2.4.1 *Mean Time Between Failures – MTBF*

O MTBF tem a serventia de observar o comportamento do maquinário. Se esse índice aumentar com o passar do tempo será um sinal positivo, pois indicará a diminuição de ações corretivas (BRANCO FILHO, 2006).

A seguir é apresentada a equação (1) do tempo médio entre falhas (VIANA, 2002), cujo HD é soma das horas disponíveis do equipamento, NC é o número de intervenções corretivas:

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad (1)$$

O objetivo é que se aumente o MTBF, demonstrando que houve um maior tempo entre as falhas.

2.4.2 *Mean Time To Repair – MTTR*

Quanto menor o MTTR melhor o resultado presente, pois os reparos corretivos estão tendo menor interferência na produtividade. A seguir, a equação (2) do tempo médio entre reparos (VIANA, 2002), cujos termos HIM é a soma das horas da indisponibilidade para manutenção e NC o número de intervenções corretivas:

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad (2)$$

Nesta equação objetiva-se a diminuição do MTTR com o passar do tempo, assim diminuindo as horas de indisponibilidade por reparos.

2.4.3 Tempo Médio para Falha - TMPF

Diferentemente do MTTR, este índice é referente aos componentes que ao falharem serão descartados e não reparados. A seguir, a equação (3) do Tempo Médio para Falha (VIANA, 2002), cujos termos HD é horas disponíveis do equipamento e NF o número de falhas de componentes não reparáveis:

$$TMPF = \frac{HD}{NF} \quad (3)$$

Espera-se que aumente o TMPF, mostrando assim que ou uma otimização do tempo entre as falhas de componentes descartáveis.

2.4.4 Disponibilidade Física da Maquinaria - DF

A Disponibilidade Física representa "(...) o percentual de dedicação para operação de um equipamento, ou de uma planta, em relação às horas totais do período" (VIANA, 2002).

A seguir, a equação (4) de disponibilidade física (VIANA, 2002), cujo HT é horas trabalhadas, HG é horas totais no período:

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% \quad (4)$$

Deseja-se que a Disponibilidade Física seja o mais próximo possível de 100%, sendo assim as melhoras devem ser focadas da maximização das horas trabalhadas do maquinário

2.4.5 Custo de Manutenção por Faturamento

Segundo Branco Filho (2006), existe alguns tipos de perda por faturamento:

- Pessoal – inclui despesas como salários, cursos de especializações, prêmios, entre outros.
- Materiais – custo em energia elétrica, água e gastos no setor de compras.
- Terceirização da Mão de Obra – gastos com a contratação de empresas para alguns serviços.
- Depreciação – custos com investimentos em máquinas, administrativos e entre outros do setor contábil.
- Perda de Faturamento – diminuição da produção e desperdícios de matéria- prima.

A definição de custo de manutenção por faturamento é a relação entre os custos citados anteriormente pelo faturamento da companhia.

2.4.6 Custo de Manutenção por Valor de Reposição

Este índice representa uma comparação do valor de compra do equipamento com o custo de sua manutenção.

Segundo Viana (2002), o índice representado pela sigla CPMV, deve apresentar um valor <6% no período de um ano, porém deve-se analisar alguns outros quesitos antes de uma decisão como retorno financeiro da máquina.

A seguir a equação (5) do custo de Manutenção por Valor de Reposição (VIANA, 2012):

$$\text{CPMV} = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Valor de compra do equip.}} \times 100\% \quad (5)$$

Assim, pretende-se concluir a análise dos índices da manutenção.

2.5 Sistemas de Informação para Manutenção

Atualmente no mercado competitivo das empresas, a procura por otimização é essencial, não sendo diferente na área de manutenção. Como em diversas outras áreas, a informatização tornou-se ponto chave para o sucesso.

Segundo Branco Filho (2008), esta tendência da utilização de softwares que auxilia a manutenção já está presente em 80% das empresas consultadas pela ABRAMAN, sendo assim, para se manter competitivo é quase essencial o uso deste método.

Como todo método, não é unanimidade a necessidade de seu uso, dependendo muito das características da empresa. Segue algumas vantagens e desvantagens do método informatizado, segundo Branco Filho (2008):

Vantagens:

- Melhor utilização dos recursos financeiros, humanos e material;
- Fácil levantamento de dados atuais relacionado a empresa;
- Possibilidade de contato com banco de dados à distância.

Desvantagens:

- Grande número de pessoas envolvida na implantação;
- Dificuldade na mudança de rotina por parte da manutenção;
- Custos elevados na implementação.

Entende-se assim que a escolha do método depende muito do tamanho da empresa, assim como a total colaboração de todos do setor para ocorrer a mudança.

2.5.1 Sistema ERP – Planejamento dos Recursos da Empresa

Segundo Oliveira (2000), na ferramenta ERP são colocados as novas ocorrências da empresa e o próprio *software* retorna informações anteriores. Entre os dados de entrada do usuário pode-se citar: pagamentos, vendas, compras, movimento de estoque, contratos. Sobre as informações anteriores têm-se fluxo de caixa, estatísticas de venda, contabilidade e informações gerenciais.

Mesquita (2000), demonstra algumas vantagens da implementação de um ERP no livro *Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning)*. Segue algumas vantagens:

- Eficácia e qualidade;
- Redução de gastos;
- Acabar as verificações manuais;
- Otimizar o fluxo da informação;
- Otimizar o processo de tomada de decisão;
- Reduzir as incertezas do *Lead time*
- Incorporação de melhores práticas (codificadas no ERP) aos processos internos da empresa
- Diminuição do tempo de processos gerenciais;
- Redução de estoque;
- Aprendizado em TI;
- Adequação ao cumprimento das legislações federais, estaduais e municipais vigentes, como verificação do INMETRO, credenciamento dos profissionais no CREA, entre outros.

2.6 FMEA – Análise do Modo de Falha e Efeitos

O FMEA tem por objetivo ajudar a identificar e a priorizar falhas potenciais nos equipamentos, sistemas ou em qualquer processo relacionado. Este é um sistema lógico que hierarquiza as possíveis falhas e retorna recomendações de ações preventivas (KARDEC, 2009). Segundo Viana (2002), a utilização do FMEA possui os seguintes objetivos:

- Encontrar os potenciais modos de falhas;
- Facilitar o conhecimento de todos componentes do sistema, que serão afetados por esses modos de falha;
- Identificar os efeitos das falhas ao sistema e o desenvolver ações preventivas para ocorrência das falhas.

A figura 6 mostra as etapas do FMEA, segundo Zaians (2003):

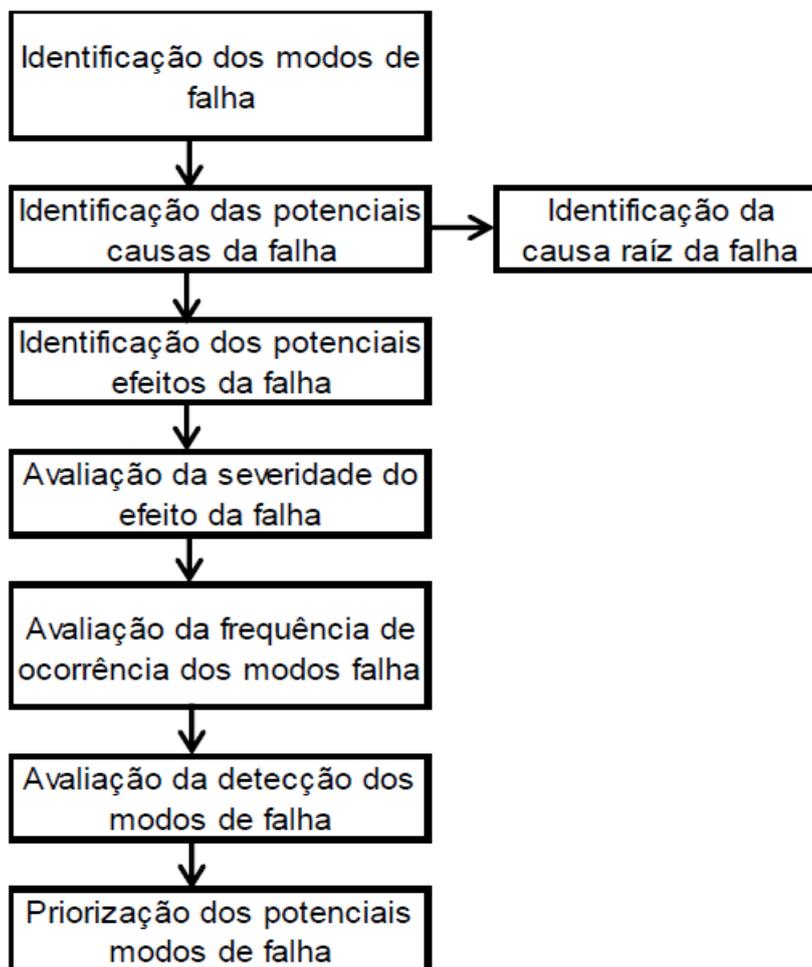


Figura 6. Etapas do FMEA (Zaians, 2003).

Conclui-se então que o FMEA evita que se repitam os mesmos erros, gerando maior confiabilidade, e também otimizar a utilização das melhores ferramentas da manutenção, garantindo a máxima disponibilidade maquinaria.

2.7 FTA – Análise da Árvore de Falha

A FTA, sigla do inglês *Fault Tree Analysis*, segundo Helman e Andrey (1995) é um método sistemático de padronização. Com esta ferramenta, consegue-se fornecer um alicerce para diversas funções, entre elas a análise de modos comuns de falhas, alterações em sistemas e avaliação dos requisitos regulamentares.

Calil (2006) entende a FTA como uma técnica de dedução que, partindo de um acontecimento, pode identificar as causas necessárias de sua ocorrência. A FTA pode ser realizada em quatro partes:

- Definição do sistema;
- Construção da árvore de falhas;
- Avaliação qualitativa;
- Avaliação quantitativa (se possível).

A figura 12 ilustra um exemplo das etapas do FTA:

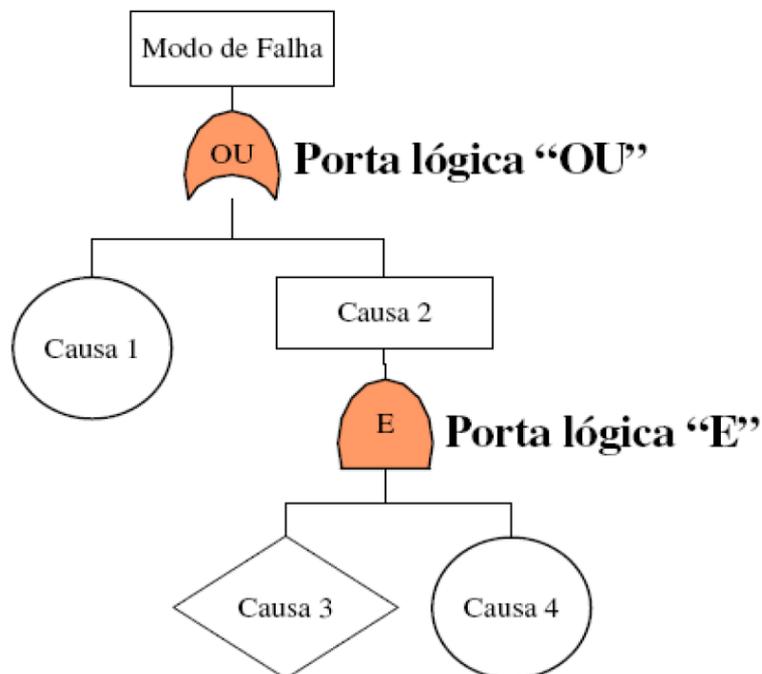


Figura 7. Exemplo da FTA (Calil, 2006).

Com base na figura anterior pode-se entender que a análise parte de uma falha ou problema chamado "evento de topo", e assim segue-se uma seqüência de fatos que leva a tal acontecimento. Assim, a análise é conduzida por este

seguimento até atingir situações básicas. Estes eventos são denominados limites de resolução da árvore.

3 METODOLOGIA

Neste trabalho, foi aplicada a análise e discussão sobre dois estudos de casos envolvendo a implantação de um PCM. A utilização do Método do Estudo de Caso pode envolver tanto situações de estudo de um único caso quanto situações de estudo de múltiplos casos (YIN, 2001), no caso deste trabalho trata-se de um estudo comparativo entre dois casos. Segundo Yin (2001) no estudo comparativo entre dois estudos de casos preocupa-se mais em estabelecer as similaridades entre situações e, a partir daí, estabelecer uma base para generalização, tomando-o assim uma abordagem qualitativa com o recolhimento de dados feito por meio de pesquisas em livros, observação da metodologia aplicada nos trabalhos e análise dos resultados obtidos.

A execução do trabalho se iniciou em setembro de 2015, com a elaboração da proposta de trabalho de conclusão de curso (pré-TCC). Houve então uma mudança da proposta inicialmente estabelecida, cujo a abordagem iria ser um estudo de caso. A partir de Julho de 2016, optou-se pela atual forma, uma análise comparativa entre dois estudos de casos, afim de obter-se conclusões sobre a Implantação de um PCM e seus respectivos métodos.

Inicialmente objetivou-se encontrar dois trabalhos que representasse um estudo de caso sobre a implantação de um PCM manual e outra informatizado. A escolha pelo trabalho de Baldessar (2006) e Nagai; Batista; Dagnoni (2015) foram escolhidos, principalmente pelo quesito de continuidade, explicado em capítulos posteriores.

O objetivo da análise apresentada no próximo capítulo é uma comparação entre um método manual, representado pelo TCC com o título: “Estudo para a implantação de um plano de manutenção preventiva nos transformadores da rede de distribuição elétrica – CELESC – Joinville”, apresentado à UDESC, feito por Maria Patrícia Baldessar (2006); e o método informatizado, utilizado no TCC apresentado à UTFPR com o título: “Estudo de caso da aplicação do Planejamento e Controle da Manutenção em uma planta de envase arla 32”, realizado por Fábio Hideki Nagai, Gustavo Barbosa Batista e Vagner Dagnoni (2015).

Pretende-se alcançar um bom entendimento sobre os possíveis problemas levantados e verificar as possíveis vantagens e desvantagens de cada método.

O desenvolvimento da análise dos estudos de casos será dividida em:

- Apresentação das empresas estudadas;
- Dados recolhidos;
- Propostas dos autores;
- Melhorias nos métodos aplicados;
- Conclusões sobre os métodos manual e informatizado.

O planejamento será analisado e discutido com o auxílio das referências estudadas e dos resultados dos estudos de casos, para se entender a importância da implantação do PCM, assim como os motivos da escolha do método para cada caso.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ESTUDOS DE CASO

4.1 Apresentação do estudo 1 (caso manual)

O estudo de caso analisado é um trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Bacharel no curso de graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, feito por Maria Patrícia Baldessar, no ano de 2006.

A empresa estudada foi a CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), que é responsável pela distribuição de energia por grande parte de Santa Catarina. Foi criada em 1955, na época atendendo apenas 35 mil consumidores em 16 municípios, hoje estima-se cerca de 2.345.772 clientes cativos segundo o site da empresa.

O trabalho teve como objetivo geral o estudo da aplicação da manutenção no setor de distribuição de energia da CELESC, sede de Joinville, Santa Catarina. Assim pretendeu-se formular estratégias de manutenção preventiva, que pudessem diminuir o número de falhas e elevar a expectativa de vida útil dos transformadores da rede elétrica da empresa.

O problema abordado foi a inexistência de um planejamento da manutenção que previna ou diminua as falhas dos transformadores da rede elétrica da empresa, cuja a circunstância afeta diretamente a confiabilidade do sistema de distribuição de energia.

4.1.1 Proposta da autora 1

A proposta da autora foi a elaboração da FMEA, que segundo a bibliografia estudada tem por objetivo ajudar a identificar e priorizar falhas potenciais nos equipamentos, sistemas ou em qualquer processo relacionado e retornar recomendações de ações preventivas (KARDEC, 2009).

Inicialmente, foi estabelecido o que deveria ser analisado entre os equipamentos, o transformador foi escolhido, porém a CELESC até então realizava apenas inspeções visuais, assim somente os componentes externos esteve presente na composição da FMEA. As peças externas escolhidas foram buchas, tanque, radiador, óleo isolante e conexões externas.

Com auxílio dos técnicos do departamento de manutenção Baldessar (2006) elaborou a FMEA com os respectivos índices presente na figura 8:

F.M.E.A. - ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA										
				<input checked="" type="checkbox"/> PROJETO <input type="checkbox"/> PROCESSO						
CLIENTE/REF. CELESC		APLICAÇÃO: Distribuição de energia				ÁREAS ENVOLVIDAS: Manutenção				
DATA ULT. REV. PROJ. 19/10/2006		PRODUTO/PROCESSO: Transformador				FORNECEDOR:				
#	NOME DO COMPONENTE/ PROCESSO	FUNÇÃO DO COMPONENTE/ PROCESSO	FALHAS POSSÍVEIS			ATUAL				
			MODO	EFEITOS	CAUSAS	CONTROLES ATUAIS	ÍNDICES			
							O	G	D	RISCO
	Buchas	Isolar e permitir a passagem dos condutores netre o meio externo e interno	Quebra	oxidação dos condutores	Vandalismo	Visual	3	7	3	63
			Fissuras	Aumento do Fator de Potência	Vandalismo	Visual	4	4	2	32
					Utilização de buchas com vida útil ultrapassada	Visual	3	4	6	72
			Vazamento	Aquecimento	Sobrecarga	Visual	7	7	2	98
utilização de peças com vida útil ultrapassada	Visual	3			7	7	147			
	Tanque	Invólucro da parte ativa e recipiente do líquido isolante	Fissuras	Deterioração do líquido isolante	Vandalismo	Visual	3	4	4	48
					Intepéries	Visual	6	4	3	72
			Descamação da tinta	Oxidação do tanque	Vandalismo	Visual	4	4	5	80
					Intepéries	Visual	3	4	3	36
oxidação	Deterioração do líquido isolante	Intepéries	Visual	3	5	4	60			
	Radiador	Resfriar o óleo isolante	Obstrução das aletas	Queima do transformador	Detrioração do óleo isolante	Visual	2	7	10	140
			Fissuras	Vazamentos	Vandalismo	Visual	4	4	5	80
					Intempéries	Visual	3	4	3	36
	Óleo Isolante	Isolar as componentes internos e dissipar o calor gerado pelo núcleo	Umidade excessiva no óleo	Deterioração dos componentes internos	Fissuras	Visual	7	5	10	350
					Oxidação do invólucro	Visual	4	5	8	160
			Vazamento	Queima do transformador	Fissuras	Visual	4	9	8	288
			Oxidação do óleo isolante	Sobrecarga	Fissuras	Visual	4	5	8	160
					Oxidação do invólucro	Visual	3	5	9	135
			Partículas sólidas no óleo	Sobrecarga	Oxidação do invólucro	Visual	2	6	8	96
					Fissuras	Visual	3	6	7	126
				Obstrução das aletas dos radiadores	Oxidação do invólucro	Visual	2	7	9	126
					Fissuras	Visual	2	7	9	126
				Conexões externas	Permitir a passagem das tensões entre os meios interno e externo	Oxidação dos terminais	Perda de eficiência do equipamento	Intempéries	Visual	8
Ruptura dos terminais	Falha total do equipamento	Vandalismo				Visual	6	10	3	180
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA		GRAVIDADE		DETECÇÃO		RISCO				
IMPOVÁVEL	1	APENAS PERCEPTIVEL	1	ALTA	1	BAIXO 1 a 50				
MUITO PEQUENA	2 a 3	POUCA IMPORTÂNCIA	2 a 3	MODERADA	2 a 5	MÉDIO 50 a 100				
PEQUENA	4 a 6	MOD. GRAVE	4 a 6	PEQUENA	6 a 8	ALTO 100 a 200				
MÉDIA	7 a 8	GRAVE	7 a 8	MUITO PEQUENA	9	MUITO ALTO 200 a 1000				
ALTA	9 a 10	EXTR. GRAVE	9 a 10	IMPROVÁVEL	10					

Figura 8. FMEA dos componentes externos do transformador (Baldessar, 2006).

Através dos resultados da FMEA, verifica-se maior gravidade em problemas envolvendo o óleo isolante, seguindo instruções do fabricante dos transformadores, recomenda-se atenção neste ponto, outro fato observado é que dois índices são gerados pela mesma causa, fissuras no tanque. Através da pesquisa o autor recebeu informação que as fissuras no tanque normalmente são resultados de uma má conservação do equipamento, estabelecendo ai outro ponto chave a falta de

organização da manutenção. A seguir a figura 9 exemplifica através de uma FTA o efeito sequencial entre os problemas:

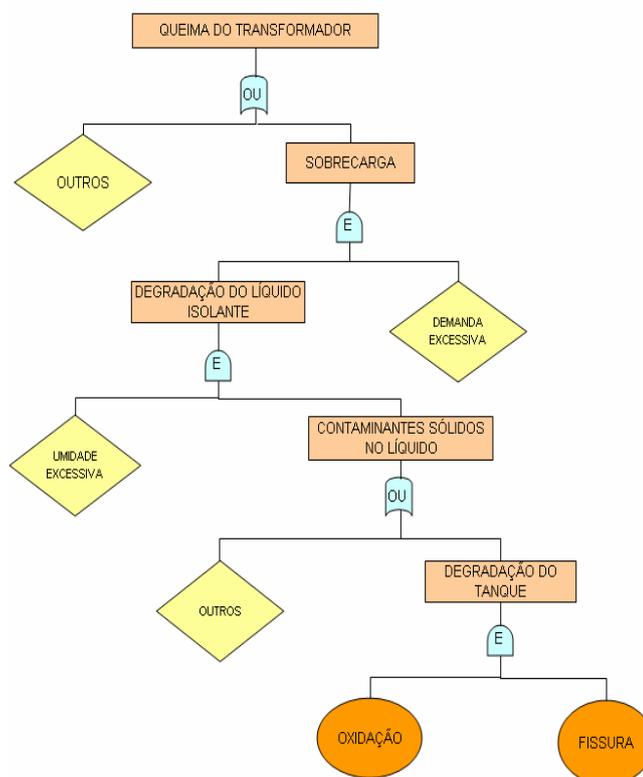


Figura 9. FTA da queima dos transformadores (Baldessar, 2006).

Analisando as informações através da FMEA e FTA apresentados na figura 8 e 9, respectivamente, Baldessar (2006) propôs algumas melhorias para a manutenção dos transformadores. Foram recomendado o desenvolvimento de um manual contendo todas as atividades que deverão ser realizadas durante a inspeção do equipamento, surgindo-se assim uma padronização dos processos, e também a elaboração de uma lista de verificação que deverá ser preenchida pelo técnico da vistoria. Entre os possíveis elementos da lista de verificação pode-se citar:

- campo para o número do equipamento;
- campo para a área da cidade ou área onde se encontra o equipamento;
- campo para a identificação do técnico responsável pela vistoria;
- uma tabela para ser assinalada com possíveis anormalidades do

Equipamento.

Outra proposta feita por Baldessar (2006), foi a criação de um banco de dados com as datas de instalação e retirada de cada equipamento, além da área e das condições em que o equipamento se encontra, neste banco de dados também poderia ser registrada a causa da falha. Este banco estaria à disposição de todos os envolvidos na manutenção, globalizando assim a atividade de manutenção da empresa.

Outra sugestão foi um programa de controle de demanda, observando a quantidade de consumidores por transformadores, assim conseguindo uma idéia de priorização de determinado componente

Analisando a área de recursos humanos destinado a esta implantação, o autor propôs que quatro funcionários treinados e especializados em manutenção, ficariam responsáveis por cumprir os roteiro de vistoria, assim os técnicos da manutenção não ficariam sobrecarregados com estas novas atividades o que poderia ser improdutivo numa forma geral para a empresa.

Para a contratação destes funcionários, a empresa estimou-se um custo mensal de R\$ 11.500,00, por tanto todo o processo de implantação dos métodos de planejamento e gestão desta nova manutenção deve ser estuda em conjunto entre a área técnica o financeiro visando a viabilidade deste projeto.

4.1.2 Discussões e proposta de otimização para o estudo 1

Pode-se estimar que a proposta de Baldessar (2006) apresentaria grande evolução no sistema de manutenção da unidade estudada da CELESC. Como citado no sub-capítulo anterior a empresa utilizava-se de métodos pouco eficazes de manutenção, se baseando em inspeções visuais e correção pós falhas.

Entre outras propostas feitas pela autora pode-se destacar a criação de um banco de dados contendo informações de entrada e saída de equipamentos, além de suas condições. Neste ponto entra a discussão da utilização ou não de um PCM informatizado.

Segundo Baldessar (2006), uma estimativa para gastos na implantação sugerida seria um custo mensal de R\$ 11.500,00 entre mudança dos equipamentos,

salário dos novos profissionais entre outros. Tendo em vista esta estimativa pode-se comparar com os custos que teria uma informatização da gestão da manutenção.

O mercado de *software* para a área de gestão tanto específica da manutenção como de uma forma geral da empresa é muito ampla, a seguir a figura 10 que exemplifica a variedades e domínio de algumas empresas de ERP no mercado mundial:

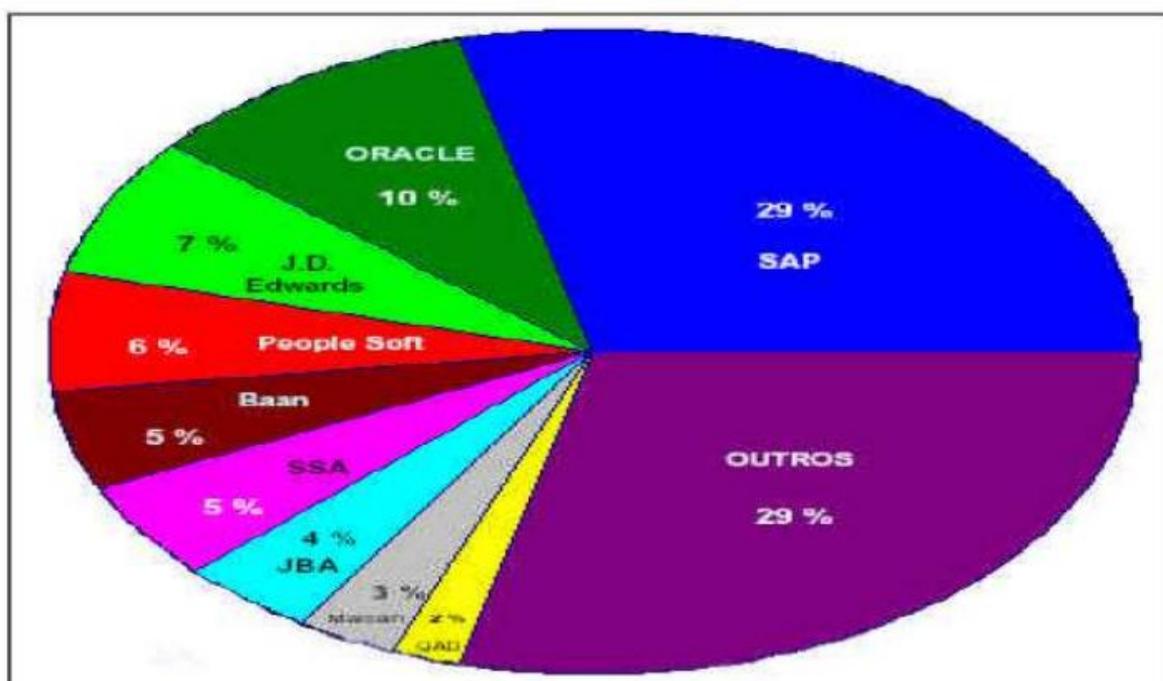


Figura 10. Fatia do mercado de ERP (Barros, 2005).

Na figura 10, percebe-se a existência de várias empresas focadas neste ramo e também a grande fatia do mercado pertencente ao SAP, uma empresa alemã, líder no segmento de *software* corporativos, tendo cerca de 86 mil clientes, segundo a própria SAP, em todo mundo, dentre a grande maioria empresas de grande porte dados³.

Entre tantas vantagens da utilização do *software*, a implementação também apresenta diversas desvantagens. Segundo MESQUITA (2000), pelo sistema ERP se tratar de uma solução de grandes dimensões, que mexe com toda a estrutura da

³ Disponível em: < www.baguete.com.br >, acesso 11 out. 2016.

organização, ele possui algumas desvantagens, entre elas o principal são os elevados custos, sua implementação geralmente ultrapassa a casa dos milhões de dólares, pois não é apenas a licença mas também a modificação da infra-estrutura computacional, treinamentos de funcionários entre outros custos.

No estudo de caso estudado por Baldessar (2006), trata-se da CELESC, que é uma grande empresa de distribuição de energia, hoje estimada com cerca de 2.345.772 clientes, portanto a mudança para o sistema informatizado pode ser estudada. Uma possível dificuldade de uma empresa procurar a adoção de um sistema de ERP, é que seria exigido uma mudança cultural, para isto é necessário o envolvimento da direção, envolvimento dos usuários e o gerenciamento de mudanças, o que pode causar desconfiança por parte de uma empresa.

Algumas empresas podem chegar a estudar a mudança, porém segundo Souza (2005), na tentativa de implantação do ERP as empresas se deparam com a insegurança dos funcionários em relação ao manuseio e à utilização do sistema; dificuldade no atendimento pelo fornecedor, o suporte técnico pode não ser adequado; a consultoria externa é muito cara e há a necessidade do projeto ter um bom acompanhamento; resistência dos funcionários: adaptação às mudanças na rotina do trabalho, decorrente da introdução do sistema; resistência da alta administração e dos funcionários mais antigos por não terem conhecimentos básicos em informática; funcionários sem qualificação técnica para dar suporte e utilizar o sistema; falta confiabilidade nas informações extraídas do sistema.

Pode-se concluir que no caso da CELESC a utilização do estudo feito por Baldessar (2006) com base no FMEA e FTA, já se torna um grande avanço, visto a precariedade da manutenção anteriormente, porém, se já não foi feita uma análise de uma implementação de um sistema informatizado é de grande recomendação um estudo para esta mudança.

4.2 Apresentação do estudo de caso 2 (caso informatizado)

Neste subcapítulo será apresentado o estudo de caso referente ao Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), com título Estudo de caso da aplicação do planejamento e controle da manutenção em uma planta de envase arla 32, feito pelos então graduandos: Fábio Hideki Nagai, Gustavo Barbosa Batista e Vagner Dagnoni.

Segundo Nagai, Batista e Dagnoni (2015), objetivo geral do trabalho foi desenvolver um modelo de gestão da manutenção de uma base de combustíveis utilizando os conceitos do PCM. Especificamente foi objetivado:

- Estruturar dos equipamentos no sistema SAP Manutenção (Sistema integrado de manutenção ERP);
- Mapear e codificar cada equipamento;
- Verificar a viabilidade de cada serviço de manutenção visando o mais vantajoso;
- Avaliar o melhor método a ser implantado no caso (preditiva, corretivo, preventivo).
- Criar planos de manutenção para equipamentos, utilizando seus manuais de fábrica como apoio.

Diferentemente do estudo de caso manual, referenciado no subcapítulo 3.1, este trabalho apesar de ser especificado para uma planta de Envase arla 32 (aditivo utilizado no catalisador dos motores a diesel) ele se trata de um planejamento universal e não para determinada empresa. Portanto não será citada empresas apenas constatações sobre informações recebidos do autor.

4.2.1 Proposta dos autores 2

Para facilitar o cadastro no SAP o autor inicia-se o processo de implantação através da padronização de identificação das válvulas e botoeiras das bombas. Segue a figura 11, do modelo de placa:

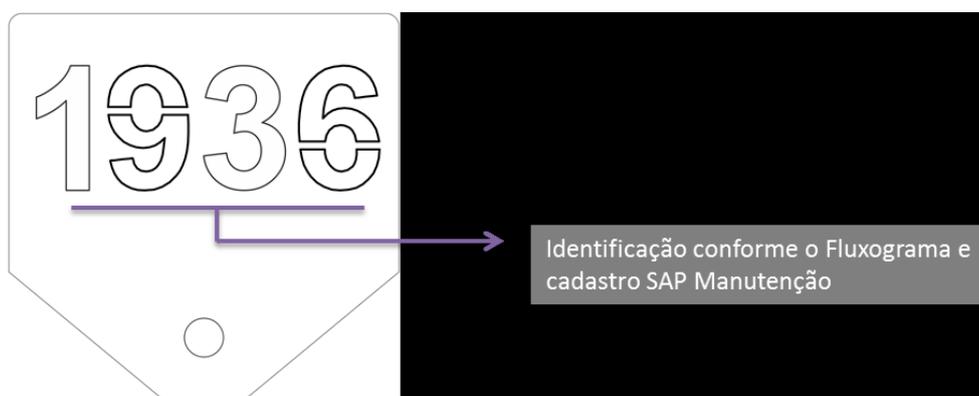


Figura 11. Modelo de placa de identificação de válvulas (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

A numeração foi estipulada para este terminal de estudo do PCM a partir do sequencial 1900 até 1999.

Para as bombas e suas botoeiras foram colocadas placa com fundo em amarelo, e escrita preta. Foto de um exemplo na figura 12 a seguir:

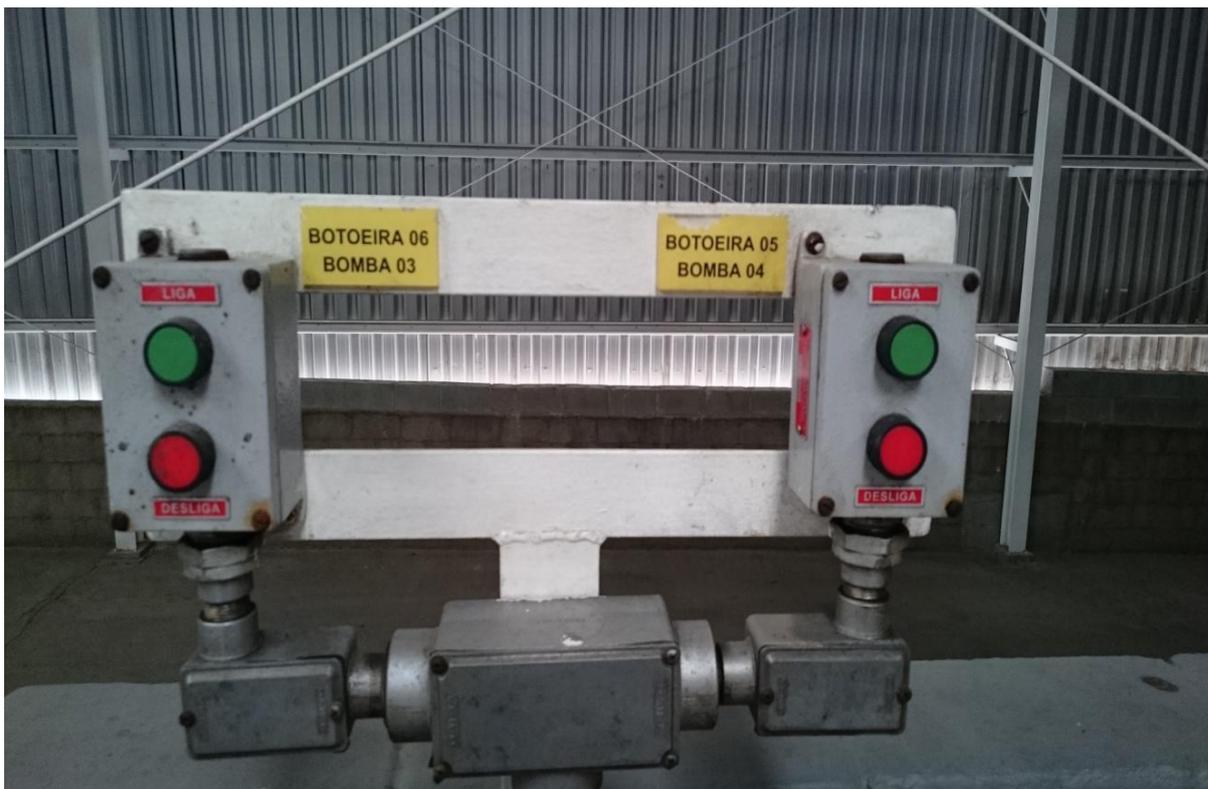


Figura 12. Exemplo de placas de identificação das botoeiras (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

Na figura 12, através das marcações, percebe-se facilmente a utilidade de cada botoeira e a referente bomba, a numeração também se apresenta como fundamental elemento, principalmente no fato de armazenar dados referente a cada botoeira e bomba com facilidade.

Outra estratégia adotada pelos autores foi a da criação de fluxogramas em formato de cartazes espalhados pela empresa, nestes fluxogramas contem instruções para os operadores que realizam o carregamento e a descarga dos auto tanques. A figura 13 mostra um exemplo feito pelo autor para os fluxogramas:

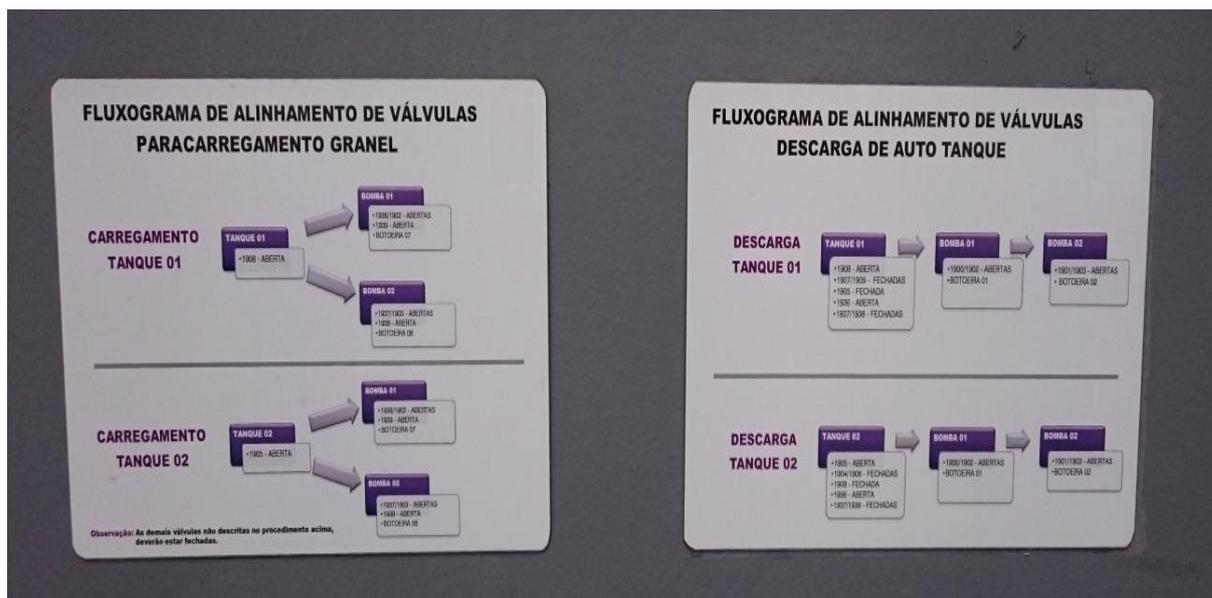


Figura 13. Fluxogramas de descarga e carregamento na planta (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

Estes cartazes são apresentados de forma intuitiva, para fácil compreensão dos passos para as atividades.

A seguir a figura 14, mostrando a aplicação tanto das placas de identificação quanto a dos fluxogramas para atividades:



Figura 14. Localização de uma placa de identificação e de um fluxograma (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

A figura 14 mostra um exemplo de implantação dos métodos de identificação e utilização das atividades.

O padrão de identificação dos equipamentos gerais também possuem placas de cor amarela e escrita preta, o diferencial seria o nome do equipamento, unidade e código da máquina no SAP, que é um sistema integrado ERP, usado na situação. Na figura 15 mostra um exemplo desta aplicação:

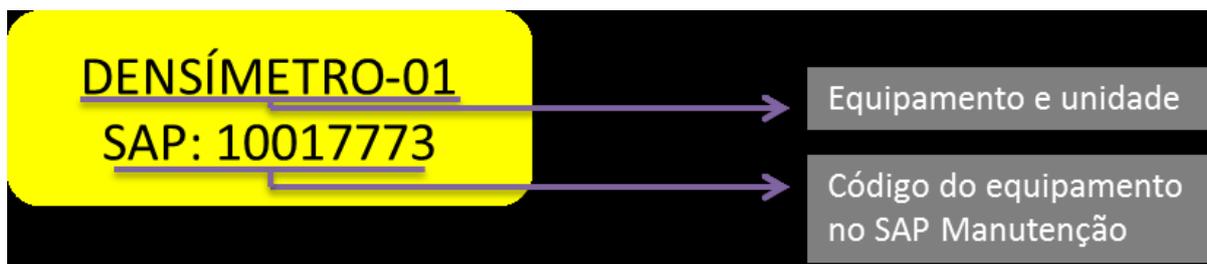


Figura 15. Modelo de plaqueta de identificação de equipamentos gerais (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

Neste ponto, já depara-se com a preocupação à informatização dos sistema de manutenção, usando o auxílio do *software* ERP SAP.

A partir daqui mostra-se a etapa da implantação do SAP PM na empresa. A seguir, a figura 16 mostra a interface do programa:

Exibir loc.instalação: Lista de locs.instalação

Exibir loc.instalação: Lista de locs.instalação

S	Cent.loc.	Local de instalação	Denominação do loc.instalação	A	Centro custo
	BRIA	RZ-BRIA	Planta de Envase ARLA32 - Araucária	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1	Envase Arla 32	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-ANAL	Sala de Análise	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-BTQS	Bacia de Tanques	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-BTQS-TQ01	Tanque 1	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-BTQS-TQ02	Tanque 2	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-DUTU	Dutos / Tubulações	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-ENVA	Area envase	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-ENVA-CJBB02A	Conjunto Moto-bomba 02A	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-ENVA-CJBB02B	Conjunto Moto-bomba 02B	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-ENVA-CJBB03	Conjunto Moto-bomba 03	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-ENVA-CJBB04	Conjunto Moto-bomba 04	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-ESCR	Escritorio	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-PDAT	Plataforma de Descarga de Auto Tanques	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-PDAT-CJBB01	Conjunto Moto-bomba 01	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-PDAT-CJBB02	Conjunto Moto-bomba 02	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-PNEU	Sistema Pneumático	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-SCIN	Sistema de Combate a Incêndio	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-SCIN-BINC	Botoeiras de Incendio	1	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-1-SCIN-EXTI	Extintores	2	1916272200
	BRIA	RZ-BRIA-2	Área Individual	2	1938572200
	BRIA	RZ-BRIA-2-ESCR	Área Individual - Escritório	2	1938572200

Figura 16. Interface do SAP PM (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

A figura 16 demonstra a facilidade para encontrar a localização de determinada instalação na base escolhida.

Segundo Nagai, Batista e Dagnoni (2015), Inicialmente deve-se realizar no sistema SAP PM, através do comando IE01 (colocado no campo de comando) as várias informações que deverão ser inseridas para melhor descrição do equipamento. Após este cadastro, cada equipamento receberá um código, o qual será inserido na etiqueta de identificação (figura 15). Na figura 17 mostra a interface de cadastros de equipamentos no SAP PM:

Criar equipamento : Geral

Síntese de classes Pts.medição/contador

Equipamento Tipo Equipamentos-Raizen-LD&T e AVI

Denominação Nota int.

Status ⓘ

Válido desde Válido até

Geral Localização Organização Estrutura

Dados gerais

Classe

Tipo de objeto

GrpAutorizações

Peso

Tamanho/dimens.

Em serv.desde

Dados de referência

Fornecedor

Valor aquis.

Data aquisição

Dados de fabricação

Fabricante Pais produtor

Denomin.tipo Ano/mês const. /

Nº peça fabric.

Nº série

Figura 17. Área de cadastros de equipamento no SAP PM (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

Este cadastro é dividido em três campos de informação: dados gerais, dados de referência e dados de fabricação. Posteriormente este equipamento é inserido em uma localização, conforme a figura a seguir:

Represent.estrutura local instalação: Lista de estrutura

Represent.estrutura local instalação: Lista de estrutura

Nível para cima Explosão total

Loc.instalação RZ-BRIA Vál.desde 24.01.9999

Denominação Planta de Envase ARLA32 - Araucária

RZ-BRIA-1-BTQS-TQ01		Tanque 1	BRIA BRIA
•	10017788	Tanque Aéreo	R BRIA
•	10017791	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017795	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017800	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017812	Válvula Gaveta	R BRIA
•	10034782	Válvula Esfera	R BRIA
•	10036054	Válvula Esfera	R BRIA
RZ-BRIA-1-BTQS-TQ02		Tanque 2	BRIA BRIA
•	10017789	Tanque Aéreo	R BRIA
•	10017792	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017796	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017801	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017813	Válvula Gaveta	R BRIA
•	10034783	Válvula Esfera	R BRIA
•	10036055	Válvula Esfera	R BRIA
RZ-BRIA-1-DUTU		Dutos / Tubulações	BRIA BRIA
RZ-BRIA-1-ENVA		Area envase	BRIA BRIA
•	10017763	Válvula Alív. Térmico	R BRIA
•	10017770	Máquina Envase	R BRIA
•	10017771	Máquina Envase	R BRIA
•	10017772	Máquina Envase	R BRIA
•	10017799	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017804	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017806	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017807	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017808	Válvula Esfera	R BRIA
•	10017809	Empilhadeira	R BRIA
•	10017810	Empilhadeira	R BRIA
•	10034784	Válvula Esfera	R BRIA
•	10034785	Válvula Esfera	R BRIA
•	10034786	Válvula Esfera	R BRIA
•	10034798	Filtro	R BRIA
•	10034834	Paleteira	R BRIA
•	10034835	Paleteira	R BRIA
•	10034836	Paleteira	R BRIA
•	10034837	Paleteira	R BRIA
•	10034908	Lava Olhos	R BRIA
•	10034909	Painel Elétrico	R BRIA
•	10034910	Impressora	R BRIA
•	10035984	Peso Padrão	R BRIA
•	10035985	Peso Padrão	R BRIA
•	10035986	Peso Padrão	R BRIA

Figura 18. localização dos equipamentos no SAP PM (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

Pode-se perceber que ao clicar em determinada localização, que aparece todos equipamentos cadastrados presentes naquele local, criando assim toda uma ligação entre os equipamentos e local.

No sistema SAP PM também é realizado o plano de manutenção dos equipamentos cadastrados. Segundo Nagai, Batista e Dagnoni (2015), o plano de manutenção é criado a partir das recomendações do fabricante, por exemplo, qual a vida útil sugerida, qual a periodicidade de verificação de itens, etc.

Segundo Nagai, Batista e Dagnoni (2015), como a Planta de Envase Arla 32 é um setor novo na empresa estudada, muitos dos equipamentos ainda não apresentava um plano de manutenção. Para criação de um Plano de Manutenção no sistema SAP PM é realizado através do comando IP42. Segue a figura 19.

The screenshot displays the SAP PM 'Criar plano de manutenção: PIEstratManut.' screen. The interface includes a menu bar with options like 'Plano de manutenção', 'Processar', 'Ir para', 'Suplementos', 'Ambiente(U)', 'Sistema', and 'Ajuda'. Below the menu is a toolbar with various icons. The main area is titled 'Criar plano de manutenção: PIEstratManut.' and contains several sections: 'Plano manutenção' with a search field and a 'Cabec.pl.manut.' button; 'Ciclos plano de manutenção 12.11.2015' with a table for 'Ciclos' (Ciclo, Unidade, Txt.p/ciclo manut., Offset); 'Item' with a search field and a 'Ciclos item 12.11.2015' button; 'Objeto de referência' with 'Loc. instalação' (checked) and 'Equipamento' fields; 'Dados de planejamento' with fields for 'Centro planej.', 'Tipo de ordem', 'CentTrab respon.', 'Prioridade', 'Doc.vendas', 'Grp.plnj.PM', 'Tp.ativ.PM', 'Divisão', and 'Norma de apropriação'; and 'Lista de tarefas' with a table for 'Tp.', 'GrpLisTar.', 'NmdGp', and 'Descrição'.

Figura 19. Criação de um plano de manutenção (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

Com base a figura 19, o *software* consegue indicar o local do objeto, dados de planejamento (como nível de prioridade) e lista de tarefas (como descrição de alguns procedimentos).

No *software* também é possível a organização por tipo de manutenção, como preventiva, preditiva e corretiva. Existem diversos comandos que facilitam o processo de criação, porém, não será citado neste trabalho.

Depois da implantação do PCM informativo na planta de envase Arla 32, o autor pôde verificar quantitativa e qualitativamente as melhorias e as vantagens do mesmo. A seguir a figura 20 exemplificando a evolução:

ANÁLISE DOS RESULTADOS		
Características	Cenário antes da aplicação do PCM	Cenário após a aplicação do PCM
Serviços de manutenção	Executados por empresa terceirizada somente, sem qualquer análise prévia do serviço	Executados por empresa terceirizada e por operadores da própria empresa, após análise de cada serviço
Localização dos equipamentos na planta	Não havia qualquer tipo de localização de equipamentos na planta	Todos os equipamentos foram mapeados
Identificação dos equipamentos	Não havia qualquer tipo de identificação de equipamentos	Todos os equipamentos foram identificados
Execução dos serviços de manutenção	Os serviços eram realizados de forma corretiva, sem planos de manutenção	Todos os serviços de manutenção têm um plano correspondente de manutenção. Há ainda corretivas inevitáveis, mas para a grande maioria é feita manutenção preventiva
Custos com serviços de manutenção	Havia gastos com manutenções não planejadas	Foi possível reduzir custos com simples inspeções dos próprios operadores da empresa em vez de contratar terceiros
Uso de recursos computacionais	Não possuía sistema computacional	Todas as informações são direcionadas ao sistema SAP, garantindo confiabilidade
Interrupção da linha de envase	Havia interrupção da linha de envase com frequência	Houve diminuição de paradas na linha de envase por manutenções não planejadas
Procedimentos de segurança	Sem identificação era impossível criar procedimentos de segurança	Todos os serviços possuem procedimentos de segurança, listados nas ordens de manutenção

Figura 20. Antes e depois da implantação do PCM (Nagai; Batista; Dagnoni, 2015).

Verificando a figura 20 destaca-se entre as melhorias:

- Identificação de todos os componentes;
- Redução de custos com serviços de manutenção não planejada;
- Aumento da confiabilidade através do banco de dados do SAP;
- Todos serviços possuem procedimentos de segurança na manutenção.

4.2.2 Discussões e proposta de otimização do estudo 2

No estudo de caso do PCM informatizado em uma planta de envase arla 32, os autores focaram em manter o padrão de manutenção utilizado anteriormente na empresa, onde se destaca a manutenção preventiva. Uma proposta a ser analisada é um planejamento junto ao ERP de uma manutenção preditiva na empresa, destacando-se o cuidado com as bombas e válvulas.

A manutenção preditiva consiste em descobrir possíveis falhas ou defeitos mediante a mudanças de parâmetros que são analisados por meio de acompanhamentos, medições, análises e comparações com padrões de desempenho desejáveis. Alguns desses parâmetros são: pressão, temperatura, vibração, rugosidade, análises químicas, potência, vazão, velocidade, consumo, entre outras, evitando a causa de uma parada total ou parcial do maquinário.

A manutenção preditiva foi criada para complementar a manutenção preventiva, evitando que uma peça seja trocada pelo seu tempo de atuação, mesmo estando em perfeito estado, e sim pela sua condição, proporcionando a utilização máxima da peça e a economia por se evitar o desperdício (AMARAL, 2013).

No caso analisado por Nagai, Batista e Dagnoni (2015), pode-se focar esta manutenção preditiva nas bombas e válvulas limitadoras. Iniciando-se pela bomba, deve-se fazer um estudo da implantação. Segundo Corrêa (2010) é de grande importância fazer periodicamente um acompanhamento da análise térmica, este tipo de análise é mais utilizado em sistemas elétricos, podendo detectar componentes que estão fora do padrão de temperatura. A análise térmica, consta na verificação por instrumentos, com base a temperatura, partindo da detecção da irradiação de

raios infravermelhos que a peça emite quando ela estiver operando. Segue na figura 21 uma foto do equipamento de análise termográfica:



Figura 21. Equipamento para análise termográfica (Júnior, 2010).

No caso específico das bombas, essa análise pode ser usada na carcaça para identificar vazios, sobre-metal, entre outros defeitos estruturais. E na parte elétrica é possível identificar áreas onde há uma maior resistividade, pois aumentará a potência e gerará calor, com isso, pode-se identificar onde está o problema e substituir a peça antes que ocorra uma eventual falha (CORRÊA, 2010). Na figura 22 mostra um exemplo de aquisição de dados do equipamento:

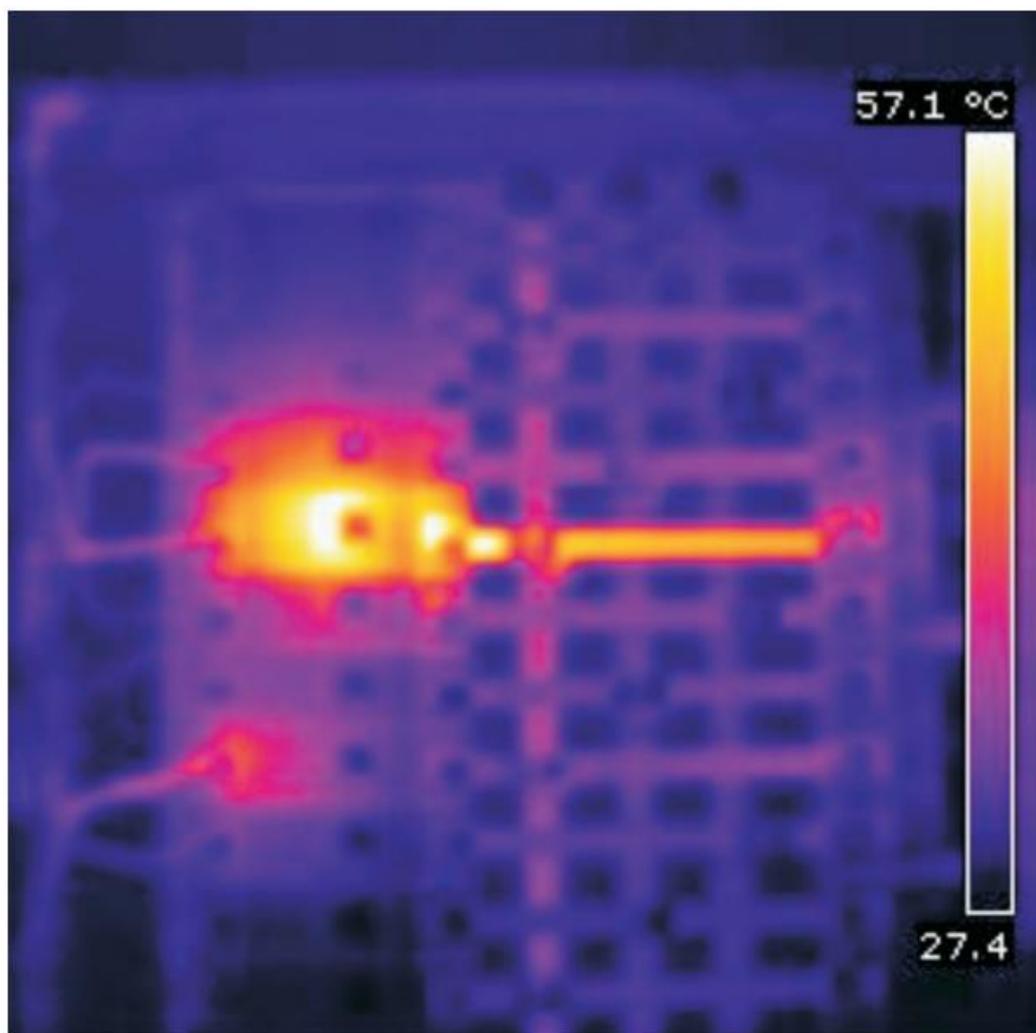


Figura 22. Aquisição de dados termográficos (Corrêa, 2010).

A figura 22 refere-se a uma análise térmográfica em um circuito elétrico, nesta imagem pode-se identificar locais onde a temperatura está em estado crítico ou que deverá manter em constante acompanhamento predial.

Outra análise predial importante é a de vibração segundo Corrêa (2010), quando um corpo está a vibrar, mostra que ele está oscilando em torno de um ponto de referência. A análise de vibração permite que um grande número de informações sejam encontradas. Ela é muito utilizada em máquinas por isso é um dos tipo de análise mais utilizada hoje em dia. Entre as principais causas que provocam vibrações indesejáveis pode-se citar:

- Desalinhamento;
- Desbalanceamento;

- Folgas;
- Dentes de engrenagem defeituosos;
- Campo elétrico desequilibrado.

Corrêa (2010) também pontua que uma máquina em alto nível de vibração pode acarretar um alto nível de acidentes, desgaste prematuro de seus componentes, falhas inesperadas, etc. A seguir alguns dispositivos usados para a leitura desses sinais:

- Sonda de proximidade – É um sensor de não contato. Tem a função de captar o deslocamento axial e radial do rotor de uma máquina rotativa em torno de seus mancais. A seguir uma imagem da sonda de proximidade:



Figura 23. Sonda de proximidade⁴.

⁴ Figura disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/yd9820-vibration-sensors-with-proximity-probes-1012566500.html>> acesso 13 out. 2016.

- Sensor de velocidade – É um sensor de contato usados para medir a velocidade absoluta de vibrações dos elementos estáticos da máquina. é formada por uma bobina elétrica fixada à carcaça que fica parafusado a estrutura da máquina analisada. A seguir uma figura com o exemplo de um sensor de velocidade:



Figura 24. Sensor e aparelho de medição de velocidade de vibração⁵

- Acelerômetro piezoelétrico – São sensores de contato e medem a aceleração absoluta da máquina analisada. A estrutura do sensor contém um cristal piezoelétrico e uma massa sísmica. O movimento vibratório da estrutura é transmitido à massa sísmica que gera tensões de compressão ou cisalhamento. Sob o efeito dessas tensões, o cristal produz um sinal de carga

⁵ Figura disponível em:

<http://www.impact.com.br/medidordevibraoatologger/tacometrodigital/medidordevibraoetacometroatologger.htm> acesso 13 out. 2016.

que é convertido pelo circuito em um sinal de tensão. A seguir, mostra-se um acelerômetro piezoelétrico:



Figura 25. Acelerômetro piezoelétrico⁶

No caso das bombas, o método de análise de vibrações possibilita encontrar desbalanceamento, cavitações (bolhas de vapor ou de gás), desgaste dos rolamentos, problemas de alinhamentos entre outras falhas do sistema, mostra-se assim a importância da implantação da análise de vibrações no caso.

⁶ Figura disponível em:

<https://www.ctconline.com/_lp200_series_4_20_ma_velocity_sensors_.aspx?qcwg=116_380&qman=> acesso 13 out. 2016.

Além das análises apresentadas anteriormente existe um método que se apresenta de muito mais fácil execução, porém, nem tanto lembrada na prática: a análise de partículas. segundo Corrêa (2010), esta análise permite verificar o estado do lubrificante. O seu objetivo é determinar o momento correto para a troca do óleo de um componente lubrificado ou de um circuito hidráulico, otimizando assim a degradação ou de contaminação.

Nas bombas, utiliza-se esta técnica para verificar resíduos que possa estar a passar pela válvula de pé ou resíduos que podem ser formados pelo fenômeno da cavitação, evitando assim desgaste da bomba e outros componentes do sistema. No caso de bombas movidas a motores a combustão, a análise é aplicada ao óleo lubrificante do motor.

Como citado no início do sub-capítulo 3.2.2, outro elemento que se pode aplicar a manutenção preditiva no estudo de caso, são as válvulas. Segundo Amaral (2013), a manutenção preditiva em válvulas de controle se difundiu na década de 1990 e na última década.

Existem algumas técnicas aplicadas para se obter diagnósticos em válvulas de controle. As mais utilizadas atualmente segundo Amaral (2013) são através de:

- Inspeção preditiva subjetiva;
- Instrumento de emissão ultrassônica;
- Posicionador inteligente com diagnostico on-line.

A inspeção subjetiva aplicada as válvulas tem com objetivo de:

- Relatar o operador sob as condições de operação;
- Pressão de alimentação de ar;
- Analisar Corrosão/oxidação das partes metálicas;
- Vazamentos de fluido;
- Ruído.

A técnica de emissão ultrassônica é específica para detecção de vazamentos em válvulas e outros equipamentos que requeiram estanqueidade na operação. Nela um emissor ultrassônico é capaz de detectar o ruído proveniente do vazamento do fluido. Ele pode ser instalado na tubulação a jusante, no corpo da válvula e a montante da válvula a fim de realizar as medições. Equipamentos modernos são capazes de detectar não apenas a presença do vazamento, como também quantificá-los através do uso de um *software*.

A utilização de emissão ultrassônica para análise de vazamentos pode ser demandada quando se tem a suspeita de um vazamento, assim segue-se uma rota de válvula a serem detectadas e estudadas com uma periodicidade definida. A seguir um instrumento de análise de ultrassom:



Figura 26. Detector ultrassônico de vazamento⁷

Existe também a técnica do posicionador inteligente onde se inclui todas as funcionalidades normais de um posicionado: receber o sinal de controle vindo de controlador, e regular a vazão de ar para o atuador da válvula de acordo com o posicionamento que a válvula encontra-se.

Segundo Emerson *Process Management* (2013), o grande diferencial dos posicionadores inteligentes é a utilização dos protocolos de comunicação. Um dos

⁷ Figura disponível em: < <http://henderson.com.br/exair/otimizacao/uld.html> > acesso 13 out. 2016.

mais utilizados é o HART (*Highway Addressable Remote Transducer*), o qual permite aos instrumentos a capacidade de se comunicar digitalmente.

Através do protocolo de comunicação os dados recebidos de pressão, temperatura, entre outros, podem ser arquivados na memória do posicionador ou transmitidos para algum *software*. Este *software* poderá apresentar em tempo real o status das entradas no posicionador.

Conclui-se assim, que todos os processos preditivos citados anteriormente, assim que implementado a partir do trabalho de Nagai, Batista e Dagnoni (2015), seriam de grande evolução no sistema de manutenção da planta de envase arla 32, vistos seus benefícios em bombas e válvulas.

4.3 Comparações entre os Estudos de casos 1 e 2

No primeiro estudo de caso a autora Baldessar (2006), não se dispunha de um *software* de planejamento, e de maneira mais aconselhada começou-se da "raiz" do problema, realizando-o uma FMEA e FTA. A manutenção da CELESC na unidade estudada, se apresentava de maneira ainda precária, voltado para técnica corretiva, além desta, apenas inspeções visuais de formas preventivas, o que implica na necessidade de uma rápida implantação de um PCM.

A adoção de uma estratégia de manutenção deve vir a partir de uma decisão gerencial. Esta estratégia deve estar em conjunto com as metas de produção, onde se considera as tarefas mais importantes, como: redução dos custos; aumento da confiabilidade das máquinas; aumento do faturamento. É papel da gerência implantar uma "mudança cultural", é de grande importância que o líder seja um agente de mudanças (KARDEC & NASCIF, 2009). O plano de manutenção a ser adotado deve considerar os seguintes fatores, segundo KARDEC & NASCIF (2009, p. 59):

- A importância do equipamento do ponto de vista operacional, de segurança pessoal, de segurança da instalação e do meio ambiente;
- Os custos envolvidos no processo, nas consequências da falha;
- A oportunidade;

- A capacidade de adequação do equipamento em favorecer a aplicação deste ou aquele tipo de manutenção (adequabilidade do equipamento). Seguindo essa linha de pensamento, é perfeitamente adequado adotar diferentes tipos de manutenção para diferentes equipamentos/áreas.

Estes fatores serve tanto para o caso da escolha do tipo de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva), para determinado equipamento ou setor, como também na escolha de informatizar ou não a área de manutenção da empresa.

Numa segunda parte, posterior ao trabalho de Baldessar (2006), aconselhar-se-ia um estudo para a informatização do sistema de manutenção, verificando sua viabilidade, através de custos e de "mudança cultural da empresa", iniciando pela vontade e empenho dos cargos gerenciais dos mesmos.

No segundo estudo de caso, os autores Nagai, Batista e Dagnoni (2015), partem desta "segunda parte" citada no parágrafo anterior. A empresa já está interessada na mudança, e apresentam um PCM manual estabelecido. Portanto o trabalho consta em implantar um PCM informatizado.

A padronização e nomeações de cada setor e máquina foram necessários para o estabelecimento do banco de dados no *software* ERP SAP, posteriormente o trabalho consiste em manipular funções presentes no ERP, entre eles localizações, organização da manutenção preventiva e corretiva.

Consegue-se assim uma relação de continuidade entre os trabalhos, no primeiro caso partiu-se do quase "zero" até um índice intermediário, e o segundo do intermediário até o avançado, que seria a informatização completa da manutenção.

A seguir uma tabela exemplificando a comparação dos métodos com base os dois estudos de casos analisados:

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2
Custo de implementação	Baixo	Alto
Facilidade de adequação a nova rotina	Fácil/Médio	Difícil
Facilidade de utilização pós implantação	Médio	Fácil
Proposta de otimização	Um estudo da possibilidade sobre a informatização do planejamento da manutenção	Além do enfoque a manutenção preventiva, um estudo da utilização da manutenção preditiva, principalmente nas bombas e válvulas

Figura 27. Exemplificação sobre a comparação entre os métodos 1 e 2

A figura 27, aparece como um resumo da comparação entre os estudos de casos 1 e 2. Nela consta uma fácil indicação das dificuldades e facilidades de cada método, assim como as propostas de melhorias feitas neste trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho foi possível compreender a importância de planejamento e gerenciamento da manutenção na empresa. Entre os fatores estudados destaca-se a escolha entre a implantação de uma manutenção manual e a informatizada.

O estudo de caso 1 tratou-se do caso da CELESC, cujo a proposta do autor foi a de estabelecer um controle manual da manutenção, diferentemente do segundo caso, da Planta de Envase Arla 32, que apresentava a vontade da empresa pela mudança para o sistema informatizado.

Através do capítulo 4 e seus sub-capítulos, pode-se ser apresentado passos para a implementação dos estudos de caso 1 e 2, e com base estas implementações, foram formada características generativas sobre os métodos manual e informativo do PCM.

Um ponto importante do trabalho foi a de utilizar uma base teórica para a otimização dos trabalhos analisados, entre as melhorias propostas está a utilização de uma manutenção preditiva para o estudo de caso 2 (Planta de Envase Arla 32, assim como a de um estudo da viabilidade de uma informatização do estudo de caso 2 (CELESC).

Considera-se, portanto, que foram alcançados todos os objetivos traçados para este trabalho e, apesar de existir diversos métodos e ideias para o gerenciamento estratégico do setor de manutenção, pode-se compactar diversas práticas, conceitos e técnicas, que se aplicados corretamente garantirão uma otimização do processo de manutenção.

5.1 Propostas para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros na área, aconselha-se uma análise quantitativa desta mudança, do PCM manual para o informatizado. No caso deste trabalho foi declarado na forma qualitativa.

Entre possíveis dados presentes nesses trabalhos futuros pode-se citar:

- Pesquisa e comparação de preços de *softwares* ERP;
- Quantificação dos custos com modificação de ativos e treinamentos para implantação;
- Vantagens em valores da mudança com o passar do tempo.

Com esta abordagem numérica, poder-se-ia tornar um meio mais atrativo para o entendimento e motivação pra tais mudanças.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. N. **Critérios para Análise de viabilidade para manutenção preditiva em válvulas de controle em indústrias de processo**. 2013. 78p. Monografia (Especialização em Automação Industrial) - Programa de Pós-Graduação do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **A situação da manutenção no Brasil**. Disponível em: < <http://www.abraman.org.br/Arquivos/7/7.pdf> > Acesso em: data (10 out. 2015).

BARROS, C. S. N. **CBS Consulting**, Disponível em: <<http://www.cbsconsulting.com.br/erp.htm> > Acesso em: data (11/10/2016).

BRANCO FILHO, G. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência moderna Ltda. 2006.

BRANCO FILHO, G. **A Organização, o Planejamento e o Controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008.

CALIL, L F. P. **Gerenciamento de Risco**, Florianópolis: UFSC, 2006.

CASTRO, J. **O estudo da viabilidade**. Disponível em: < <http://www.cin.ufpe.br/~if716/arquivos20102/1-EstudoViabilidade.pdf> > Acesso em: data (15 out. 2015).

CORRÊA, L. P. **Manutenção preditiva em bombas**, Rio de Janeiro, 2010.

EMERSON PROCESS MANAGEMENT. **Manual de Instruções - Controlador digital de válvula DVC6200**. Sorocaba, 2013.

HELMAN, H; ANDREY, P. R. P. **Análise de Falhas: aplicação dos métodos FMEA – FTA**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharias da UFMG, 1995.

JÚNIOR, H. F. D. O. **Uso da termografia na inspeção preditiva**. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, Rio de Janeiro, 2010.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARSBURG, J. H. ; MEDEIROS, J. E. **manutenção: o que é preciso saber**. Disponível em: <<http://www.edcentaurus.com.br/materias/ag.php?id=4356>> Acesso em: data (10 out. 2015).

MESQUITA, R. A. C. **Sistemas ERP (Enterprise Resource Planning)**. Centro Universitário de Brasília - UNICEUB, 2000.

NAGAI, F. H.; BATISTA, G. B.; DAGNONI, V. **Estudo de caso da aplicação do planejamento e controle da manutenção em uma planta de envase arla 32**. 2015. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

NOGUEIRA, F. **Pesquisa Operacional: pert e com**. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~ricardo.aramos/disciplinas/ES_I_2012_2/PERT_CPM.pdf> Acesso em: data (20 out. 2015).

OLIVEIRA, V. C. **A Seleção de Sistemas Integrados de Gestão Empresarial para Corporações**; 2000. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento de Sistemas de Informação) – Instituto de Informática, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2000.

SOUZA, M. **colunista do imasters**. Disponível em: <<http://imasters.com.br/nc.php?cc=59>> Acesso em: data (17/06/2005).

VIANA, H. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZAIONS, D. R. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. 2003. 219f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia; Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.