

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE**

FRANCISCO MATHEUS SANTORO ROMERO

**APLICAÇÃO DE ESTUDO DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE EM UM SEPARADOR CENTRÍFUGO**

MONOGRAFIA

CURITIBA

2016

FRANCISCO MATHEUS SANTORO ROMERO

**APLICAÇÃO DE ESTUDO DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE EM UM SEPARADOR CENTRÍFUGO**

Trabalho de Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em confiabilidade, do Departamento de Engenharia Elétrica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Mariano

CURITIBA

2016

Folha destinada à inclusão da **Ficha Catalográfica** (elemento obrigatório somente para teses e dissertações) a ser solicitada ao Departamento de Biblioteca da UTFPR e posteriormente impressa no verso da Folha de Rosto (folha anterior).

Espaço destinado a elaboração da ficha catalográfica sob responsabilidade exclusiva do Departamento de Biblioteca da UTFPR.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Curso de Especialização em Engenharia de Confiabilidade



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE ESTUDO DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UM SEPARADOR CENTRÍFUGO

por

FRANCISCO MATHEUS SANTORO ROMERO

Esta Monografia foi apresentada em 16/05/2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Confiabilidade. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Carlos Henrique Mariano, Dr.
Orientador

Marcelo Rodrigues, Dr.
Membro Titular

Emerson Rigoni, Dr.
Membro Titular

RESUMO

ROMERO, Francisco Matheus Santoro. **Aplicação de estudo de Manutenção Centrada em Confiabilidade em um separador centrífugo**. 2016. 47 folhas. Trabalho de Monografia (Especialização em Confiabilidade) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Este trabalho tem por objetivo apresentar os conceitos da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) que vem sendo aplicados na indústria de forma mais recorrente, com o intuito de garantir um elevado índice de disponibilidade dos equipamentos. São abordadas normas, livros e teses de autores relativos ao tema supracitado, e posteriormente a ferramenta será aplicada a um separador centrífugo, equipamento característico do processo de recuperação química na indústria de papel e celulose. Finalmente são analisados os resultados da aplicação das ações geradas pela aplicação da metodologia de MCC na disponibilidade e manutenibilidade deste equipamento, e a viabilidade de expansão desta ferramenta para demais equipamentos de processo.

Palavras-chave: Confiabilidade. Manutenção. Papel e Celulose. MCC.

ABSTRACT

ROMERO, Francisco Matheus Santoro. **Applying a Reliability Centered Maintenance study to a centrifugal separator**. 2016. 47 folhas. Trabalho de Monografia (Especialização em Confiabilidade) - Federal Technology University - Paraná. Curitiba. 2016.

This study objective is to present the concepts of Reliability Centered Maintenance applied in the industry frequently, searching for higher availability levels in the process equipment. Norms, books and thesis of author in this theme will be discussed, and later this tool (Reliability Centered Maintenance) will be applied to a centrifugal separator, a common equipment in the chemical recovery plant of pulp and paper mills. Finally results will be analyzed, based in the actions raised by the implemented of the Reliability Centered Maintenance study, and the feasibility of expand the application of this technique for several equipment in the process.

Keywords: Reliability. Maintenance. Pulp and paper

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de uma caldeira de recuperação	2
Erro! Indicador não definido.	
Figura 2 – Resumo da planta de papel e calulose.....	22
Figura 3 – Exemplo de árvore de falhas	38
Figura 4 – Equipe de implantação do estudo de manutenção centrada em confiabilidade	38
Figura 5 – Representação da estrutura de manutenção	40
Figura 6 – Layout do sistema de separação de dreg's	42

LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

Gráfico 1 – Custos de manutenção por equipamento na Caustificação	24
Gráfico 2 - Custos de manutenção ajustado por equipamento na Caustificação	25
Gráfico 3 – Número de ocorrências por equipamento	26
Tabela 1 – Exemplo de tabela de análise de modo e efeito de falhas	37

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EMAN	Engenharia de Manutenção
EPMI	Engenharia de Projetos Melhorias e Informações e Sobressalentes
FMEA	Failure Mode and Evaluation Analysis
GEP	Gerência de Engenharia e Projetos
GMA	Gerência de Manutenção
MAMP	Manutenção de Máquinas de Papel
MARU	Manutenção de Recuperação e Utilidades
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MFIP	Manutenção de Fibras
MMCC	Manutenção Mecânica Central e Civil
PPMA	Planejamento e Programação de Manutenção
SAE	Society of Automotive Engineers

SUMÁRIO1

INTRODUÇÃO	13
1.1 TEMA DA PESQUISA.....	14
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
1.4 OBJETIVOS.....	16
1.4.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2 DETALHAMENTO DO PROBLEMA.....	18
2.1 HISTÓRIA DO PAPEL E CELULOSE	18
2.2 PROCESSO DE RECUPERAÇÃO QUÍMICA	19
2.2.1 SEPARAÇÃO DE DREG'S	22
2.3 DESDOBRAMENTO DE PERDAS.....	23
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
3.1 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO	27
3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	29
3.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	30
3.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	31
3.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	31
3.2.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA.....	32
3.2.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	32
3.3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	32
3.3.1 ETAPAS PARA APLICAÇÃO	33
3.3.1.1 FUNÇÃO	34
3.3.1.2 FALHAS FUNCIONAIS	34
3.3.1.3 MODOS DE FALHA	34
3.3.1.4 EFEITO DA FALHA.....	35
3.3.1.5 CATEGORIA DE CONSEQUÊNCIA DE FALHA	35
3.3.2 SELEÇÃO DE POLÍTICA DE GERENCIAMENTO DE FALHAS	35
3.3.3 TAREFAS PROGRAMADAS	35
3.3.4 FERRAMENTAS DE APOIO.....	36
3.3.4.1 ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA	36
3.3.4.2 ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHA	37
3.3.5 EQUIPE DE IMPLANTAÇÃO	38
4 ESTUDO DE CASO	40
4.1 INTRODUÇÃO.....	40
4.2 ESTRUTURA DE MANUTENÇÃO DA EMPRESA	40
4.3 IMPLANTAÇÃO DO ESTUDO	41
4.3.1 DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO	41
4.3.2 REUNIÃO INICIAL DE ALINHAMENTO.....	42
4.3.3 DEFINIÇÃO DA FUNÇÃO E PADRÃO DE DESEMPENHO	42

4.3.4	DEFINIÇÃO DAS FALHAS FUNCIONAIS.....	43
4.3.5	DEFINIÇÃO DOS MODOS DE FALHA	44
4.3.6	DEFINIÇÃO DAS AÇÕES.....	45
4.3.7	COMPILAÇÃO DOS RESULTADOS.....	45
5	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48
	<u>APÊNDICE</u>	<u>49</u>

1 INTRODUÇÃO

As mudanças no processo produtivo que ocorreram devido a primeira e segunda revolução industrial forçaram uma reestruturação de toda a cadeia produtiva. Uma vez que aumentaram a produtividade e a qualidade dos produtos, forçou também uma mudança em diversas áreas como vendas, marketing, logística e principalmente a manutenção. Essas mudanças, porém, não se limitaram somente a este período, uma vez que com o desenvolvimento muito acelerado de novas tecnologias nos últimos 20 anos a quantidade e complexidade de máquinas, equipamentos, obras e projetos se intensificaram.

Esse desenvolvimento acelerado criou a oportunidade para que as companhias pudessem ter margens de lucro que não poderiam ser alcançadas com a tecnologia do passado. Porém para que isso se concretizasse precisavam ser extremamente competitivas. E é nesse ponto que a manutenção sofreu uma intensa modificação de política.

Para que os lucros máximos possam ser alcançados, além de fatores como custo da matéria-prima, gastos com funcionários, otimização das variáveis de processo, é necessária uma elevada produtividade, que só é possível com uma disponibilidade elevada das máquinas e equipamentos de uma indústria. Assim novas técnicas de manutenção surgiram para adequar a política de manutenção às novas necessidades.

Analisando essas mudanças por outra perspectiva é possível perceber que elas afetaram áreas que anteriormente não recebiam tamanho enfoque, como meio-ambiente, que atualmente é originador de diversas atividades não somente do setor de manutenção como também de processo e qualidade, para a adequação às normas e indicadores ambientais.

Outro setor que também foi alvo de inúmeras mudanças e está ligado a manutenção é o de segurança. Indicadores de acidentes, metas de zero acidente, reuniões para a conscientização dos executantes se tornaram comuns na rotina da manutenção.

Com uma quantidade tamanha de mudanças ocorrendo é comum que muitas empresas não tenham acompanhado o ritmo das alterações, seja por falta de investimento, resistência às mudanças ou até mesmo falta de informação.

Tendo as informações supracitadas em vista, este trabalho busca contextualizar e demonstrar a aplicação prática da ferramenta de Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC a um processo produtivo, servindo como referência de consulta para outros estudos.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Como citado anteriormente, ao longo dos últimos 20 anos as transformações sofridas tecnologicamente pela indústria são marcantes. Para que se possa continuar competitivo dentro de um nicho de mercado é preciso que a produtividade dos processos seja melhorada sistematicamente.

A manutenção pode contribuir para este novo cenário buscando sempre entregar disponibilidade, e para isso precisou evoluir e se reformular de forma notável. Uma das principais ferramentas que buscam garantir a disponibilidade, segurança operacional, conhecimento de processos e redução de custos dos equipamentos é a MCC.

Espera-se que este trabalho sirva como base à outros estudos de MCC, e que esta ferramenta se torne mais difundida no ambiente industrial.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Entregar disponibilidade dos equipamentos, com segurança e a um custo compatível com os objetivos da empresa é a função central da manutenção. Buscando este objetivo a manutenção saiu de um modelo corretivo, onde os equipamentos ditavam o ritmo das empresas para um cenário em que, na maioria dos casos, a equipe de manutenção tem domínio sobre a máquina. Isso foi alcançado paulatinamente, com a introdução de ações preventivas, que acarretavam elevados custos. Em seguida surgiram técnicas preditivas que permitiram uma atuação focada em componentes que apresentam características de falha no momento adequado. Posteriormente a gestão autônoma passou a existir de maneira mais intensa, apoiando as atividades da manutenção sistematicamente (WYREBSKI, 1997).

Contudo existem situações em que mesmo com a maturidade alcançada pela manutenção ao longo de vários anos, ainda não se alcançam os resultados esperados, sejam eles de disponibilidade, segurança ou produtividade. Para tais situações existe alternativa, que é a confiabilidade, nesse caso em especial a MCC.

Esta nova vertente, conforme a NBR 5462 (1994) “é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas, durante um dado um intervalo de tempo”. Diversas ferramentas permitem que tal conceito seja aplicado e melhores resultados sejam alcançados pela manutenção. Entre estas ferramentas está a MCC que é uma metodologia para analisar as funções do sistema, e o modo como estas funções podem falhar e, a partir daí, aplicar um critério de priorização explícito baseado em atores de segurança, ambientais, operacionais e econômicos, para identificar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas (MOUBRAY, 2001; SIQUEIRA, 2005; SMITH, A. M., HINCHCLIFFE, G. R., 2003).

No caso em estudo, o separador centrífugo foi escolhido como piloto para a aplicação da MCC em função de não alcançar a disponibilidade necessária para sua função dentro do processo, além de ser uma das maiores vozes quando se analisa o custo de manutenção do setor.

1.3 JUSTIFICATIVA

Apesar de muitas indústrias apresentarem um nível de maturidade de sua gestão de manutenção muito elevado, pouquíssimas delas utilizam a confiabilidade sistematicamente, seja por desconhecimento da capacidade das ferramentas, ou por dificuldade em encontrar estudos já aplicados que sirvam como base para o desenvolvimento inicial do conceito, uma vez que a mesma é originada na indústria aeronáutica.

Assim este trabalho justifica-se por servir como referência a demais interessados que buscam iniciar um estudo de MCC, porém não conseguem sanar de maneira suficiente as dúvidas sobre a metodologia e sobre a aplicação prática da ferramenta.

A realização do trabalho também se deve ao fato de que o decantador centrífugo estudado não alcançava a disponibilidade necessária para a operação da

planta, tornando-se um gargalo tanto em termos de produção, quanto aos recursos de manutenção empregados ao mesmo. Portanto buscou-se uma ferramenta mais avançada para que este problema fosse sanado. Neste ponto optou-se pela utilização da MCC pela maneira como a mesma é estruturada.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar as ferramentas de MCC a um separador centrífugo, visando a redução do número de quebras e a maior disponibilidade do equipamento.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Expandir os conceitos da ferramenta de MCC à equipe de manutenção, tornando-a apta a difundir o conhecimento às demais áreas da companhia.
- Aumentar a disponibilidade do decantador centrífugo em 30% através da redução do número de quebras que ocorrem com o mesmo.
- Delimitar a função e os padrões de funcionamento do decantador centrífugo.
- Implantar ações de manutenção preventiva, preditiva e de inspeção no equipamento, objetivando identificar potenciais de falha antes que a mesma ocorra.
- Reduzir o custo de manutenção anual com o equipamento citado em 50%, uma vez que este é o custo mais expressivo na área de Caustificação.
- Identificar falhas potenciais, que não ocorreram até o presente momento, porém necessitam de ações de mitigação a fim de evitar que venham a se manifestar.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será dividido em cinco capítulos.

No capítulo 1 é feita a introdução do trabalho, abordado o tema da pesquisa, justificativa, objetivos e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é feita o detalhamento do problema, bem como a análise para definição de equipamento para aplicação do estudo de manutenção centrada em confiabilidade.

No capítulo 3 é realizada uma revisão bibliográfica do tema de manutenção, com foco especial na manutenção centrada em confiabilidade.

O capítulo 4 mostra a aplicação da ferramenta de MCC em um separador centrífugo, presente no processo de recuperação química em uma indústria de papel e celulose.

O quinto e último capítulo apresenta a conclusão do trabalho, mostrando os objetivos alcançados e propostas de expansão do estudo à demais equipamentos.

2 DETALHAMENTO DO PROBLEMA

Neste capítulo é detalhado o tema da pesquisa, através do detalhamento do objeto de estudo, aplicação do mesmo no processo produtivo, bem como ilustrações e esquemas para facilitar o entendimento. Além disso, será mostrado o detalhamento que levou a identificação do decanter centrífugo como um gargalo de produção. É feita também uma breve explanação sobre a fabricação de papel e celulose, a fim de situar o problema dentro do processo produtivo.

2.1 HISTÓRIA DO PAPEL E CELULOSE

O papel surgiu devido a necessidade do homem de registrar sua história. Ela foi atribuída a T'sai Lun na China por volta de 105 dC. Ele fragmentou cascas de amoreira, pedaços de bambu, redes de pesca, roupas usadas e cal para ajudar no desfibramento, em uma tina com água. A pasta formada foi submergida em uma forma de madeira revestida por tecido de seda. Essa forma era retirada da tina com água escorrendo e então surgia sobre a tela uma fina folha que era removida e estendida sobre uma mesa. Este processo rudimentar deu origem centenas de anos depois a um processo muito mais elaborado, e com produtividade extremamente elevada, responsável por suprir as necessidades da população de todo o mundo referente ao papel (SALES, 2009).

Por volta do ano de 1400, cresceu muito a quantidade de livros escritos à mão, tornando-se mais acessíveis ao público e, por conseguinte, aumentando a necessidade de produção de papel. Contudo, escrever à mão era um processo lento e trabalhoso, tanto para a elaboração de um original quanto para a reprodução de cópias. Porém foi somente em meados de 1700 que o naturalista francês Reaumur idealizou o uso da madeira como matéria prima para a fabricação do papel, após observar que as vespas mastigavam madeira podre e empregavam a pasta resultante para produzir uma substância similar ao papel na construção de seus ninhos (SALES, 2009).

As primeiras tentativas de uma máquina de papel ocorreram em meados do século XIX, porém somente em 1820 a invenção de Th. B. Crompton colocou cilindros aquecidos para a secagem do papel, e com esta grande invenção o

processo de fabricação do papel foi completado. Anos após, em 1840, na Alemanha foi desenvolvido um processo de trituração da madeira, no qual as fibras eram transformadas em um produto chamado pasta mecânica. Já em 1854 foi patenteado na Inglaterra o processo de produção de pasta celulósica através do tratamento com soda cáustica. Neste processo a lignina, responsável pela união das fibras é dissolvida e removida, gerando a chamada pasta química (SALES, 2009).

Já nos anos 1960 a pasta celulósica derivada do eucalipto surgiu pela primeira vez em escala industrial, sendo revolucionária até os anos 1970. Hoje a madeira do eucalipto é a matéria prima mais utilizada na produção nacional de papel e celulose (SALES, 2009).

2.2 PROCESSO DE RECUPERAÇÃO QUÍMICA

Antes de entrar mais profundamente no processo específico da recuperação química, é preciso ter uma visão generalista sobre a fabricação do papel e da celulose. O objetivo global deste processo é realizar a separação das fibras e sua posterior reorganização em forma de papel. As principais matérias primas para este processo são o Pinus e o Eucalipto, o primeiro fornecendo fibras longas, que são responsáveis pela resistência mecânica do papel; já o segundo fornece fibras curtas, que dão printabilidade ao produto final, aspecto muito importante ao papel comercializado.

O processo de fabricação se inicia no preparo de madeira, aonde as toras são estocadas, processadas em cavacos para a fabricação de celulose, bem como casca e cavaco para a queima nas caldeiras de biomassa. A madeira é processada em forma de cavacos a fim de facilitar a penetração de reagentes químicos, água e calor de maneira rápida e uniforme. Nesta etapa ocorrem os processos de descascamento, limpeza, picagem, classificação e estocagem.

Na sequência inicia-se a fabricação da celulose, que, conforme dito anteriormente, consiste na ruptura das ligações entre as fibras no interior da madeira. Esta separação pode se dar de diversas maneiras: quimicamente, mecanicamente, ou através da combinação dos dois métodos, isso vai ser determinado pelo tipo de pape que se deseja fabricar. O processo kraft, largamente usado na indústria papeleira, utiliza reagentes químicos e calor para a dissolução da

lignina presente na madeira. Esta reação se dá nos digestores, equipamentos os quais são alimentados com cavacos de madeira, soda caustica e aquecidos e pressurizados, a fim de permitir uma reação rápida e uniforme. Os produtos resultantes deste processo são a polpa celulósica e o chamado licor negro. Após o cozimento a pasta celulósica passa pela depuração, lavagem e estocagem. Parte deste material passa ainda por um processo de branqueamento, para ser empregado em uma gama específica de produtos, que demandam uma camada branca de papel.

Continuando o processo do digestor, para este trabalho é de maior importância conhecermos o que se dá com a outra parte dos produtos do digestor, que é o licor negro, aonde se inicia o processo de Recuperação química. Este processo consiste nas etapas de recuperação de produtos químicos inorgânicos, geração de energia elétrica, e posterior redução de efluentes com potencial poluidor. O processo de recuperação química se inicia na Evaporação, aonde ocorre o aumento da concentração do licor negro através da utilização do calor latente do vapor. O vapor gerado em um dos chamados “efeitos” (evaporador) é utilizado como meio de aquecimento do efeito seguinte, gerando grande eficiência térmica.

Na sequência, o licor concentrado no início do ciclo é enviado a caldeira de recuperação. Este equipamento característico das plantas de celulose tem diversas funções: atua como reator químico para a produção de Sulfeto de Sódio e Carbonato de Sódio; atua como uma caldeira para a geração de vapor; Destroi a matéria orgânica presente no licor, eliminando o descarte para o efluente.

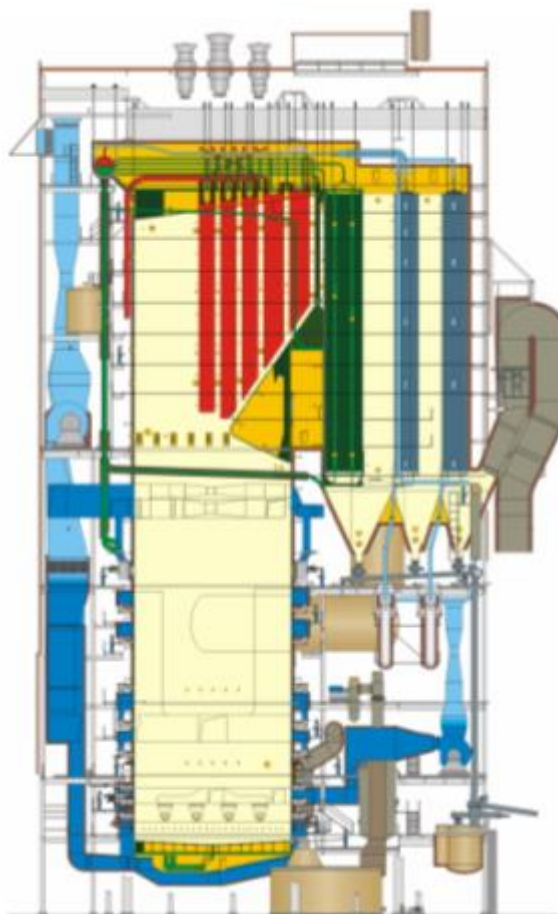
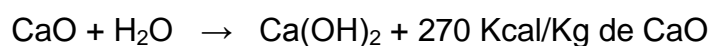
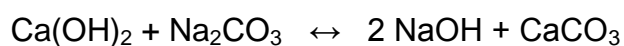


Figura 1 - Esquema de uma caldeira de recuperação
Fonte: Manual da Caldeira de Recuperação CBC

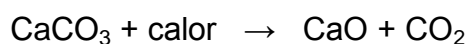
O produto da queima do licor negro na caldeira de recuperação é chamado de licor verde. Este produto é transferido a unidade da Caustificação, cujo objetivo é produção de licor branco, ou seja, conversão do Carbonato de Sódio em Hidróxido de Sódio. O se dá através da adição de cal ao licor verde, aonde ocorre a reação de apagamento, representada por:



Na sequência o produto é encaminhado a uma série de reatores aonde se dá a reação da caustificação, representada por:



A partir deste ponto já existe uma mistura chamada de leite de cal, composto por licor branco e lama. Uma série de filtros promove a separação destes produtos. O licor branco é armazenado e encaminhado aos digestores para que se reinicie o processo de dissolução da lignina, e a lama de cal é enviada aos fornos de cal, equipamento cilíndrico rotativo aonde se dá a transformação de lama de cal (CaCO_3) em CaO , mandado pela reação:



A figura 2 mostra de maneira simples os processos descritos acima:

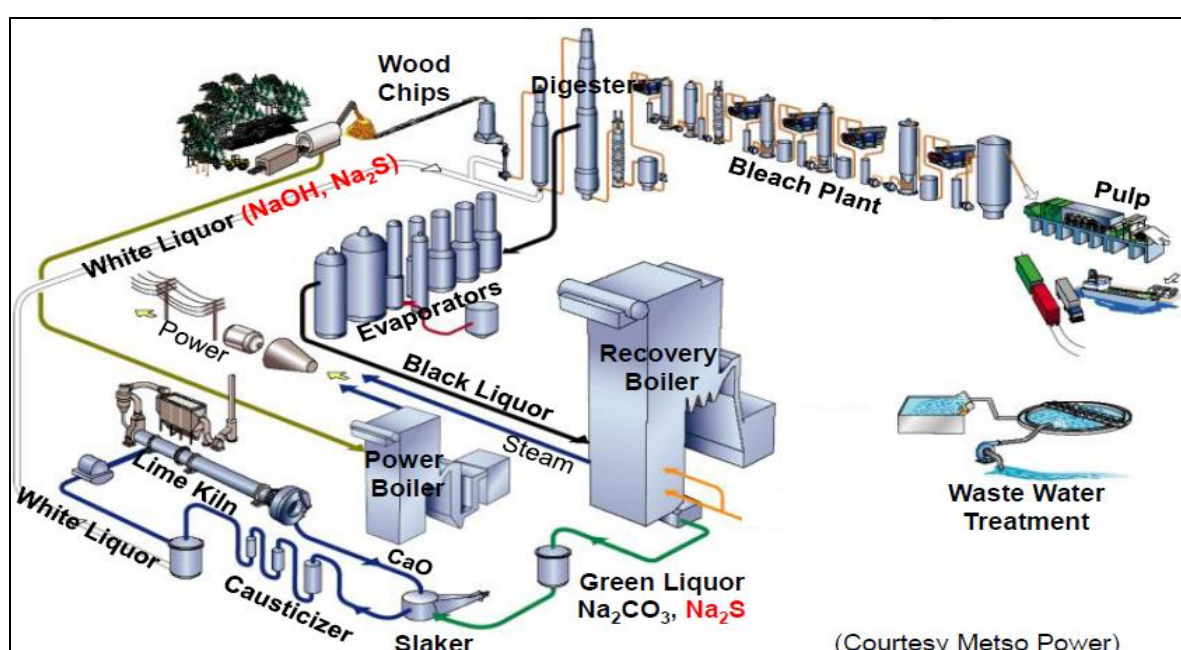


Figura 2 - Resumo da planta de papel e celulose
Fonte: Biblioteca da Klabin Papéis

2.2.1 SEPARAÇÃO DE DREG'S

Conhecendo de maneira generalista o processo de fabricação de papel e celulose, fica mais claro entender aonde se localiza o problema que será estudado neste trabalho.

Dentro do processo recuperação química, na caustificação, especificamente, a primeira etapa do processo consiste em realizar a filtragem do licor verde recebido da caldeira de recuperação. Isto se dá em equipamentos chamados de filtros K7.

Neles ocorre a separação do licor verde de impurezas oriundas do processo, que são chamadas de dreg's. Este material causa muitas complicações nos demais equipamentos da planta caso não seja removido nesta etapa do processo. Após a filtragem a solução de dreg's é encaminhada a um tanque e posteriormente bombeada até um separador centrífugo, que os separa da água alcalina em que estão diluídos. A água alcalina é reutilizada no processo e os dreg's são encaminhados ao aterro para descarte.

É neste ponto que se encontra o problema a ser solucionado. A indisponibilidade da centrífuga gera num primeiro momento impacto ambiental, uma vez que ocorre o envio de água alcalina para o aterro, porém em situações similares a esta a planta é paralisada antecipadamente. O segundo problema, é que devido a baixa capacidade do tanque aonde a solução de dreg's é armazenada, na falta da centrífuga, a filtragem do licor verde dura somente alguns minutos. Neste cenário é preciso parar a planta da caustificação, e por tabela as demais unidades da fábrica em sequência, ou optar por não filtrar o licor, assumindo os danos que este produto indesejado irá causar nos demais equipamentos da planta.

2.3 DESDOBRAMENTO DE PERDAS

Após compreender onde o decanter centrífugo se situa e qual sua função no processo, foi preciso comprovar se realmente tratava-se de um gargalo de processo, e se existiriam ganhos com a aplicação de um estudo de MCC neste equipamento.

Foi preciso recorrer ao sistema de gestão de manutenção, a fim de se obter tais informações com detalhe. Através de relatórios gerenciais, foram levantados os custos de manutenção de todos os equipamentos da planta da Caustificação, onde está inserido o equipamento em estudo. Estes valores foram organizados em um diagrama de Pareto, mostrado no Gráfico 1.

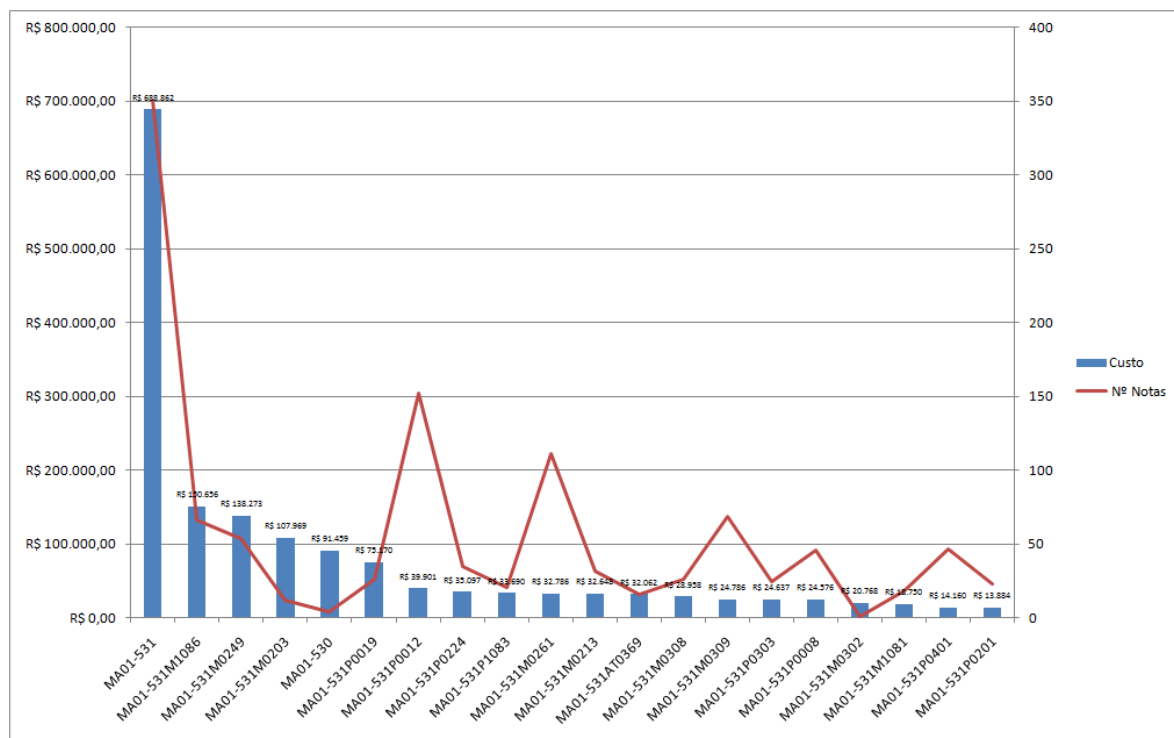


Gráfico 1 - Custos de Manutenção por equipamento na Causitificação
Fonte: Autoria própria

Analisando o gráfico, nota-se que a maior voz refere-se a um equipamento genérico (MA01-531). Este equipamento é utilizado quando se deseja realizar alguma atividade de manutenção em locais que não estão atrelados a um equipamento específico, portanto não é possível obter informações detalhadas e que ajudem na análise com este gráfico. Para isso, foi gerado um gráfico ajustado, onde os valores informados para equipamentos genéricos são desconsiderados.

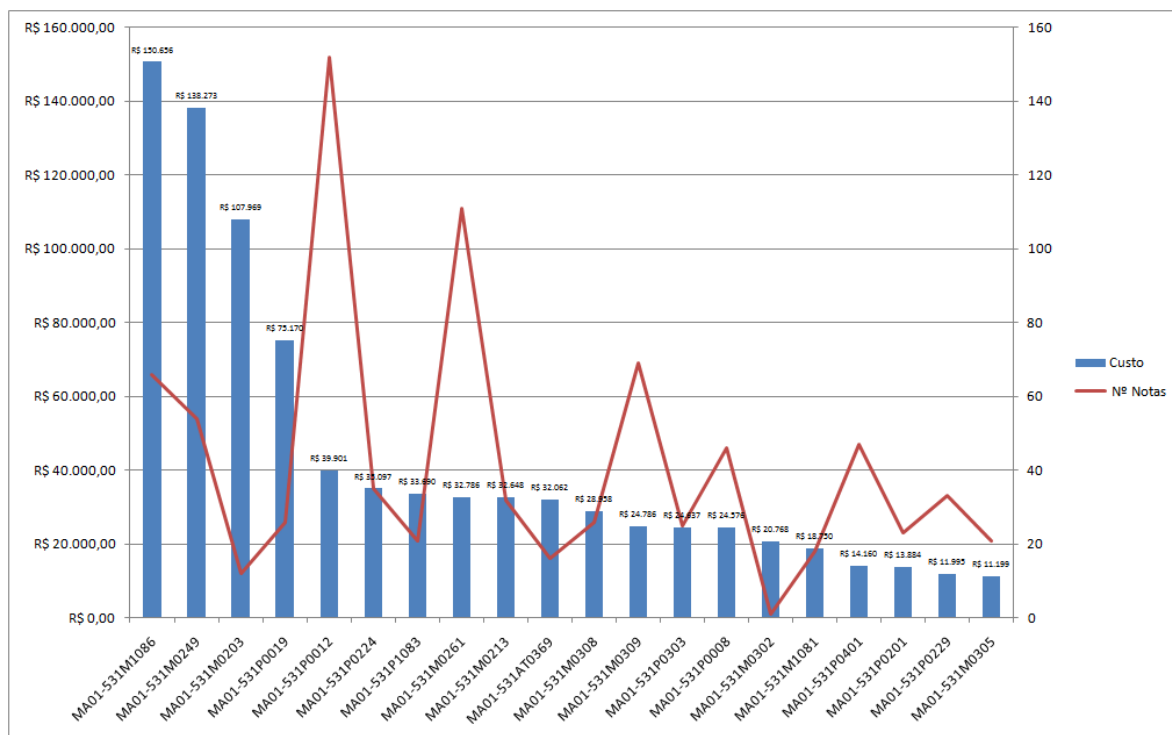


Gráfico 2 - Custos de Manutenção ajustado por equipamento na Causitificação
Fonte: Autoria própria

A partir do gráfico ajustado é possível notar que o decanter centrífugo é responsável por uma grande voz nos custos de manutenção do setor, aproximadamente R\$ 180.000,00.

Foi analisado também o número de notas de manutenção que foram abertas no período de um ano, a fim de se detectar quais equipamentos recebiam um grande número de intervenções da equipe de manutenção. Estas informações foram obtidas no mesmo sistema de gerenciamento de manutenção, e os resultados estão mostrados no gráfico 3.

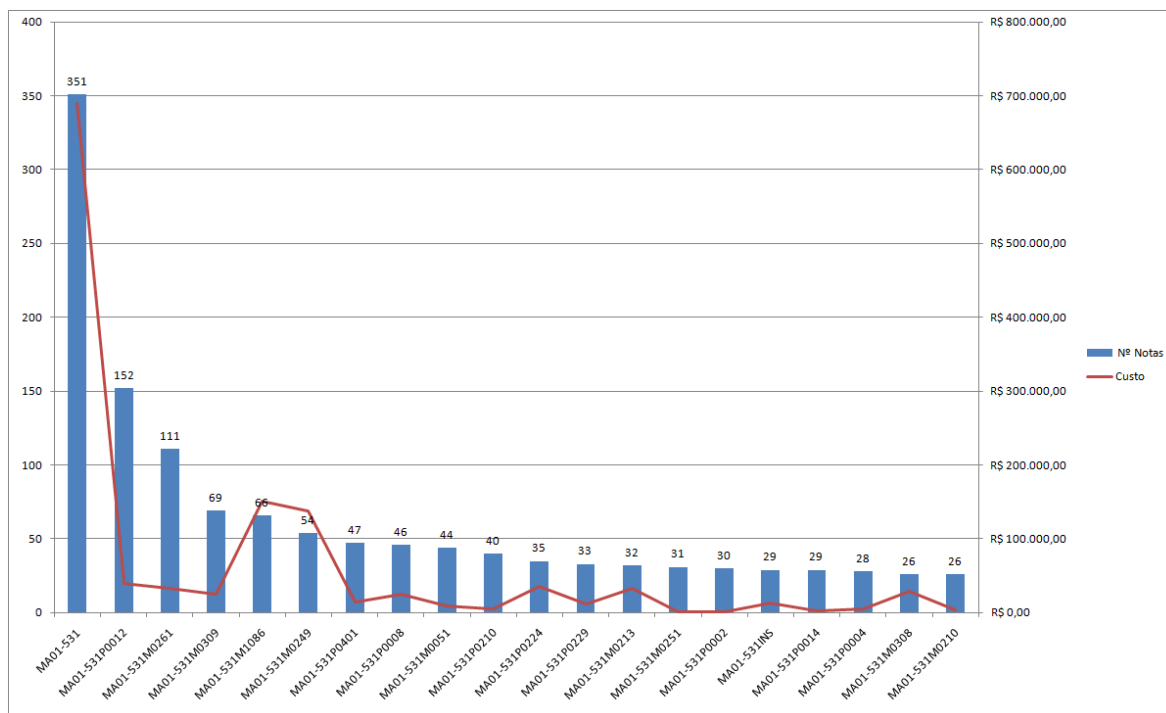


Gráfico 3 – Número de ocorrências por equipamento
Fonte: Autoria própria

A análise dos gráficos de custo e de número de intervenções nos dá subsídio para definir o decantador centrífugo como um equipamento crítico no quesito manutenção para a planta. Trata-se da maior voz no quesito custo, sendo responsável por R\$ 740.000,00 reais de manutenção no período de um ano, o que corresponde a 24% dos custos de manutenção da planta. Analisando o número de intervenções, trata-se da terceira maior voz, com 111 atividades de manutenção no período de um ano, o que corresponde a 9% do total.

Com essas informações foi comprovado que o decantador centrífugo consumia muitos recursos, tanto financeiros quanto de mão de obra, e portanto é viável a aplicação de um estudo de MCC, a fim de que seus resultados sejam aprimorados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será feita uma abordagem sobre a evolução da manutenção ao longo de sua história, bem como da metodologia de MCC, que é o tema que norteia este trabalho.

3.1 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO

Originalmente a manutenção consistia apenas em manter os equipamentos funcionando como foram projetados (FARIA, 1994). Atualmente além da preservação das condições de operação a área de manutenção também é responsável pelo desenvolvimento de melhorias de desempenho, auxiliando na otimização dos processos e na adaptação a novas programações na produção.

Segundo Hansen (2006), até pouco tempo a manutenção era vista somente como um fator de custos e de gastos, uma vez que essa atividade traduzia-se tão somente como substituição de peças, serviços realizados quase sempre em situações de emergência quando o equipamento já não mais estava em funcionamento, ocasionando os chamados *downtimes*, ou seja, tempos parados ou perdidos. Toda a produção poderia parar por falha ou defeito, acarretando elevados custos.

Segundo Capetti (2005), dentro do contexto de manufatura, com mudanças no processo industrial e enfatizando cada vez mais a produção enxuta, a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos são cruciais. Assim sendo, uma das principais áreas da indústria moderna é a manutenção que vem ganhando muito destaque nos últimos anos. (NAGAO, 1999).

Segundo Kardec e Nascif (1999), a partir dos anos 30 pode-se dividir a evolução da manutenção em três gerações. A primeira ocorre antes da Segunda Guerra Mundial, e é caracterizada por uma manutenção fundamentalmente corretiva, onde a produtividade não era fundamental.

A primeira geração abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e, na sua grade maioria, superdimensionados. Aliado a tudo isso, devido à

conjuntura econômica da época, a questão da produtividade não era prioritária. Conseqüentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada; apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após quebra, ou seja, a manutenção era, fundamentalmente, corretiva. (KARDEC e NASCIF, 1999, p. 4)

Ainda segundo o autor a segunda geração ocorre no pós-guerra e se estende até os anos 60. Nela inicia-se uma maior necessidade por produtividade e custo. Surge o conceito de manutenção preventiva.

Esta geração vai desde a Segunda Guerra Mundial até os anos 60. As pressões de período da guerra aumentaram a demanda por todo tipo de produtos, ao mesmo tempo em que o contingente de mão de obra industrial diminuiu sensivelmente. Como consequência, neste período houve forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais. Começa a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade, tudo isso na busca da maior produtividade; a indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas. (KARDEC e NASCIF, 1999, p. 4)

Kardec e Nascif (1999) defendem ainda que naquela época acreditava-se que as falhas poderiam ser evitadas, e deste pensamento surgiu o conceito de manutenção preventiva durante a década de 60. Eles dizem que àquele tempo esta manutenção era feita em intervalos fixos de tempo, o que gerou aumentos sensíveis em relação aos custos, se comparados aos custos operacionais. Devido a isto se intensificou também a quantidade de sistemas de planejamento e gestão da manutenção.

A terceira geração ocorre a partir da década de 70 e intensificam-se preocupações com qualidade e produtividade. Surge o conceito de manutenção preditiva.

A partir da década de 70, acelerou-se o processo de mudança nas indústrias. A paralisação da produção que sempre diminuiu a capacidade de produção aumentou os custos e afetou a qualidade dos produtos era uma preocupação generalizada. Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas Just-in-time, onde estoques reduzidos para a produção em andamento

significavam que pequenas pausas na produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica. O crescimento da automação e da mecanização passou a indicar que confiabilidade e disponibilidade tornaram-se pontos chaves em setores tão distintos quanto saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações. (KARDEC e NASCIF, 1999, p. 4)

Kardec e Nascif (1999) ainda dizem que este aumento da automação dos sistemas criou um cenário onde falhas frequentes afetam a capacidade de manter os padrões de qualidade. Em decorrência disso, consequências maiores também surgiram no que diz respeito à segurança e meio ambiente, muitas vezes impedindo a operação de uma empresa em caso de descumprimento de padrões mínimos. Nesta época reforçou-se o conceito de manutenção preditiva, e evidenciou-se uma grande interação entre a fase de implantação de um sistema (projeto, fabricação e instalação), com a disponibilidade e confiabilidade de operação.

3.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Para Mirshawka e Olmedo (1993), a manutenção é um grupo de atividades e recursos destinado a manter o desempenho em relação à disponibilidade, qualidade, prazos, custos e vida útil adequados das máquinas e equipamentos e sistemas do setor produtivo, exigindo para tanto, planejamento e adequação aos modelos de produção.

Uma visão mais positiva encara a manutenção como uma Ciência, uma arte ou uma filosofia, pois necessita de aplicação de conhecimentos diversos oriundos de todas as Ciências, de profissionais com aptidões e conhecimento técnicos, além de ser cuidadosamente planejada para a operação ou organização, desenhando ou modelando a efetividade alcançada (HANSEN, 2006).

Para que tais objetivos sejam alcançados é necessária a aplicação de diversas técnicas que foram desenvolvidas e aprimoradas ao longo dos anos, fruto da experiência das pessoas envolvidas na manutenção de equipamentos. Existem diversos tipos de manutenção sendo eles: corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção, manutenção centrada em confiabilidade e manutenção produtiva total. É possível considerar

também que existem somente dois tipos principais, sendo eles a corretiva e preventiva, e os demais tipos são derivados desses dois principais tipos.

Além disso, é muito comum também que ocorra algum tipo de confusão entre os envolvidos devido à nomenclatura empregada na definição dos tipos de manutenção. Segundo Kardec e Nascif (1999) isso se deve a características como a adoção de diferentes nomes empregados de uma indústria para a outra, neologismos derivado de traduções de termos em língua estrangeira e disseminação do nome dos tipos de manutenção nem sempre bem explicado, porém, ganha costume local ou particular. Apesar disso é importante conhecer solidamente os conceitos de cada tipo de manutenção para que no momento da escolha da técnica empregada esta seja a que se melhor encaixe nas necessidades da empresa.

3.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

É o método mais antigo de manutenção empregado nas indústrias. Segundo a NBR 5462 /1994 da ABNT é “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condição de executar uma função requerida”. Ela pode ocorrer de forma planejada ou não planejada.

Quando ocorre da primeira forma, depende da ocorrência do fato. Isso acarreta, porém, elevados custos devido à perda de produção inesperada do equipamento, um nível de dano potencialmente maior, mais gastos com estoque de peças de reposição, uma vez que não é possível saber qual parte será a causa do problema, bem como elevados riscos ambientais e de segurança, devido a um não planejamento da intervenção.

A manutenção corretiva planejada, porém, ocorre em função de um acompanhamento das características do equipamento. Assim, quando se tem uma manutenção planejada esta se torna mais barata, mais segura e mais rápida. Na indústria esse tipo de manutenção se limita a equipamentos que não apresentam uma falha significativa à funcionalidade da empresa.

3.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Tem o objetivo de reduzir ou evitar falhas ou perdas de rendimento em equipamentos, através de inspeção, ajuste, limpeza, lubrificação, troca de peças, calibração e reparos, obedecendo a um planejamento baseado em intervalos de tempo definidos. Segundo a NBR 5642/1994 da ABNT é a “manutenção efetuada em intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou degradação de funcionamento de um item”.

Sua principal aplicação ocorre em locais em que uma falha pode gerar uma catástrofe ou riscos ao meio ambiente, e plantas de operação contínua. Esse tipo de manutenção, porém pode gerar custos muito elevados caso seja adotada uma característica muito conservadora, uma vez que ocorrerão paradas desnecessárias bem como troca de componentes em boas condições operacionais.

3.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Se da através do acompanhamento de variáveis e parâmetros que indicam o desempenho de um equipamento, e portanto podem indicar qual o melhor momento para que se realize uma intervenção. Esses parâmetros são principalmente análise de vibração, calor, alteração de espessura, trinca e desgaste. Quando ocorre este tipo de manutenção podemos dizer que houve também uma manutenção corretiva planejada.

O monitoramento é realizado através de técnicas como análise de vibração, emissão acústica, análise de óleo, termografia, ensaios não destrutivos, medidas de fluxo, análise de motores elétricos, detecção de vazamento, monitoramento de corrosão, análise visual e de ruído.

Com a aplicação dessas técnicas é possível a obtenção de resultados como disponibilidade máxima do equipamento, planejamento eficaz da mão de obra, controle adequado de peças de reposição, segurança e qualidade. Para que isso seja alcançado é necessário um grande volume de recursos iniciais empregados, pois além do custo com os equipamentos de monitoração ser elevado, são necessários treinamento e qualificação adequados aos funcionários, uma vez que a

interpretação dos dados colhidos é de fundamental importância para a obtenção de resultados satisfatórios.

3.2.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA

Trata-se de um conceito extremamente novo, e muito pouco utilizado nas indústrias nacionais. Este método baseia-se na implementação de sistemas de comando e de proteção visando à detecção de falhas ocultas do sistema, uma vez que estas não são detectadas pelos operadores.

Com o sensível aumento de sistemas de instrumentação de comando e de controle automático nas indústrias ocorrido nas última década, tornou-se altamente vantajoso e necessário o emprego dessa técnica, visando sempre o aumento da confiabilidade operacional dos sistemas e não ocorrência de perdas de produtividade.

3.2.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

O termo engenharia de manutenção remete ao conjunto de atividades realizadas pelo profissional com o objetivo de garantir um aumento da confiabilidade operacional da unidade, bem como garantir níveis satisfatórios de disponibilidade dos equipamentos.

Objetiva-se com o emprego dessa técnica que se evite repetitivamente a manutenção em certos equipamentos da fábrica que apresentam problemas crônicos, melhoria da manutenibilidade dos equipamentos, melhorias de padrões como tempo médio entre falhas. Além disso, visa dar suporte tanto à área de projetos, quanto a área de compras, visando melhorias não somente na manutenção, mas também na operação e disponibilidade dos equipamentos.

3.3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Durante muitos anos a manutenção foi baseada na troca de componentes. Isso fazia com que a confiabilidade estivesse ligada diretamente ao tempo de

operação dos componentes. Isso também foi empregado na indústria aeronáutica por muitos anos, porém, a partir da década de 60 houve um aumento significativo da automação e da complexidade dos sistemas. Com essa mudança o custo da prática tornou-se extremamente elevada, e com o aumento da quantidade de passageiros transportados e um aumento das distâncias percorridas os padrões de confiabilidade requeridos por esse ramo da indústria também se intensificaram consideravelmente.

Isso levou a indústria a fazer uma análise crítica, visando adequar seus processos a nova realidade. Com isso notaram que, mesmo com um aumento da frequência da manutenção de certos componentes, não ocorria uma diminuição do tempo de falha dos mesmos. Segundo a norma SAE JA 1011F.S. Nowlan e H.F. Heap (1978) documentaram um relatório sobre que foi publicado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América do Norte no ano de 1978, e desde então esta metodologia tem sido utilizada para auxiliar na formulação de estratégias de manutenção de ativos físicos em quase todas as áreas do empreendimento humano organizado. Ao longo dos anos, contudo, a vasta utilização do termo RCM fez com que surgissem outros processos que se diferem do original proposto por Nowlan e Heap (1978) de modo que os objetivos alcançados não são como os propostos.

A aplicação da manutenção centrada em confiabilidade requer como maioria das técnicas modernas de manutenção um grau elevado de domínio do processo em análise. Além disso, recomendam-se alguns fatores que devem ser avaliados para implementação da técnica como, seleção do sistema, definição das funções e padrões de desempenho, determinação de falhas funcionais, análise dos modos e efeitos das falhas, histórico da manutenção e revisão da documentação técnica e determinação de ações de manutenção (políticas, tarefas, frequência).

3.3.1 ETAPAS PARA APLICAÇÃO

A aplicação de um estudo de RCM segue uma série de etapas, que podem variar de acordo com o nível de detalhamento que se deseja utilizar, bem como com a visão da empresa, dispendendo mais ou menos recursos, tanto financeiros quanto de pessoal para a implantação. Contudo existe uma linha mestra, com uma série de atividades que são indispensáveis para o sucesso do programa. Inicialmente existem sete perguntas que necessitam serem respondidas:

- 1 – Quais as funções e padrões de desempenho desejado do ativo em seu contexto atual?
- 2 – De que formas ele pode falhar ao deixar de cumprir suas funções?
- 3 – O que causa cada falha funcional?
- 4 – O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5 – Qual é a importância de cada falha?
- 6 – O que deve ser feito para prever ou prevenir cada falha (tarefas pró-ativas)?
- 7 – O que deve ser feito caso uma tarefa pró-ativa adequada não possa ser encontrada?

Porém para que todas estas questões sejam respondidas de maneira adequada, ou seja, com profundidade suficiente para que se alcance um resultado satisfatório com o estudo, é preciso reunir antecipadamente algumas informações. Tais informações devem ser documentadas e disponibilizadas a todos os participantes do RCM. São elas:

3.3.1.1 FUNÇÃO

Nesta etapa é preciso definir qual o contexto operacional em que está inserido o objeto de estudo. Todas as funções do mesmo devem ser identificadas, bem como seu padrão de desempenho.

3.3.1.2 FALHAS FUNCIONAIS

Para cada função listada inicialmente devem ser identificados todos os estados de falha associados.

3.3.1.3 MODOS DE FALHA

Todos os modos de falha que possuem potencial de causar uma das falhas funcionais listadas devem ser elencados nesta etapa. Por se tratar de um estudo

abrangente, devem ser listados os modos de falhas que já ocorreram, e foram mitigados, modos de falha que estão sendo tratados com métodos preventivos e preditivos, e também modos de falha que ainda não ocorreram, porém é razoável dizer que podem ocorrer.

3.3.1.4 EFEITO DA FALHA

Deve-se descrever o que pode ocorrer ao equipamento, ou seja, o efeito da falha, caso nenhuma atitude seja tomada a fim de prever, prevenir ou detectar a falha.

3.3.1.5 CATEGORIA DE CONSEQUÊNCIA DE FALHA

Visa fazer uma separação entre os modos de falha que envolve somente consequências econômicas, daqueles ligados a segurança ou meio ambiente. É feita também uma separação entre modos de falha ocultos e evidentes.

3.3.2 SELEÇÃO DE POLÍTICA DE GERENCIAMENTO DE FALHAS

Leva em conta o fato de que a probabilidade de falha de alguns componentes irá crescer com o decorrer do tempo, de outros irá se manter constante, e em alguns casos decairá no decorrer do tempo. Tendo isso em vista define-se qual a melhor política para gerenciamento das falhas, levando em conta que as mais atrativas são as que apresentam maior efetividade no tocante a custos.

3.3.3 TAREFAS PROGRAMADAS

Tarefas programadas para modos de falha que tenham consequências de segurança ou de meio ambiente devem ser agendadas de modo que reduzam a probabilidade de ocorrência a um valor definido como aceitável ao usuário.

Em ocasiões em que não envolvam segurança/meio ambiente, os custos diretos e indiretos com a execução da atividade devem ser menores que os custos diretos e indiretos da ocorrência da falha, caso contrário não se torna economicamente vantajoso.

3.3.4 FERRAMENTAS DE APOIO

Para a aplicação do estudo de RCM é necessário tomar parte de algumas ferramentas para apoiar o entendimento de como o equipamento analisado falha, bem como entender as causas que levam a falha.

3.3.4.1 ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA

A Análise de Modos e Efeitos de Falha, que é a tradução de FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) teve sua origem nas forças armadas americanas, originada da norma MIL-P-1629 (O'CONNOR, 1991). É uma ferramenta quantitativa definida como um método para análise de projetos utilizada para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha e determinar o efeito de cada uma delas sobre o desempenho do equipamento, baseado em um raciocínio dedutivo (HELMANN, 1997).

Usualmente utilizam-se tabelas que contém as informações necessárias para a utilização do FMEA. Estas tabelas contém informações como sistema e subsistema, equipamento, função, modo de falha, causa da falha, efeito da falha, consequências da falha, severidade, índice de ocorrência, detecção e grau de risco. Um exemplo de tabela é apresentado na tabela 1:

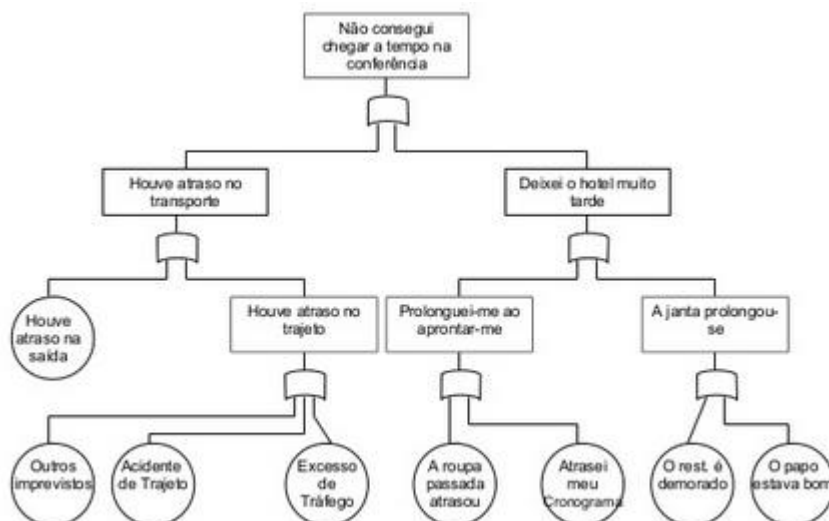


Figura 3 - Exemplo de árvore de falhas
Fonte: Autoria própria

3.3.5 EQUIPE DE IMPLANTAÇÃO

Para que se obtenha dessas respostas um leque de informações valiosas sugere-se que seja criada uma equipe multidisciplinar, envolvendo pessoas da manutenção, inspeção, operação e segurança, bem como um especialista em manutenção centrada em confiabilidade com o objetivo de ser um facilitador das atividades.



Figura 4 - Equipe de implantação do estudo de manutenção centrada em confiabilidade
Fonte: Autoria própria

É importante a participação dos especialistas do equipamento durante a implantação do RCM, uma vez que os mesmos que dominam o funcionamento e manutenção do equipamento, e sem eles muitas fontes de falha podem passar despercebidas (NUNES, 2001).

Contudo, é de extrema importância a participação de uma equipe multidisciplinar durante o desenvolvimento das atividades. Isto se deve principalmente a dois fatores. Primeiro devido ao fato de que pessoas externas ao cotidiano do equipamento ou sistema podem ter uma visão diferenciada, fora do padrão, e em alguns momentos isso pode ser um diferencial durante a implantação do estudo. Em segundo lugar, fatores como segurança, custo e meio ambiente precisam de uma definição detalhada, e isto pode ser obtido através dos especialistas nas respectivas áreas.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 INTRODUÇÃO

O objeto de estudo localiza-se em uma empresa de papel e celulose de fibra virgem, localizada no Estado do Paraná. Sua produção é dividida em três grandes grupos: Fibras, Máquinas de Papel e Recuperação e Utilidades, sendo cada uma delas responsável por uma das partes do processo de fabricação do papel. Na referida empresa são fabricados dois tipos principais de produtos, papel kraft, utilizado por outras empresas do grupo para fabricação de embalagens, e papel cartão, sendo este o mais rentável para a empresa, com uma grande parte sendo exportada.

4.2 ESTRUTURA DE MANUTENÇÃO DA EMPRESA

A estrutura de manutenção é dividida em duas grandes áreas, sendo GMA (Gerência de Manutenção), responsável pela manutenção direta nas áreas, e GEP (Gerência de Engenharia e Projetos) responsável pelas áreas de apoio à Manutenção. A GMA é composta pelas áreas MFIP (Manutenção de Fibras), que engloba a manutenção desde o recebimento de toras, processamento, cozimento e preparação de polpa. MAMP que garante a manutenção nas cinco máquinas de papel, cortadeiras e rebobinadeiras. MARU é zela pela manutenção da área de recuperação química e pelo fornecimento de água, ar comprimido, vapor e eletricidade para toda a fábrica, bem como tratamento dos rejeitos produzidos. Já a GEP engloba a oficina central, MMCC, responsável pela manutenção em equipamentos retirados da área, bem como fabricação de peças e dispositivos complexos. EMAN é composta pela área de Confiabilidade, Informações e Sobressalentes e Lubrificação. PPMA é a área de planejamento das atividades de manutenção de toda a fábrica. Finalmente EPMI, responsável por projetos e melhorias realizadas nas instalações.

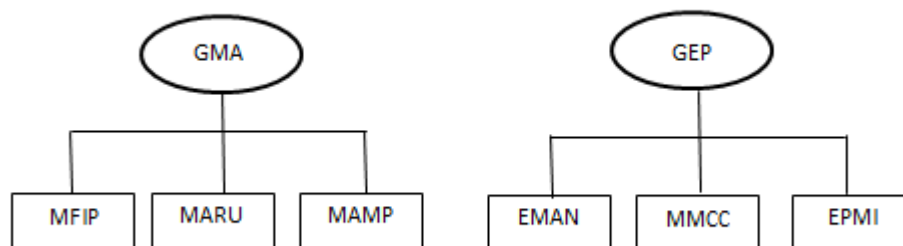


Figura 5 - Representação da estrutura de manutenção
Fonte: Autoria própria

4.3 IMPLANTAÇÃO DO ESTUDO

Conforme mostrado no Capítulo 2, através do desdobramento do número de quebras e do custo de manutenção foi escolhido um separador centrífugo como objeto de estudo para a implantação do estudo de MCC.

4.3.1 DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO

O primeiro passo realizado foi a definição da equipe de trabalho para implantação do estudo. Conforme mostrado pela literatura apresentada no Capítulo 2, foram convidadas pessoas de várias especialidades com o objetivo de formar uma equipe multidisciplinar, aumentando o leque de conhecimentos focados no equipamento. A equipe foi composta por um facilitador da área de confiabilidade, um eletricitista, um mecânico, um instrumentista, inspetor de equipamentos, eletrônico de sistemas, especialista no processo, e engenheiro de manutenção da área.

Apesar de não conter todos os membros recomendados pela literatura, a equipe era composta por diversas especialidades, e foi um consenso da equipe que a mesma possuía conhecimentos suficientes para a realização do estudo.

4.3.2 REUNIÃO INICIAL DE ALINHAMENTO

Após a equipe ter sido formada, a primeira reunião teve o objetivo de apresentar a todos os envolvidos os conceitos de confiabilidade aplicados ao MCC, a fim de equalizar o conhecimento de todos em relação ao estudo que estava sendo iniciado.

Em um segundo momento foi elaborado um cronograma com as atividades a serem realizadas, com o intuito de ter uma previsão de conclusão do estudo em questão, haja vista que a implantação de estudos de confiabilidade na empresa também segue um plano mestre, e era necessário que o estudo no separador centrífugo estivesse de acordo com este plano. Foram previstas 12 reuniões para a conclusão do estudo.

Em um terceiro momento foram definidas as necessidades de materiais técnicos sobre o equipamento para apoio durante o estudo, de acordo com cada especialidade, além de uma apresentação sobre o funcionamento do equipamento inserido no processo pela operação.

Neste momento também foi apresentado o software que serviu de suporte a implantação do estudo, EngfazPro.

4.3.3 DEFINIÇÃO DA FUNÇÃO E PADRÃO DE DESEMPENHO

O primeiro passo, e essencial do estudo, é a definição da função do equipamento, e qual é a fronteira do estudo, uma vez que se estes passos não forem bem definidos o resultado pode não ser de sucesso.

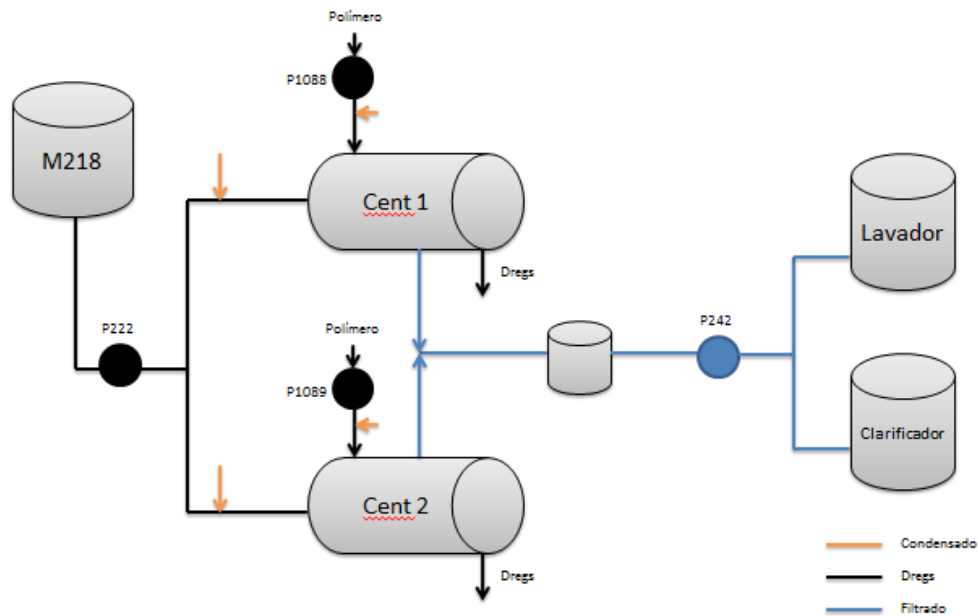


Figura 5 - Layout do sistema de separação de dregs

Após a análise dos materiais que foram coletados pela equipe e pela análise do layout do processo definiu-se como a função do equipamento:

- Separar dregs (resíduos sólidos) da água alcalina, a uma concentração de entrada de 1% a 2,5% de sólidos secos e saída de 30% de sólidos secos, e a uma vazão máxima 30 m³/h, com limpeza automática a cada 360 minutos.

Tendo definido a função do sistema e suas fronteiras foi possível prosseguir para a próxima etapa do estudo.

4.3.4 DEFINIÇÃO DAS FALHAS FUNCIONAIS

Seguindo as etapas de implantação do estudo, foram definidas as falhas funcionais do sistema, levando em conta a função e os padrões de desempenho definidos anteriormente. Conforme dito anteriormente, é de extrema importância a definição adequada da função do equipamento, uma vez que a partir dela todo o estudo se desdobra. Para o sistema estudado foram definidas quatro falhas funcionais, sendo elas:

- Não separar água alcalina dos resíduos sólidos
- Separar água alcalina dos resíduos sólidos em vazão inferior a 20 m³/h

- Separar água alcalina dos resíduos sólidos com concentração de saída inferior a 25% de sólidos secos
- Não efetuar o processo de limpeza automática adequada

4.3.5 DEFINIÇÃO DOS MODOS DE FALHA

Após a definição de quais são as falhas funcionais do sistema, foram listadas todos os modos de falha que podem levar a ocorrência das falhas listadas. Neste momento é importante considerar todos os modos de falha que podem ocorrer, mesmo que eles não tenham sido evidenciados até o momento. Analisando cada uma das quatro falhas funcionais, foram definidos vinte modos de falha, sendo eles:

- Falha na rosca de extração
- Falha no tambor
- Falha na alimentação da solução de dreg's da centrífuga
- Falha na drenagem de água alcalina
- Falha no motor principal
- Falha nos sensores de velocidade
- Quebra das correias do acionamento principal
- Falha das correias do acionamento do tambor
- Falha no redutor planetário
- Falha no conjunto de transmissão (polias tambor)
- Alta concentração da solução de dreg's
- Dosagem inadequada de polímero
- Falha operacional devido a *set up* inadequado
- Falha na válvula de alimentação de condensado (limpeza contínua)
- Alimentação da solução de dreg's com concentração inferior a 1%
- Falha no ajuste de velocidade devido a parametrização do inversor
- Interrupção ou bloqueio indevido do processo de limpeza automático
- Utilização de água incorreta (industrial em vez de condensado)
- Quebra ou obstrução do duto de alimentação de água de lavagem
- Falha na válvula de alimentação de dreg's

4.3.6 DEFINIÇÃO DAS AÇÕES

Após terem sido definidas toda a falha potencial do sistema entra-se na fase de definição das ações mitigadoras das falhas. Neste momento é preciso que se definam quantas ações forem necessárias a fim de que a falha em questão não venha a ocorrer. No sistema em estudo as vinte falhas potenciais se desdobraram em 74 ações, de manutenção, lubrificação, inspeção e operação. Estas ações estão listadas nos apêndices do estudo. Outro ponto importante neste momento é a definição de responsável e prazo por cada ação, uma vez que por se tratarem de ações que evitam uma falha potencial, é de grande importância que elas sejam realizadas.

4.3.7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a conclusão do estudo, uma série de ações foi gerada, demandando a criação de procedimentos de manutenção elétrica, mecânica, de automação, instrumentação, procedimentos operacionais, planos de inspeção e lubrificação, criação de alarmes e controles visuais e revisão de política de sobressalentes. Uma vez que o volume de material produzido pelo estudo de manutenção centrada em confiabilidade é muito grande, é de extrema importância que toda esta informação fique agrupada em um só local, facilitando a consulta por qualquer pessoa que necessite de dados sobre o equipamento utilizado.

Foi elaborado um *book* com todos os procedimentos e materiais desenvolvidos, e distribuído aos participantes do estudo bem como aos envolvidos diretamente com a operação e manutenção do equipamento, a fim de agilizar o processo de procura de informações relativas ao equipamento.

Os objetivos específicos do equipamento também foram alcançados:

- Foram expandidos os conceitos da ferramenta de manutenção centrada em confiabilidade a diversos constituintes da empresa
- Reduzido número de quebras e aumentada a disponibilidade do decantador centrífugo
- Delimitados os padrões de funcionamento do equipamento

- Implantadas ações de manutenção preventiva, preditiva e de inspeção no equipamento
- Reduzidos os custos de manutenção

Analisando o número de quebras do equipamento antes do estudo, pode-se notar que é um item de alta criticidade, uma vez que é o equipamento responsável pelo maior custo de manutenção da área, totalizando R\$ 740.000,00, e é o terceiro em número de intervenções, com 111 ocorrências, analisando o período de um ano.

Fazendo uma análise de custo e número de ocorrências de um ano, após a implantação do estudo, podemos perceber um cenário de redução tanto de ocorrências quanto de custo de manutenção. Analisando os custos, houve uma redução para R\$ 126.000,00, cerca de 17% do que foi gasto no mesmo período antes do estudo. Olhando a quantidade de ocorrências, a redução não foi tão significativa, existindo 85 notas de manutenção no período, 76% do que no mesmo período antes do estudo. Contudo, é natural a redução no número de ocorrências não tenha uma queda tão significativa, uma vez que a quantidade de inspeções, rotas de lubrificação, entre outros no equipamento subiu muito. Contribuindo para o resultado, não foi registrada nenhuma quebra (parada não programada) do equipamento no período analisado.

Comparando estes resultados com o que se busca da manutenção citado acima, pode-se dizer que o estudo de manutenção centrada em confiabilidade alcançou seu objetivo, reduzindo custos, melhorando a disponibilidade, e aumentando o conhecimento dos envolvidos com o equipamento.

Olhando para os objetivos do trabalho, o objetivo geral foi alcançado, uma vez que a ferramenta foi aplicada, o número de quebras foi reduzido e houve aumento da disponibilidade do equipamento.

5 CONCLUSÃO

O objetivo da manutenção é garantir a máxima disponibilidade dos equipamentos do parque fabril, a um custo condizente com o negócio, e garantindo a segurança de seus empregados. A MCC por sua vez precisa estar alinhada com estes preceitos. Logo, não faz sentido algum que seja dispendida energia, tempo e recursos para a realização de um estudo que não traz os resultados buscados acima. Neste capítulo será analisado como se comporta a quantidade de quebras do equipamento antes e depois do estudo, bem como se existem mudanças sensíveis nos valores empregados na manutenção do equipamento.

Com o atingimento dos objetivos do trabalho, é sensato dizer que é viável expandir tal estudo para os demais equipamentos da empresa, uma vez que o retorno tem grande potencial, uma vez que a redução de custo tem grande destaque, e ocorre em um período de tempo curto. Em contrapartida, é importante a conscientização da liderança da empresa relativa aos ganhos da implementação da manutenção centrada e confiabilidade, mantendo os investimentos e apoiando a expansão da ferramenta.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. (modelo de referência com autoria coletiva)

ANDRADE, M. M. **Competências requeridas pelos gestores de Instituições de ensino superior privadas**: um estudo em Curitiba e região Metropolitana. 2005. 173 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2005. (modelo de referência de dissertação).

BARROS, A. J. S; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia**: um guia para a iniciação científica. 2. ed. São Paulo: Makron, 2000. (modelo de referência de livro com subtítulo e edição)

CÓDIGO de Catalogação Anglo-Americano. 2. ed. São Paulo: FEBAB, 1983-1985. (modelo de referência sem autoria - entrada pelo título da obra).

MONTEIRO, S. Breve espaço entre cor e sombra: o romance da maturidade literária de Cristóvão Tezza. **Revista de Letras**, Curitiba (PR), v. 13, n. 11, p. 183-200, dez. 2009. (modelo de referência de artigo de periódico).

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): Análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

RENAUX, D. P. B.; et al. Gestão do conhecimento de um laboratório de pesquisa: uma abordagem prática. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DO CONHECIMENTO. 4., 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUC-PR, 2001. p. 195-208. (modelo de referência de trabalho publicado em evento).

SALES, G. **Produção de Papel**. Telêmaco Borba, 2009. Material para treinamento interno.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2009. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/documentos/normas_trabalhos_utfpr.pdf>.

Acesso em: 11 nov. 2011. (modelo de referência de material disponível na versão eletrônica).

WYREBSKI, Jery. **Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado. 1997.** 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

APÊNDICE A

ORÇÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistêmica		DATA EMISSÃO 23/05/2016					
PILAR:		Melhoria Contínua		PÁGINA 1					
PRODUTO:		PMCC		VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO					
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC							
EQUIPAMENTO: 53103244 - Centrífuga 2				PMCC: 21					
TAG LÓGICO: CEN53103244									
EQUIPAMENTO PAI: -									
FACILITADOR: Pedro Henrique Cantelli Gonçalves									
Função	Falha	Modo de Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão	%
1 - Separar drechs (resíduos sólidos) da água alcalina, a uma concentração de entrada de 1% a 2,5% SS e saída de 30% SS, e a uma vazão máxima de 30 m³/h. Com limpeza automática a cada 360 minutos.	1 - Não separar água alcalina dos resíduos sólidos.	1 - Falha na rosca de entrada	O-8 G-10 D-4 320 - Moderado	1 - Desgaste nos vértices da rosca devido erosão, corrosão.	1 - Critar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir a inspeção visual na camada de revestimento dos vértices nas manutenções preventivas e/ou corretivas (intervenções na MMCC).	O- G- D- 0 -	Sandro Cassiano dos	09/08/2015	
				2 - Quebra dos vértices da rosca devido contato com o tambor (quebra da solda da barra de proteção de desgaste contra a câmara)	1 - Critar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir a inspeção da solda da barra de proteção.		Sandro Cassiano dos	09/08/2015	
				4 - Quebra dos vértices devido entrada de corpo estranho (vindo do processo ou componentes internos - Ex. alimentador)	1 - Critar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir a inspeção da solda do tubo de alimentação (garantir que não despenca a ponteira).		Sandro Cassiano dos	14/08/2015	
				5 - Quebra do eixo central (suportação das hélices)	1 - Critar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir inspeção (ultrassom) no eixo. Periodicidade de 3 anos? (a confirmar)		Sandro Cassiano dos	14/08/2015	
				6 - Travamento da rosca devido entrada de carbonato junto com a solução de drechs.	1 - Critar procedimento e treinar operação: utilizar água industrial ou condensado no tanque dissolvidor da caldeira...		Edemilson Carneiro	16/06/2015	100
	2 - Falha no tambor		O-7 G-10 D-4			O- G- D-			

ORGÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistemica		DATA EMISSÃO 23/05/2016				
PILAR:		Melhoria Contínua		PÁGINA 2				
PRODUTO:		PMCC		VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO				
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC						
Função	Falha	Modo de Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão %
			250 - Baixo	3 - Quebra dos v ênticos da rosca devido contato com o tambor (quebra da solda da barra de proteção de desgaste contra a camisa)	1 - Criar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir a inspeção da solda da barra de proteção.	0 -	Sandro Cassiano dos	14/08/2015
			5 -	Quebra/soltura dos parafusos de fixação entre segmentos (partes) do tambor	1 - Criar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir o torqueamento e colagem dos parafusos. Torque: Ver classe de pressão do parafuso Colagem: Loctite 221		Sandro Cassiano dos	14/08/2015
			7 -	Desbalanceamento do tambor por desgaste, excesso de sujeira (acúmulo de carbonato, etc)...	1 - Criar procedimento e treinar operação: utilizar água industrial ou condensado no tanque dissolvidor da caldeira.... 2 - Criar procedimento para lavagem manual sempre que a vibração atingir o alarme 1. 3 - Criar alarme visual para indicação de lavagem manual quando atingir o alarme 1		Edemilson Carneiro Luciana Benneemann	16/06/2015 100 15/07/2015
			8 -	Travamento do tambor devido quebra (ex.: caidear) rolamento entre eixo e catraca.	1 - Criar plano de inspeção para a centrífuga 2 - Criar plano de lubrificação com checklist de dosagem nas bombas automáticas		Fabio dos Santos Melo Daniel Leopoldino Elias Ailton Schlusaz	30/06/2015 14/08/2015 14/08/2015
	3 - Falha na alimentação da solução de dregs da centrífuga		O-2 G-2 D-1 4 - Muito			O- G- D- D -		

ORGÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistemica		DATA EMISSÃO 23/05/2016					
PILAR:		Melhoria Contínua		PÁGINA 3					
PRODUTO:		PMCC		VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO					
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC							
Função	Falha	Modo de Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão	%
			Baixo	2 - Quebra da placa (bloco) de distribuição de dregs devido desgaste, corrosão, falha na solda etc.	1 - Criar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir a inspeção da solda da placa de distribuição de dregs.		Sandro Cassiano dos	16/08/2015	
		4 - Falha na drenagem de água alcalina	O-7 G-2 D-3 42 - Muito Baixo	1 - Entupimento dos drenos (3 coletores) por dregs ou carbonato 3 - Drenagem Ineficiente devido falha no dimensionamento/montagem dos segmentos do disco de controle de nível	1 - IDEM AS SOLUÇÕES PROPOSTAS NO ITEM 1.1.2.7 1 - Criar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir o detalhamento de montagem dos discos de controle de nível	O- G- D- 0 -	Edemilson B. Camargo	18/06/2015	100
		6 - Falha no motor principal (531M261)	O-7 G-10 D-4 280 - Baixo	1 - Queima do motor devido a conexão (ligação e fechamento) errada ocasionado pela má identificação ou por erro humano 2 - Queima do motor devido desgaste (natural ou forçado) 3 - Queima do motor devido umidade	1 - Criar procedimento sobre a montagem correta do motor 2 - Treinar todos os eletricitistas no procedimento de ligação 3 - Inserir treinamento na matriz de conhecimento dos eletricitistas 1 - Criar plano de inspeção do motor principal em bancada na oficina elétrica. 1 - Criar/revisar procedimento para vedar caixa de ligação do motor	O- G- D- 0 -	Nestor Roberto Nestor Roberto Nestor Roberto Nestor Roberto Nestor Roberto	17/07/2015 17/07/2015 17/07/2015 16/08/2015 21/08/2015	

ORGÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistêmica		DATA EMISSÃO 23/05/2016					
PILAR:		Melhoria Contínua		PAGINA 4					
PRODUTO:		PMCC		VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO					
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC							
Função	Falha	Modo de Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão	%
1 - Separar dreje (resíduos sólidos) da água alcalina, a uma concentração de entrada de 1% a 2,5% SS e saída de 30% SS, e a uma vazão máxima de 30 m³/h. Com limpeza automática a cada 360 minutos.	1 - Não separar água alcalina dos resíduos sólidos.	6 - Falha no motor principal (531M261)	O-7 G-10 D-4 280 - Baixo	4 - Queima do motor devido falha de vedação na caixa de ligação	1 - Idem Item 1.1.6.3 2 - Criar e treinar operação para ser cuidados com água no motor durante a limpeza da área	O- G- D- D-	Etemilson Carneiro Nestor Roberto	21/08/2015 21/08/2015	
				7 - Queima do motor devido deficiência na ventilação	1 - Inserir verificação visual da ventilação do motor no checklist do GIGA. (Ex.:obstrução da ventoinha, aumento de temperatura).		Luciana Benemann	21/08/2015	
				9 - Quebra do rolamento por falha de lubrificação	1 - Criar/revisar plano de lubrificação para o motor principal		Ailton Schlusaz	30/08/2015	
				10 - Queima do motor por parametrização errada do inversor	1 - Criar/revisar instrução de trabalho para parametrização do inversor		Fabio dos Santos Mello	21/08/2015	
				11 - Quebra do rolamento por desgaste (vida útil)	1 - Criar / revisar plano de inspeção preventiva (rota de inspeção de vibração)		Daniel Leopoldino Elias	30/08/2015	
		8 - Falha nos sensores de velocidade	O-7 G-10 D-3 210 - Baixo	2 - Excesso de sujeira	1 - Criar procedimento de manutenção da centrífuga e inserir avaliação de condição/limpeza dos sensores	O- G- D- D-	Sandro Cassiano dos	23/08/2015	
				6 - Sensor desajustado devido montagem incorreta	1 - Criar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir a correta montagem (posição, alinhamento etc.) dos sensores		Nestor Roberto	23/08/2015	
				7 - Desprendimento do sensor devido excesso de vibração da centrífuga	1 - Criar procedimento de manutenção da centrífuga e incluir a correta montagem (posição, alinhamento etc.) dos sensores. Complementar com utilização de contra-porca para evitar desprendimento.		Nestor Roberto	23/08/2015	

ORGÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistemática		DATA EMISSÃO 23/05/2016				
PILAR:		Melhoria Contínua		PÁGINA 5				
PRODUTO:		PMCC		VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO				
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC						
Função	Falha	Modo de Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão %
	11 - Quebra das corneas do acionamento principal	1 - Desgaste natural	O-7 G-10 D-3 210 - Baixo		1 - Modificar proteção das corneas de forma a proporcionar inspeção visual. 2 - Incluir inspeção nas corneas no checklist do GIGA 19 3 - Criar plano de inspeção rotina da centrifuga (manutenção). Incluir inspeção das corneas. 4 - Tensão inadequada (excessiva ou deficiente) 5 - Desgaste da polia	O- G- D- 0 -	Jose Orlando Souza	12/09/2015
					1 - Treinar todos mantenedores no procedimento de montagem das corneas 2 - Incluir procedimento de manutenção da centrifuga e incluir a inspeção dos canais das polias (Revisão na MMCC) 3 - Criar plano de inspeção rotina da centrifuga (manutenção). Incluir inspeção dos canais das polias 6 - Montagem de cornea fora do especificado		Luciana Bernemann Jose Orlando Souza	12/09/2015 28/08/2015
					1 - Atualizar lista técnica levando em consideração as diferentes centrifugas 2 - Inserir controle visual na centrifuga com cornea identificação das corneas (Placa, marcador, etc.) 3 - Fazer um check na política de reposição de corneas (em especial para o modelo das corneas da Jumbo 3 e Jumbo 4)		Sandro Cassiano dos Jose Orlando Souza	28/08/2015 28/08/2015
					7 - Excesso de sujeira e contaminantes (umidade, graxa, químicos, etc.) 8 - Defeito nos canais da polia		Luciana Bernemann Luciana Bernemann Giorgio dos Santos Jose Orlando Souza	14/07/2015 13/08/2015 14/07/2015 31/07/2015
					1 - IDEM ITEM 1.1.11.1 1 - Criar procedimento de manutenção da centrifuga e incluir avaliação dos canais das polias.		Jose Orlando Souza	30/08/2015

ORGÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistêmica		DATA EMISSÃO 23/05/2016				
PILAR:		Melhoria Contínua		PAGINA 6				
PRODUTO:		PMCC		VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTEIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO				
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC						
Função	Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão	%
	12 - Falha das correias do acionamento do tambor	O-6 G-10 D-3 180 - Baixo	1 - Quebra das correias devido travamento do tambor	1 - IDEM AS SOLUÇÕES DO TAMBOR	O- G- D- O-		30/08/2015	
	2 - Falha no ajuste de tensão das correias (tensões diferentes para cada correia)		1 - Citar / anejar procedimento de instalação e montagem das correias.					
	14 - Falha no redutor planetário	O-5 G-10 D-4 200 - Baixo	1 - Falta de óleo no redutor	1 - Criar plano de lubrificação e inspeção de rotina da lubrificação para redutor planetário	O- G- D- O-	Jose Orlando Souza	30/08/2015	
			2 - Colocação de óleo fora da especificação			Ailton Schlusaz	30/08/2015	
			3 - Quebra dos rolamentos (por falta de lubrificação, por lubrificante errado, por vibração por temperatura, tempo de vida útil, por contaminação)	1 - IDEM ITEM 1.1.14.3.1			02/07/2015	
			5 - Quebra dos dentes do engrenamento (por falta de óleo, por contaminação, por desgaste, por má dimensionamento do pino de segurança, por falta de	2 - IDEM ITEM 1.1.14.3.2 3 - Criar nota de manutenção preventiva (avaliação de condição do óleo).		Ailton Schlusaz	02/07/2015	
						Ailton Schlusaz	30/08/2015	

ORGÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistemática			DATA EMISSÃO 23/05/2016			
PILAR:		Melhoria Contínua			PÁGINA 7			
PRODUTO:		PMCC			VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO			
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC						
Função	Falha	Modo de Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão %
1 - Separar dregs (resíduos sólidos) da água alcalina, a uma concentração de entrada de 1% a 2,5% SS e saída de 30% SS, e a uma vazão máxima de 30 m ³ /h. Com limpeza automática a cada 360 minutos.	1 - Não separar água alcalina dos resíduos sólidos.	15 - Falha no conjunto de transmissão (polias tambor)	O-5 G-10	1 - Desgaste dos dentes	1 - IDEM ITENS 1.1.14.3	O-	Ailton Schusaz	02/07/2015
		D-3 150 - Baixo	D-3 150 - Baixo	1 - IDEM AS SOLUÇÕES DO ITEM 1.1.11.	G- D- O -			02/07/2015
2 - Separar água dos resíduos sólidos em vazão inferior a 20m ³ /h.	1 - Alta concentração da solução de dregs	1 - Menor vazão de condensado na lavagem dos dregs nos filtros K7	O- G- D- O -	1 - Menor vazão de condensado na lavagem dos dregs nos filtros K7	1 - Criar procedimento operacional de lavagem dos filtros de k7	O- G- D- O -	Luciana Bernemann	07/08/2015
		2 - Alta remoção de dregs no tanque clarificador	1 - Modificar descarga de dregs que atualmente é do tanque clarificador para o tanque de dregs e enviar para o tanque equalizador				Rafael Luiz Macedo	09/07/2015 100
3 - Separar água dos resíduos sólidos com concentração de saída inferior a 25% SS (limpeza contínua)	11 - Falha operacional devido a set up inadequado	1 - Vazão de polímero incorreta setada pelo operador	O- G- D- O -	1 - Vazão de polímero incorreta setada pelo operador	1 - Criar procedimento para operação, preparo e dosagem de polímero	O- G- D- O -	Luciana Bernemann	07/08/2015
		2 - Preparo inadequado do polímero	1 - IDEM ITEM 1.2.1 Criar procedimento para operação, preparo e dosagem de polímero				Luciana Bernemann	07/08/2015
		3 - Danos na bomba dosadora (Ajuste de vazão ou danos no diafragma)	1 - Solicitar e verificar plano de manutenção do fornecedor para esta bomba					Luciana Bernemann
2 - Falha na válvula de alimentação de condensado (limpeza contínua)	11 - Falha operacional devido a set up inadequado	1 - Falha humana	O- G- D- O -	1 - Criar procedimento operacional da centrífuga. Proced. num. XXXXXXXX		O- G- D- O -	Luciana Bernemann	22/08/2015
		2 - Falha na válvula de alimentação de condensado (limpeza contínua)						

ORGÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistemica		DATA EMISSÃO 23/05/2016					
PILAR:		Melhoria Contínua		PÁGINA 8					
PRODUTO:		PMCC		VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO					
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC							
Função	Falha	Modo de Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão	%
			0 - 3 - Esquecer um possível force (A CONFIRMAR)		1 - Criar procedimento operacional e inserir item da correia operação vav uia de condensado 2 - Avallar e alitzar a lógica de operação da vav uia de entrada de condensado	0 -	Luciana Bernemann	22/08/2015	
			0 - 2 - Vav uia de limpeza aberta		1 - IDEM ao item 1.3.2.3	0 -	Fabio dos Santos Mello	07/08/2015	
			G- 3 - Alimentação da solução de dregs com concentração inferior a 1%			G- 1 - IDEM ao item 1.3.2.3	Luciana Bernemann	22/08/2015	
			D- 3 - Excesso de água na limpeza dos K7		1 - Criar procedimento de operação de limpeza dos K7	D- 1 - Criar procedimento de operação de limpeza dos K7	Fabio dos Santos Mello	07/08/2015	
			0 - 5 - Falha no ajuste de velocidade devido parametrização do Inversor		1 - Erro humano	0 - 1 - Criar procedimento de parametrização dos Inversores. Procedimento num.: XXXXXXXX	Luciana Bernemann	22/08/2015	
			G- 4 - Não efetuar o processo de limpeza automática adequado		1 - Erro humano de interromper o processo de limpeza	G- 1 - Criar procedimento operacional da centrifuga	Fabio dos Santos Mello	07/08/2015	
			D- 1 - Interrupção ou bloqueio indevido do processo de limpeza automático			D- 1 - Criar plano preventivo para a HV 611 - Plano Numero...XXXXXX	Luciana Bernemann	22/08/2015	
			0 - 2 - Falha na vav uia de condensado (rompimento do viti, falta de alimentação ou ar comprimido na vav uia)			0 - 1 - Criar procedimento operacional da centrifuga	Gilade do Nascimento	22/08/2015	
			3 - Limpeza temporizada by passada (esquecido em manual)			2 - Inserir alarme de operação em manual e após determinado tempo em permanencia alarmar novamente.	Luciana Bernemann	22/08/2015	
							Fabio dos Santos Mello	22/08/2015	

ORGÃO EMISSOR:		GPS - Gestão Produtiva Sistêmica		DATA EMISSÃO 23/05/2016			
PILAR:		Melhoria Contínua		PÁGINA 9			
PRODUTO:		PMCC		VIGÊNCIA 5 DIAS ÚTIS DO MÊS SUBSEQUENTE A DATA DE EMISSÃO			
SUB-PRODUTO:		Relatório de Ações de Bloqueio do PMCC					
Função	Falha	Risco	A.F.P.	Ação	R.P.S.	Responsável	Previsão %
	4 - Utilização de água incorreta (Industrial em vez de condensado)	O- G- D- 0-	1 - Perda de eficiência de lavagem devido temperatura da água	1 - Criar procedimento operacional e inserir condições de utilização de água Industrial em substituição do condensado (casos especiais).	O- G- D- 0-	Luciana Benemann	30/08/2015
	6 - Quebra ou obstrução do duto de alimentação de água de lavagem	O- G- D- 0-	1 - Quebra do duto por desgaste	1 - Inserir no checklist do giga Inspeção dos dutos de alimentação (centrifuga e água de limpeza)	O- G- D- 0-	Luciana Benemann	30/08/2015
	7 - Falha na válvula de alimentação de dregs	O- G- D- 0-		1 - Item 1.1.3	O- G- D- 0-		17/07/2015