

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA
TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

JOSÉ RENATO DA SILVA

**MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE APLICADA EM
SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL DE REBOBINADEIRA
VARIFLEX**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2013**

JOSÉ RENATO DA SILVA

**MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE APLICADA EM
SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL DE REBOBINADEIRA
VARIFLEX**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Tecnólogo em
Automação Industrial, da Coordenação de
Automação Industrial, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Trojan

PONTA GROSSA

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Automação Industrial
Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE APLICADA EM SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL DE REBOBINADEIRA VARIFLEX

Por

JOSÉ RENATO DA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 12 de setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Flavio Trojan, DSc
Prof. Orientador

Prof. Marcio Mendes Casaro, DSc
Membro titular

Prof. Murilo Oliveira Leme, MSc
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a Deus, pai misericordioso que sempre esta ao meu lado e por me privilegiar em exercer uma profissão.

Aos meus Pais, Oirasil e Zilda, que me deram toda a estrutura para que me tornasse a pessoa que sou hoje.

À minha esposa Rosiane por estar sempre presente na minha vida e pela sua paciência, amor, carinho e compreensão.

À minha filha Maria Clara pelo seu amor e carinho.

Aos professores do Departamento de Eletrônica pela oportunidade a mim concedida para realizar este trabalho em especial aos professores Msc. Murilo Oliveira Leme e Dsc. Flávio Trojan.

RESUMO

SILVA, José Renato da. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada em sistema de corte longitudinal de rebobinadeira Variflex**. 2013. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Automação Industrial – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

Este trabalho de pesquisa apresenta a implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em sistema de corte longitudinal da rebobinadeira de papel tipo Variflex que se encontra na fábrica de papel localizada interior do Paraná. Descreve sucintamente a metodologia MCC e as partes do processo da rebobinadeira bem como o processo de corte. Relata a importância de ter um sistema de corte operando com eficiência e por fim a metodologia implantada em todo sistema de posicionamento das facas e contra facas e os resultados obtidos.

Palavra - chave: Rebobinadeira de papel tipo Variflex, Manutenção Centrada em Confiabilidade, sistema de corte longitudinal.

ABSTRACT

SILVA, José Renato da. **Reliability Centered Maintenance applied system slitting rewinder Variflex**. In 2013. 55 s. Completion of course work. Technology in Industrial Automation - Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2013.

This research paper presents the implementation of Reliability Centered Maintenance system in slitting rewinder the paper type that is Variflex paper mill located within the Paraná. MCC briefly describes the methodology and the parts of the winder process and the cutting process. Reported the importance of having a system operating efficiency in cutting and finally the methodology implemented in any positioning system and the knives against knives and the results obtained.

Word - key: Rewinder paper type Variflex, Reliability Centered Maintenance, slitting system.

LISTA DE SIGLAS

Kgf/cm² – Kilograma força por centímetro quadrado

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

MSG3 - Maintenance Steering Group – 3

N.m – Newton metro

OEE - Overall Equipment Effectiveness

PLC - Programmable Logical Controller

PM – Plant Maintenance

SAP - Systems, Applications, and Products in Data Processing

VCC – Voltagem Corrente Contínua

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de curvas de falha	19
Figura 2: Curva P-F	21
Figura 3: Tipos construtivos de rebobinadeiras	25
Figura 4: Rebobinadeira tipo Variflex	26
Figura 5: Rolos de Carga Rebobinadeira Variflex	26
Figura 6: Princípio de carga e rebobinamento	27
Figura 7: Vista lateral do rolo jumbo na rebobinadeira	28
Figura 8: Vista Lateral da Seção de Corte	30
Figura 9: Bobinador	31
Figura 10: Posicionamento das facas e contra facas	32
Figura 11: Válvula solenóide 5/2 vias	36
Figura 12: Tela do programa SAP visão de materiais	45
Figura 13: Diagrama eletropneumático de acionamento do conjunto de corte	46
Figura 14: Lista técnica de materiais com vínculo	47
Figura 15: Lista de tarefas de manutenção no conjunto de corte	48
Figura 16: Instalação montada para teste de vazamentos em bancada	50
Figura 17: Custos com manutenção dos blocos de válvulas eletropneumáticas	51
Figura 18: Perdas de bobina por corte aveludado	52

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Saída das bobinas de papel da rebobinadeira	29
Fotografia 2: Desenrolador de rolos jumbo	30
Fotografia 3: Conjunto de facas e contra facas	33
Fotografia 4: Faca circular montada em pistão pneumático	34
Fotografia 5: Bloco de comando eletropneumático da contra faca.....	35
Fotografia 6: Bloco de comando eletropneumático da faca.....	37
Fotografia 7: Aprofundamento da faca na contra faca	41
Fotografia 8: Válvula direcional em manutenção.....	42
Fotografia 9: Parte de mangueira pneumática utilizada como junta	42
Fotografia 10: Juntas de vedação adaptado no bloco de válvulas	43
Fotografia 11: Juntas de vedação originais do bloco de válvulas	44
Fotografia 12: Instalação montada para teste de vazamentos em bancada	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA DA PESQUISA	11
1.1.1 Delimitação de Pesquisa	11
1.2 PROBLEMA	12
1.2.1 Pergunta a Ser Respondida	12
1.3 PREMISSE	13
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 Objetivo Geral	13
1.4.2 Objetivos Específicos	13
1.5 JUSTIFICATIVA	14
1.6 MÉTODOS DE PESQUISA	14
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	15
2.1.1 Modos de Falha	16
2.1.2 Efeitos da Falha	17
2.1.3 Conseqüências da falha	17
2.1.4 Curva de Falha	18
2.1.5 Aplicação da Manutenção na Visão da MCC	22
2.1.6 Implantação da MCC	23
2.2 DESCRIÇÃO DA REBOBINADEIRA	24
2.2.1 Seção de Corte Longitudinal	29
2.2.2 Desenrolador	30
2.2.3 Bobinador	31
2.2.4 Sistema de Corte com Posicionamento Automático	31
2.3 COMPONENTES DO CONJUNTO DE CORTE LONGITUDINAL	33
2.3.1 Pistão de Avanço e Recuo da Faca	33
2.3.2 Bloco de Comando Eletropneumático da Contra Faca	35
2.3.3 Bloco de Comando Eletropneumático da Faca	36
3 DESENVOLVIMENTO	38
3.1 ANÁLISE DO MODO DE FALHA	38
3.1.1 Detalhamento do Modo de Falha	40
3.1.2 Necessidade de Sobressalentes	41
3.1.3 Lista Técnica de Material Vinculado ao Local de Instalação	45
3.1.4 Planejamento de manutenção	47
4 RESULTADOS ALCANÇADOS	51
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

Toda produção de uma máquina de papel é enrolada na enroladeira, neste equipamento formam-se enormes rolos que são chamados de rolos jumbo, o nome é devido ao seu tamanho e peso, um jumbo tem 3,5 metros de diâmetro, 6,75 metros de comprimento e pesa em torno de 45 toneladas, devido a estas medidas e peso este grande rolo passa por um processo de transformação de rebobinamento em formatos menores onde seguirá para o processo de embalagem e armazenamento aguardando comercialização.

Este processo de transformação do rolo jumbo em bobinas menores é feito em rebobinadeiras de papel que em resumo é uma célula de transformação em linha com a máquina de papel.

Segundo Voith (2013), as rebobinadeiras são usadas para transformar os rolos jumbos que vêm da máquina de papel ou de cartão cortando longitudinalmente a folha em bobinas mais estreitas e adaptadas também em diâmetro para o processo posterior. Conforme o tipo de construção da estação de enrolamento da rebobinadeira, distingue-se entre rebobinadeiras com 1 ou 2 rolos suportes.

Os rolos jumbos devem estar livres de defeitos, terem faces laterais retas e apresentar uma boa estrutura de enrolamento. A dureza do enrolamento deve ser tão constante quanto possível ou ligeiramente decrescente a partir de dentro para fora.

O corte longitudinal através de facas circulares aprofundando no papel cartão e pressionando na contra faca é o que garante ao papel o corte livre de imperfeição como, por exemplo, o corte aveludado.

Corte aveludado é um defeito causado na bobina decorrente das falhas no sistema de corte entre a faca e contra faca, este problema impede com que a bobina prossiga para as etapas posteriores do processo causando retrabalho, pois será necessário o reprocessamento da mesma em áreas de acabamento destinado a esta tarefa.

Um dos maiores problemas encontrados nas rebobinadeiras de papel está relacionado à qualidade de corte da bobina e a falta de metodologia para fazer manutenção detalhada do sistema de corte longitudinal.

Neste trabalho de pesquisa será descrito a aplicação da metodologia MCC, Manutenção Centrada em Confiabilidade nos conjuntos de corte longitudinal de uma rebobinadeira de papel localizada em uma indústria de papel no interior do Paraná.

A aplicação da metodologia da MCC será de grande valia, pois não era praticada manutenção sistematizada e organizada através de um método e as perdas eram em torno de duas bobinas por tiragem até início de 2012. Perda de produção aumenta o custo, pois para uma planta ser produtiva esta deve ter o menor número de perdas possíveis.

Outro ganho foi de conquistar a motivação do pessoal de manutenção e produção, pois trabalhar com manutenção corretiva gera esforço, desorganização e custo elevado, pois a falta de planejamento em uma manutenção só traz atrasos e desconfiança por parte dos operadores da célula produtiva, e também pelo lado da produção a confiança de operar um equipamento confiável e seguro.

Espera-se que com a aplicação da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade para conjuntos de faca e contra faca de rebobinadeira de papel diminuam-se as ocorrências de falhas relacionadas bem como a desclassificação de bobinas por irregularidade do corte longitudinal.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Aplicar a Manutenção Centrada em Confiabilidade em sistema de corte longitudinal de rebobinadeira Variflex, utilizando suas ferramentas de abordagem do modo de falha, atuando na política de manutenção detalhada através de coleta de dados, plano de manutenção por tempo e condição, garantir sobressalentes e gestão dos mesmos e definir responsável ou mantenedor da célula de produção.

1.1.1 Delimitação de Pesquisa

O presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido na célula de produção Rebobinadeira de papel tipo Variflex, localizada em uma fábrica de papel no interior do Paraná.

Foi descrito as partes da Rebobinadeira, o que é o sistema de corte longitudinal, a consequência de uma imperfeição de corte, os ganhos e o resultados alcançados com a implantação da metodologia de manutenção MCC em sistema de corte longitudinal.

No início de 2012 o setor de instrumentação responsável pela manutenção eletropneumática da rebobinadeira iniciou os trabalhos para implantação da MCC nos ativos que compõem o sistema de corte longitudinal.

O corte do papel no processo de rebobinamento é um fator de maior relevância para o produto final, se o corte não for dentro de padrões aceitáveis para o analista da bobina esta se torna material fora de comercialização sendo reclassificada para etapa paralela de recuperação em setores de acabamento.

1.2 PROBLEMA

Aveludamento de corte longitudinal nas bordas das bobinas rebobinadas em rebobinadeira Variflex.

Quando um corte longitudinal não é tolerado dentro dos padrões aceitáveis, toda bobina é reclassificada, ou seja, esta bobina é enviada para o setor de acabamento aonde serão rebobinadas e retiradas as bordas laterais com o defeito.

Este reprocessamento gera custos para um processo produtivo, pois envolve toda uma logística e outro processo para reaproveitar a bobina em formatos menores para ser comercializada por menor valor.

1.2.1 Pergunta a Ser Respondida

É possível reduzir o problema de imperfeição do corte longitudinal com a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em um sistema de corte longitudinal de rebobinadeiras Variflex? Ou seja, é possível reduzir problemas com corte aveludado da bobina de papel?

1.3 PREMISSA

Com a Manutenção Centrada em Confiabilidade no sistema de acionamento eletropneumático das facas e contra facas da rebobinadeira acredita-se que a incidência de problemas com corte longitudinal da folha bem como a indisponibilidade do conjunto faca e contra faca possam ser reduzidos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Aplicar Manutenção Centrada em Confiabilidade no sistema de corte longitudinal em rebobinadeira Variflex.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Levantar dados dos componentes do acionamento eletropneumático das facas e contra facas;
- Criar metodologia de trabalhos de manutenção;
- Criar lista técnica dos principais componentes do acionamento das facas;
- Nomear os conjuntos de corte faca e contra faca com identificação da funções de acordo com normas 5.1 da ISA;
- Garantir a manutenção sistemática através de planos de manutenção por tempo e por condição no sistema de corte longitudinal;
- Fazer registro de ocorrências diariamente a cada turno;
- Apresentar os ganhos e resultados alcançados com a aplicação do método da MCC.

1.5 JUSTIFICATIVA

Através da implantação da metodologia da MCC no sistema de corte longitudinal da rebobinadeira Variflex localizada em uma indústria no interior do Paraná, acredita-se diminuir o problema de corte aveludado do papel nas bobinas.

1.6 MÉTODOS DE PESQUISA

O maior campo de pesquisa foram os livros relacionados aos tipos manutenção industrial existentes, também a internet utilizando para explorar artigos e catálogos dos componentes eletropneumáticos das facas e contra facas da rebobinadeira, manuais e artigos descritivos de aplicação da MCC em equipamentos, manuais e catálogos técnicos relacionados à rebobinadeira de papel.

Foi uma pesquisa exploratória com metodologia de trabalho científico aonde foi aplicada a Manutenção Centrada em Confiabilidade em sistema de corte longitudinal de rebobinadeira Variflex

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em mais 5 capítulos. No segundo capítulo foi descrito a revisão bibliográfica destacando a Manutenção Centrada em Confiabilidade, sua importância e também a descrição dos componentes uma Rebobinadeira Variflex. No terceiro capítulo o desenvolvimento e aplicação.

No quarto capítulo os resultados alcançados e por fim o quinto as conclusões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta um estudo bibliográfico sobre a metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), aplicações mais comuns, outros métodos de gestão de manutenção e descrição do funcionamento de rebobinadeiras de papel e sistema de corte longitudinal.

2.1 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Segundo Moubray (2000), a humanidade continua a depender de uma sempre crescente ampliação da riqueza gerada por negócios altamente mecanizados e automatizados. Nós também dependemos mais e mais de serviços tais como o suprimento ininterrupto de eletricidade ou trens que rodam no prazo. Mais que nunca estes dependem por sua vez na integridade continuada dos ativos físicos.

Contudo quando estes ativos falham, não somente esta riqueza é erodida e não somente são estes serviços interrompidos, mas nossa sobrevivência está ameaçada. Falha de equipamentos tem sido uma parcela em alguns dos piores acidentes e incidentes ambientais na história da indústria.

Como um resultado, os processos pelos quais estas falhas ocorrem e o que deve ser feito para gerenciá-las estão rapidamente se tornando prioridades muito altas, especialmente quando se torna mais firmemente aparente quantas dessas falhas são causadas pelas muitas atividades as quais supomos preveni-las.

A primeira indústria a enfrentar esta questão foi a indústria internacional de aviação civil. Fundamentalmente em pesquisa a qual desafia muitas de nossas mais firme e amplamente mantidas crenças acerca de manutenção, esta indústria desenvolveu uma metodologia estratégica completamente nova para assegurar que um ativo continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça. Esta metodologia é conhecida dentro da indústria de aviação como MSG3, e fora dela com Manutenção Centrada em Confiabilidade ou (MCC).

Segundo Moubray (2000), o método MCC implica em sete perguntas sobre cada um dos itens sob revisão ou sob análise crítica, como agir:

- quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
- de que forma ele falha em cumprir suas funções?
- o que causa cada falha funcional?
- o que acontece quando ocorre cada falha?
- de que forma cada falha importa?
- o que pode ser feito para predizer ou prevenir cada falha?
- o que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

O usuário dos ativos ou operador está usualmente na posição por saber exatamente que contribuição cada ativo produz para o bem estar físico e financeiro da organização como um todo, então é essencial que eles estejam envolvidos no processo MCC desde o início.

2.1.1 Modos de Falha

Segundo Moubray (2000), uma vez que cada falha funcional tenha sido identificada, o próximo passo é tentar identificar todos os eventos que são razoavelmente prováveis de causar cada estado de falha. Estes eventos são conhecidos como modos de falha. Modos de falhas incluem aquelas que ocorreram no mesmo equipamento ou em similar operando no mesmo contexto, as falhas que estão sendo atualmente prevenidas por um regime de manutenção existente, e as falhas que não aconteceram ainda, mas que são consideradas como uma possibilidade real de acontecer.

A maioria das listas de modos de falha incorpora falhas causadas por deterioração ou desgaste normal. Entretanto, a lista deve incluir falhas causadas por erros humanos (da parte de operadores e mantenedores) e falhas de projeto assim como todas as prováveis causas de falhas do equipamento podem ser identificadas e tratadas apropriadamente. Também é importante identificar a causa de cada falha em suficiente detalhe para assegurar que tempo e esforço não sejam jogados fora tentando tratar sintomas ao invés das causas.

As frases abaixo definem manutenção e Manutenção Centrada em Confiabilidade:

Manutenção é assegurar que os ativos físicos continuem a fazer o que os seus usuários querem que ele faça.

Manutenção Centrada em Confiabilidade é um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional.

2.1.2 Efeitos da Falha

Segundo Moubray (2000), efeitos da falha descrevem o que acontece quando cada modo de falha ocorre. Estas descrições devem incluir todas as informações necessárias para suportar a avaliação de conseqüências da falha, tais como:

- Qual a evidência de que a falha ocorreu
- De que modo ela coloca uma ameaça à segurança ou ao meio-ambiente
- De que modo ela afeta a produção ou operação
- Qual o Dano físico é causado pela falha
- O que deve ser feito para reparar a falha

O processo de identificar as funções, falhas funcionais, modos de falha e efeitos da falha fornece oportunidades surpreendentes e frequentemente excitantes para melhorar o desempenho e a segurança, e também para eliminar desperdícios.

2.1.3 Conseqüências da falha

Segundo Moubray (2000), uma análise detalhada de uma indústria de médio porte é provável de gerar entre três e dez mil modos de falha possíveis. Cada falha afeta a organização de alguma forma, mas, em cada caso, os efeitos são diferentes. Eles podem afetar as operações. Também podem afetar a qualidade do produto, serviço ao cliente, segurança e meio-ambiente. Todos irão levar tempo e requerer dinheiro para se reparar.

São essas conseqüências que mais fortemente influenciam o quanto nós tentamos prevenir cada falha. Em outras palavras, se uma falha tem conseqüências sérias, provavelmente iremos até muito longe para tentar evitá-la. Por outro lado, se ela tem pouco ou nenhum efeito então pode decidir não realizar rotina de manutenção além de limpeza e lubrificação básicas.

Uma grande força da MCC é que ele reconhece que as conseqüências das falhas são muito mais importantes do que suas características técnicas. De fato, ele reconhece que o único motivo para se fazer qualquer tipo de manutenção pró-ativa não prevenir cada falha em si mesma, mas prevenir, ou pelo menos diminuir, as conseqüências da falha.

O processo MCC classifica essas conseqüências em quatro grupos.

- Conseqüências de falhas ocultas: As falhas ocultas não têm impacto direto, mas expõem a empresa a falhas múltiplas com conseqüências sérias, freqüentemente catastróficas.
- Conseqüência sobre segurança e meio-ambiente: Uma falha tem conseqüências sobre a segurança se ela puder ferir ou matar alguém. Ela tem conseqüências sobre o meio-ambiente, se ela puder violar qualquer padrão ambiental, da empresa, regional ou federal.
- Conseqüências operacionais: Uma falha tem conseqüências operacionais se ela afeta a produção.
- Conseqüências não operacionais: Falhas evidentes que se enquadram nesta categoria não afetam a segurança nem a produção, portanto, envolve apenas o custo direto do reparo.

2.1.4 Curva de Falha

Segundo Kardec e Nascif (2009), o processo de MCC foi desenvolvido no setor de aviação comercial nos anos 70. Na época, a indústria de aviões comerciais experimentava cerca de 60 quedas (acidentes) por milhão de decolagens. Cerca de 40% desses eram atribuídos a falhas em equipamentos. As empresas estavam no início do desenvolvimento do Boeing 747, Douglas DC10 e Lockheed L1011. Com receio que esse nível de acidentes impactasse negativamente o crescimento da oferta, decidiram aumentar a quantidade de manutenção. Entretanto, elas acabaram descobrindo que, em muitos casos, aumento da manutenção trazia resultados piores.

O processo de Manutenção Centrada em Confiabilidade adota o modelo em que seis tipos de curvas de falha são utilizados para caracterizar a vida dos equipamentos, e não apenas a curva da banheira, que incluía a mortalidade infantil,

além da suposição de uma vida por certo intervalo de tempo, além do qual se tornava desgastados.

O conceito de que quanto mais velhos mais os equipamentos falham não é verdadeiro. Acreditava-se nisso pela freqüente associação do aumento de números de ciclos e de desgaste com o tempo. Quando temos partes em contato com o produto, como em bombas, correias transportadoras e refratários de fornos, é que esse conceito se torna verdadeiro. Mas esse é um modo de falha.

As seis curvas mostradas na figura 1 foram levadas pela United Airlines em uma pesquisa de 30 anos. Quanto mais complexos os equipamentos, mais são encontrados os padrões de falha D, E e F.

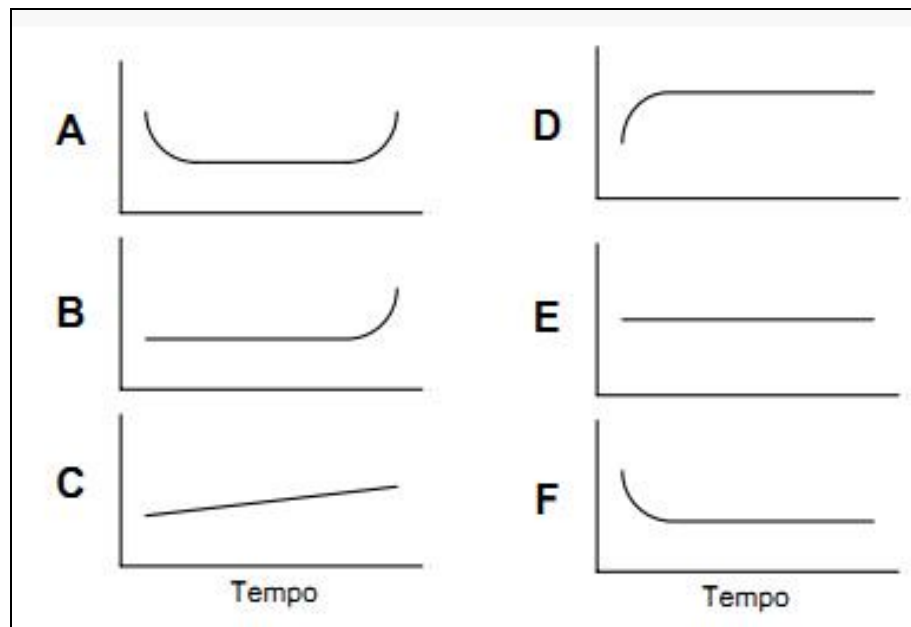


Figura 1 - Tipos de curvas de falha
Fonte: Kardec; Nascif (2009)

Segundo Kardec; Nascif (2009), uma breve análise das curvas indica que:

O padrão A é uma curva da banheira. Por este padrão há uma elevada ocorrência de falhas no início de operação do equipamento – mortalidade infantil ou falhas de início de funcionamento – seguida de uma freqüência de falha constante e um aumento devido à degradação ou desgaste do equipamento.

O padrão B apresenta probabilidade constante de falha seguida de uma zona de desgaste ao final da vida útil. Pode também apresentar ao invés de probabilidade constante de falhas um aumento gradual. Ocorre em equipamentos que estão em contato com o produto e fluidos de processo.

O padrão C apresenta um aumento lento e gradual na probabilidade de falha sem que haja uma idade definida ou identificada de desgaste. Ocorre onde há erosão, corrosão e fadiga.

O padrão D sugere uma baixa probabilidade de falha no equipamento novo seguida de um rápido aumento para um patamar de probabilidade de falha constante. Ocorre em sistemas complexos cuja manutenção é feita por técnicos altamente qualificados antes de serem substituídos por operadores menos qualificados. Exemplo típico são sistemas hidráulicos e pneumáticos.

O padrão E apresenta probabilidade constante de falha para qualquer idade do equipamento, ou seja, totalmente randômico com idade. Esse padrão aparece em muitos sistemas ou componentes onde não há trabalho de manutenção. Elementos rodantes de rolamentos e bulbos de lâmpadas incandescentes são exemplos típicos desse tipo de falha.

O padrão F apresenta alta probabilidade no início (mortalidade infantil) que cai para uma situação de probabilidade constante para as demais idades. Podem apresentar também um aumento lento e gradual, em vez de probabilidade constante. Isso é comum em sistemas complexos que estão sujeitos a ciclos de partidas e paradas, freqüentemente manutenções gerais e flutuações cíclicas de produção.

Os padrões D, E e F representam falhas típicas em equipamentos complexos, por exemplo hidráulicos ou eletrônicos.

Segundo Kardec; Nascif (2009), enquanto na 2ª fase da Manutenção se acreditava que o aumento de disponibilidade era garantido por algum tipo de manutenção preventiva, ou ainda, quanto mais era revisado menor a probabilidade de o equipamento apresentar falhas, a caracterização dos padrões de falha para equipamentos complexos (curva E e F) contradiz esta crença.

- Limites de idade não proporcionam aumento da confiabilidade.
- A adoção de revisões programadas pode introduzir defeitos.

Entretanto, ao verificar os aspectos das curvas A e B, conclui-se que a manutenção preventiva faz sentido para esses padrões. Isso é válido para máquinas mais simples e padrões de falha com idade de desgaste identificável.

Kardec; Nascif (2009) cita que as conseqüências das falhas influem decisivamente na definição sobre a adoção ou não de ações preventivas. Se as conseqüências da falha são significativas alguma coisa deve ser feita para evitar sua ocorrência ou minimizá-las.

As três formas de atuação são:

- Manutenção preditiva ou manutenção sob condição.
- Manutenção preventiva com tarefas programadas de restauração.
- Manutenção preventiva com tarefas programadas de descarte

Nas tarefas programadas sob condição, ou seja, manutenção preditiva está embutido o conceito de que a maioria das falhas fornece algum tipo de aviso. Costuma-se chamar esses avisos de falhas potenciais, as quais normalmente antecedem uma falha funcional.

Como o desenvolvimento da falha pode ocorrer no período que varia desde microssegundos até anos, a frequência de acompanhamento deve ser compatível, de modo a não haver desperdício de recursos.

As tarefas da manutenção sob condição devem estar baseadas no desenvolvimento do período da falha – também conhecido como *lead time to failure* ou intervalo P-F1.

Segundo Kardec; Nascif (2009), a MCC define:

Falha potencial como uma condição identificável e mensurável de uma falha funcional pendente ou em processo de ocorrência.

Falha funcional como a incapacidade de um item desempenhar uma função específica dentro de limites desejados de desempenho.

As unidades mais críticas devem ser verificadas com mais frequências do que as não-críticas. Assim, numa planta petroquímica a frequência de acompanhamento de bombas centrífugas, cujo posto de serviço tenha duas bombas uma principal e uma reserva, será menor do que a de um compressor centrífugo de grande porte que não tem reserva e é uma máquina mais complexa e de alto custo.

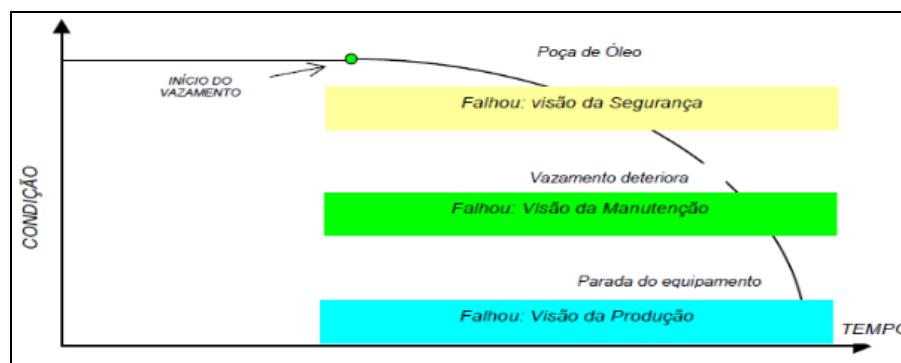


Figura 2 - Curva P-F
Fonte: Kardec; Nascif (2009)

A manutenção baseada na condição é mais eficaz e mais barata do que a preventiva – revisões a intervalos pré-fixados ou substituição.

A manutenção preventiva com tarefas programadas de restauração pode incluir a reforma ou a restauração de um item ou componente, sua refabricação ou ainda uma revisão a intervalos previamente definidos, independente da condição em que se encontre.

Manutenção preventiva com tarefas programadas de descarte inclui a substituição de um item ao final de uma vida útil definida, independente do estado desse item.

Este tipo de manutenção é bastante adotado na aviação.

2.1.5 Aplicação da Manutenção na Visão da MCC

Segundo Kardec; Nascif (2009), o estudo das conseqüências de falhas e a escolha das funções significantes de uma instalação são os requisitos exigidos pela Manutenção Centrada na Confiabilidade.

Em função da análise são definidos os tipos de manutenção que serão aplicados, incluindo-se a inspeção como tarefa de manutenção.

A tarefa de manutenção só tem sentido em ser executada se provocar resultados bastante positivos relacionados às conseqüências da falha.

Dentro desse prisma, uma tarefa de manutenção preventiva é tecnicamente viável, dependendo de sua característica técnica e de falha a que se destina a evitar.

Uma tarefa destinada a prevenir falha de função oculta é válida se conseguir reduzir o nível de falha associada à função. Se não houver meios de executar uma preventiva, deve ser executada tarefa de localização da falha, ou seja, revisões periódicas para verificar se o item consegue cumprir sua função.

- Outra solução seria reprojeter o item.
- Uma tarefa destinada a prevenir falha que tenha conseqüências sobre a segurança ou o meio ambiente só é válida se reproduzir a um nível baixo ou eliminar o risco da falha. Caso contrário, a melhor solução é reprojeter o item ou alterar o processo.
- Uma tarefa destinada a prevenir falhas operacionais só terá sentido se for economicamente viável. Em outras palavras, o custo da tarefa deve ser menor do que o custo das conseqüências da falha somado ao custo do

reparo. Caso contrário, é melhor não fazer nada. Convém lembrar que essa situação é uma decisão gerencial que define, em cima de dados econômicos, que a manutenção de um item só ocorrerá após falha e isso caracteriza uma manutenção corretiva planejada.

Finalmente, uma tarefa destinada a prevenir falhas (manutenção preventiva) de conseqüências não-operacionais só tem sentido ser realizada se o seu custo, durante um período de tempo, for menor do que o custo do reparo nesse mesmo período. Caso contrário, é melhor deixar falhar e fazer corretiva planejada, como no caso anterior.

Disso resulta que a manutenção preventiva só deve ser aplicada em situações onde necessidade esteja perfeitamente identificada e justificada.

2.1.6 Implantação da MCC

Segundo Kardec; Nascif (2009), a implantação de qualquer processo nas organizações deve ser apoiada pela alta gerência, de modo que haja comprometimento e sejam aportados os recursos necessários. Também como em outros processos, é necessária a participação de todos os níveis da organização.

Diversos autores recomendam que a implantação da MCC tenha um gestor, que atue nas diversas plantas. O grupo de análise da MCC é uma equipe multidisciplinar que deve contar com profissionais de operação, manutenção, inspeção e segurança.

Eventualmente podem ser chamados fabricantes de equipamentos e especialista em ensaio.

O processo de implantação da MCC envolve participação de diversas pessoas e alocação de tempo razoável para cumprir todas as suas etapas. Basta lembrar que é necessário entender como a planta funciona, analisar as causas das falhas, documentar, modificar planos existentes, trabalhar com indicadores para verificar os resultados, dentre outros.

Segundo Kardec; Nascif (2009), a MCC deve ser aplicada aos sistemas mais importantes prioritariamente, ou seja, naqueles que dão o maior retorno ou cuja falha implica maiores custos.

Manutenção Centrada em Confiabilidade atua diretamente na política ou forma de atuação da manutenção e a manutenção influencia diretamente os aspectos vitais do negócio – disponibilidade, segurança e integridade.

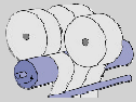
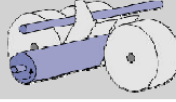
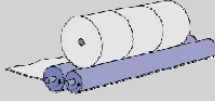
Definida a área, sistema ou equipamentos nos quais será aplicada a MCC é necessária a coleta de dados para análises pertinentes. O sistema de administração da manutenção é a fonte principal de dados para as análises da MCC, conforme mostrado no quadro 1.

Dados de Interesse da MCC	Dados que o Sistema Pode Fornecer
Custos mais altos de manutenção	Relatório de Custo por OS, área ou equipamento
Serviços realizados em emergência	Gráficos e relatórios de OS
Frequencia de falhas	Relatórios de TMEF (MTBF)
Downtime	Análise de ordem de trabalho Relatórios de indicadores por equipamento/sistema
Causas da das falhas	Relatórios de Falhas (padronizado)
Componentes que mais falharam	Apropriação nas OS Requisição de material indexada por equipamento, sistema ou unidade

Quadro 1 - Dados de interesse da MCC
Fonte: Kardec; Nascif (2009)

2.2 DESCRIÇÃO DA REBOBINADEIRA

As rebobinadeiras são usadas para transformar os rolos jumbos que vêm da máquina de papel ou de cartão cortando longitudinalmente a folha em bobinas mais estreitas e adaptadas também em diâmetro para o processo posterior. Conforme o tipo de construção da estação de enrolamento da rebobinadeira, distingue-se entre rebobinadeiras com 1 ou 2 rolos suportes, conforme a figura 3 (VOITH, 2013).

Fabricadas desde 1960		aprox. 2500 Rebobinadeiras	
VariTop™	1982 - 2004	115	
VariPlus™	1969 - 2003	175	
VariFlex™	1982 - 2003	293	

VOITH

Figura 3 - Tipos construtivos de rebobinadeiras
Fonte: Voith (2013)

Rolos jumbos devem estar livres de defeitos, terem faces laterais retas e apresentar uma boa estrutura de enrolamento. A dureza do enrolamento deve ser tão constante quanto possível ou ligeiramente decrescente a partir de dentro para fora.

Atualmente o maior fabricante de rebobinadeiras no mundo é empresa alemã Voith esta desenvolve rebobinadeiras desde os anos 60, é a empresa com maior volume de desenvolvimento e comercialização de maquinários destinados produção e acabamento do papel no mundo.

Desde os anos 60 desenvolveram-se tecnologicamente as rebobinadeiras para atender a demanda mundial de produção e acabamento de papel, seja qual for o tipo (VOITH, 2013).

No trabalho em questão está sendo estudado sobre aplicação de Manutenção Centrada em Confiabilidade para sistema automático de corte longitudinal de rebobinadeiras tipo Variflex a qual é uma marca registrada da empresa Voith.

Na figura 4, mostra a dimensão de uma rebobinadeira Variflex de grande porte.



Figura 4 - Rebobinadeira tipo Variflex
Fonte: Voith (2013)

Este tipo de rebobinadeira foi desenvolvido para rebobinar papel de gramatura entre 175 a 390 g/m², especificamente para papel cartão destinados à embalagem alimentícia e com velocidade até 2.700 m/min.

A construção mecânica desta rebobinadeira é dotada de dois rolos suporte de base os quais suportam todo peso das bobinas em seu enrolamento, conforme figura 5 (VOITH, 2013).

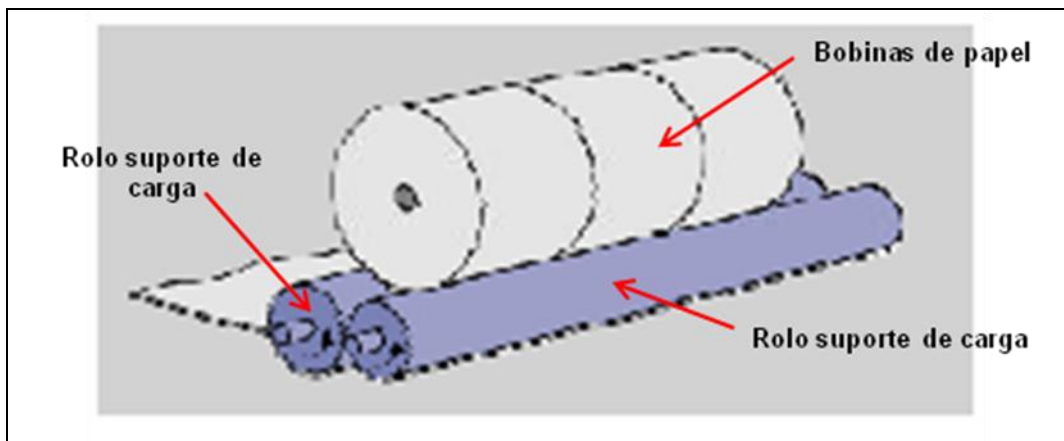


Figura 5 - Rolos de carga rebobinadeira variflex
Fonte: Adaptado de Voith (2013)

Toda engenharia construtiva da Rebobinadeira Variflex é dotado na tecnologia de rebobinar com tensão adequada e garantir corte longitudinal para transformação de rolo jumbo em bobinas menores, conforme figura 6 é demonstrada

a bobina apoiada nos rolos suporte com aplicação de carga hidráulica pelo rolo de carga.

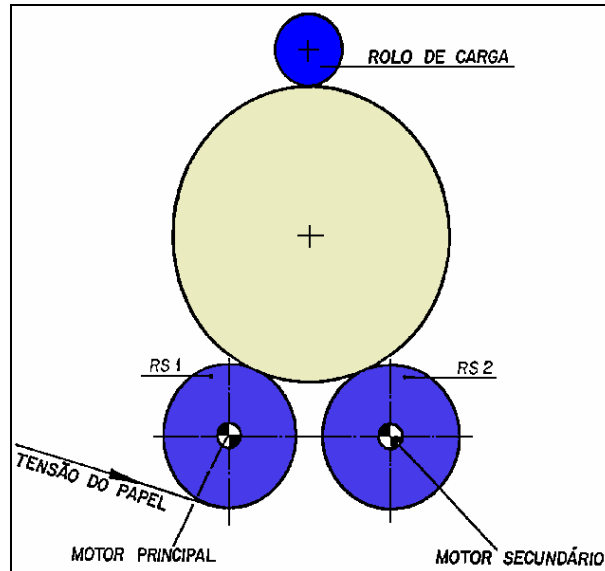


Figura 6 - Princípio de carga e rebobinamento
 Fonte: Adaptado de Voith (2013)

Como o produto de uma máquina de papel cartão são as bobinas por ela produzidas e não o rolo jumbo enrolado na seção de enroladeira, então a rebobinadeira é o último equipamento do processo de acabamento do papel, está irá transformar o rolo jumbo em bobinas menores as quais são vendidas de acordo com a necessidade do cliente.

Este rebobinamento é de suma importância, pois através da rebobinadeira é que será empregada a tensão mais uniforme possível, ou seja, uma dureza de enrolamento uniforme através de todo o diâmetro das bobinas com o objetivo de se obter bobinas homogêneas, ou em outras palavras, bobinas com densidade uniforme.

Dois rolos suporte, o rolo principal e o rolo secundário, são acionados por motor elétrico controlados por inversor de frequência onde este controla a tensão de esticamento da folha e imprime a velocidade do rebobinamento.

O rolo de carga, também chamado de rolo compressor, faz a compressão no rebobinamento garantindo a densidade das bobinas. Este rolo é controlado hidraulicamente por válvula de proporcionalmente controlado com referência da curva de tensão da folha (VOITH, 2013).

A densidade do enrolamento também é definida por:

- Tração da folha de papel
- Distribuição de forças periféricas entre os cilindros de carga
- Pressão de linhas nos NIP's
- Frenagem da bobina
- Pressão de encosto da bobina sobre o rolo
- Diferença de torque entre os rolos porta-bobina.

Todo sistema de desenrolamento é automatizado, e controlado por controladores de tensão em PLC Siemens, onde este recebe informações dos instrumentos de campo faz o processamento destas informações com referencia nos valores de referencia de tensão de tração da folha que é medido na unidade de N.m.

Este controle de tensão garante a qualidade do enrolamento das bobinas, a qualidade destas se resume em bobinas com densidade uniforme de dentro para fora.

Todo rolo jumbo é desenrolado entrando na seção de corte da rebobinadeira e convertendo em bobinas de menor largura e diâmetro, figura 7.

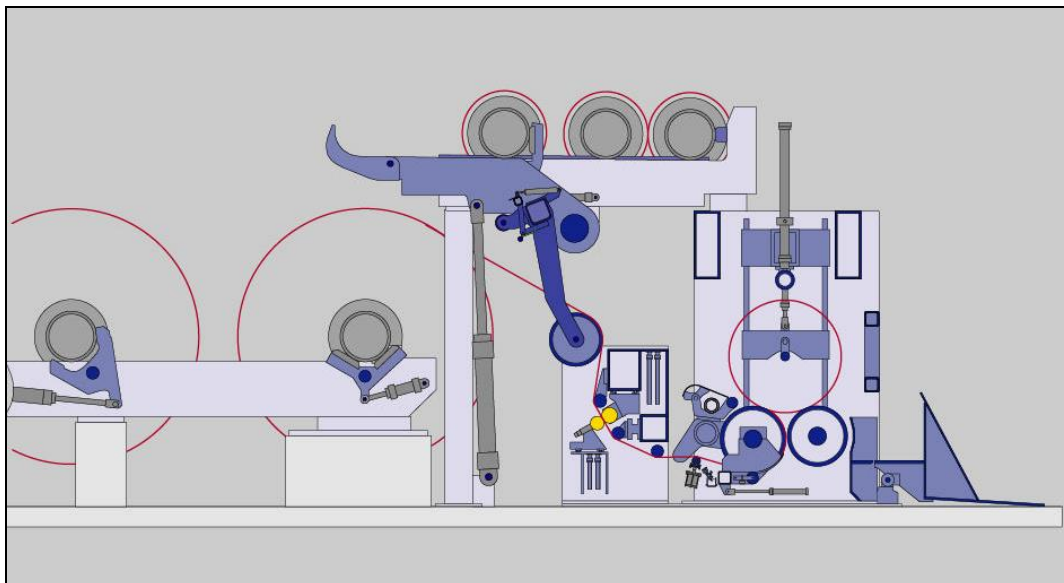


Figura 7 – Vista lateral do rolo jumbo na rebobinadeira
Fonte: Voith (2013)

Concluí-se que Rebobinadeira de papel não só rebobina o rolo jumbo que sai da máquina em bobinas de menor formato, ela determinará também a qualidade

do formato em que o papel é vendido, ou seja, garante que o fornecedor receba o papel em forma de bobina com qualidade de enrolamento.

Conforme fotografia 1 mostra a saída das bobinas rebobinadas na enroladeira.



Fotografia 1 – Saída das bobinas de papel da rebobinadeira
Fonte: Autoria própria

2.2.1 Seção de Corte Longitudinal

Esta é a seção de corte longitudinal da rebobinadeira é formada por elementos mecânicos, elétricos, eletrônicos e eletropneumáticos responsáveis pelo corte longitudinal no papel.

São eles:

- Rolo guia - papel
- Guia folha
- Contra faca de corte
- Faca de corte

Na figura 8 estão indicados os componentes de entrada na seção de corte.

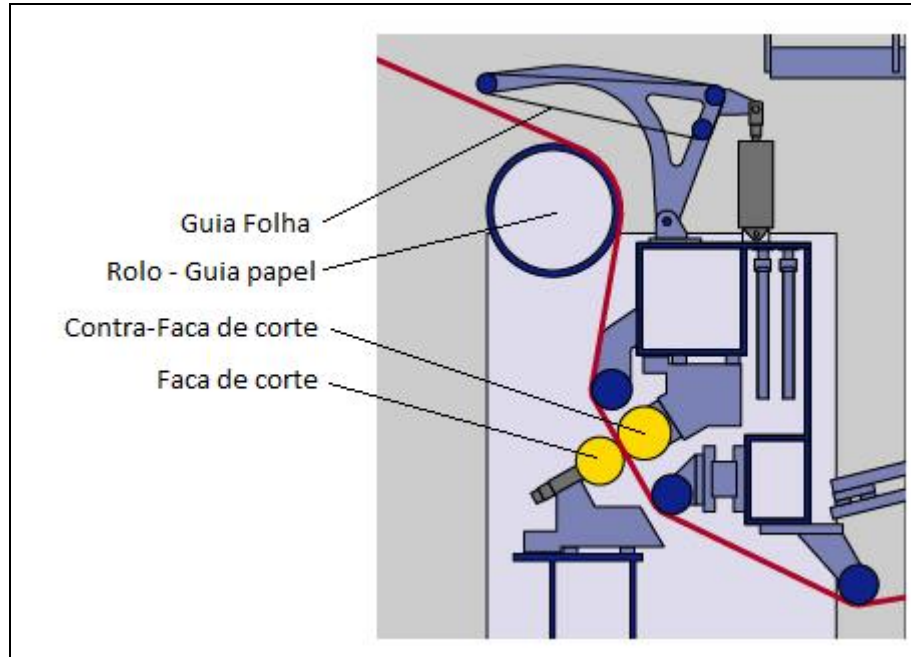


Figura 8 – Vista Lateral da Seção de Corte
Fonte: Voith (2013)

2.2.2 Desenrolador

No desenrolador de rolos jumbo, a folha contínua será desenrolada e mantida esticada este dispositivo faz o alinhamento axial da folha de papel (VOITH, 2013).

Na fotografia 2, temos uma vista do desenrolador de rolo jumbo antes de ser rebobinado na rebobinadeira.



Fotografia 2 – Desenrolador de rolos jumbo
Fonte: Autoria própria

2.2.3 Bobinador

Esta parte da rebobinadeira é responsável pelo rebobinamento das bobinas já em formato comercial após o corte longitudinal através das facas e contra facas.

Na figura 9, temos uma vista lateral do bobinador.

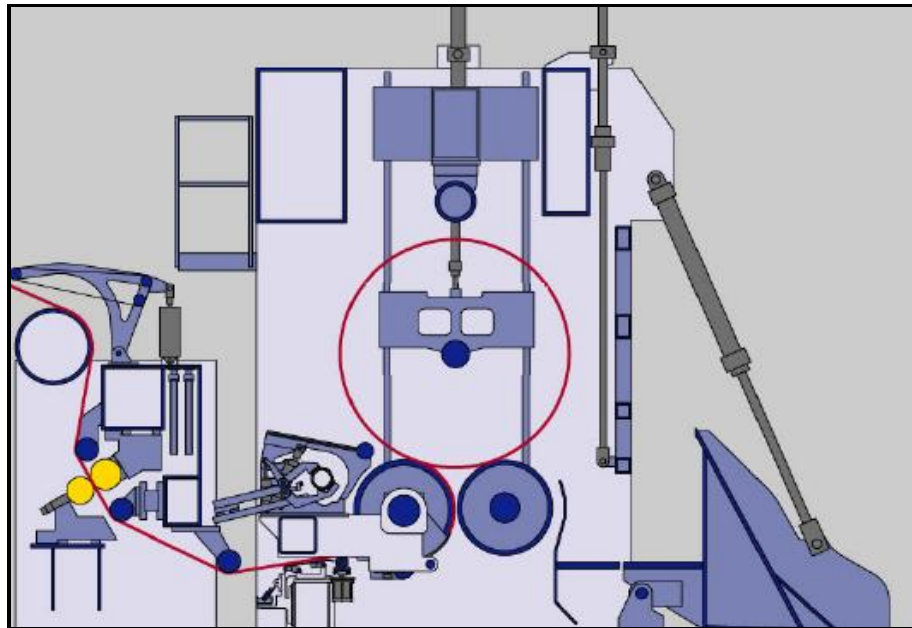


Figura 9 – Bobinador
Fonte: Voith (2013)

2.2.4 Sistema de Corte com Posicionamento Automático

O sistema de corte longitudinal é composto por duas esteiras sem fim para posicionamento individual dos sistemas de corte superior (contra faca) e inferior (faca) com somente um motor sem conexão mecânica entre sistemas de corte superior e inferior, ou seja, o acionamento elétrico é feito somente na contra faca, cilindro pneumático de três estágios para posicionamento e fixação dos sistemas de corte superior e inferior posicionamento de ambos sistemas (VOITH, 2013).

Na figura 10, temos uma vista superior do sistema de posicionamento das facas e contra facas.

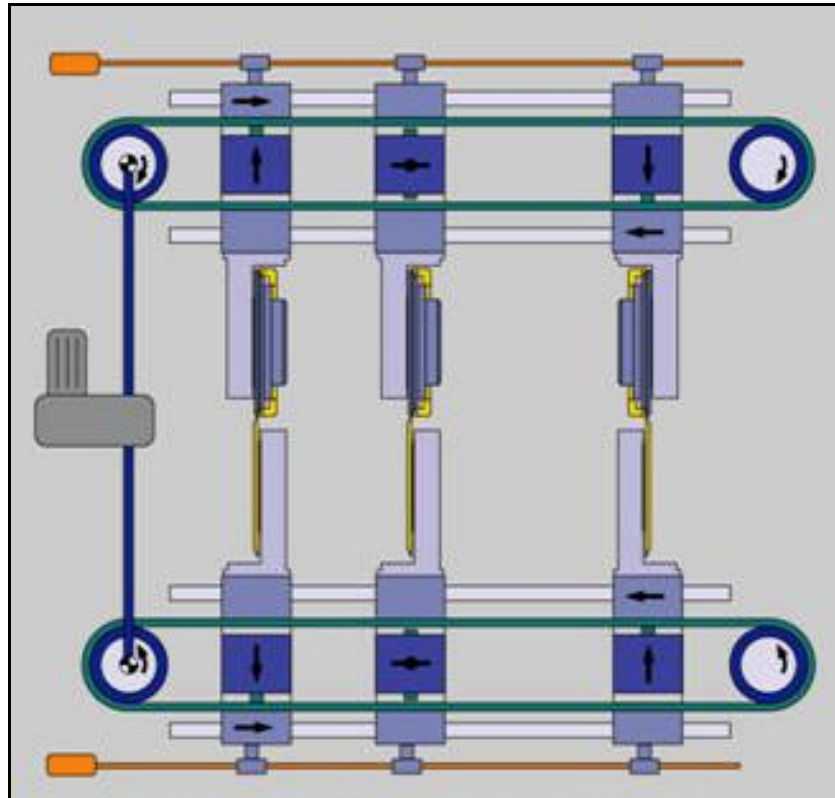


Figura 10 – Posicionamento das facas e contra facas
Fonte: Voith (2013)

Esta é a parte da rebobinadeira que foi aplicado a ferramenta de Manutenção Centrada em Confiabilidade ao qual o projeto está descrevendo.

Desde a partida inicial da planta MP9 datada em outubro de 2007 tem-se o histórico de manutenção por intervalo de falha fazendo a manutenção corretivamente de acordo com o defeito encontrado.

A partir de janeiro de 2012 vem se aplicando e praticando análise de falhas pontuais em todo sistema da rebobinadeira, o que irá ser apresentado a aplicação no sistema de acionamento eletropneumático do sistema de posicionamento das facas e contra facas de corte longitudinal na rebobinadeira de papel.

Na fotografia 3, temos os conjuntos de faca e contra facas de corte longitudinal do papel na rebobinadeira.



Fotografia 3 – Conjunto de facas e contra facas
Fonte: Autoria própria

2.3 COMPONENTES DO CONJUNTO DE CORTE LONGITUDINAL

2.3.1 Pistão de Avanço e Recuo da Faca

Um conjunto de corte longitudinal é formado por faca e contra faca onde estes são pistões acionados pneumaticamente com objetivo de avançar e recuar a facas uma contra outra para cortar o papel.

Na fotografia 4, temos uma faca circular montada em pistão pneumático.



Fotografia 4 – Faca circular montada em pistão pneumático
Fonte: Autoria própria

São estes pistões que garantem às facas circulares a pressão de corte.

Pela expressão matemática:

$$P = F/A$$

onde:

P = pressão

F = força normal à superfície

A = é a área total onde a força é aplicada

A pressão entre as facas circulares garante a qualidade de corte longitudinal do papel.

2.3.2 Bloco de Comando Eletropneumático da Contra Faca

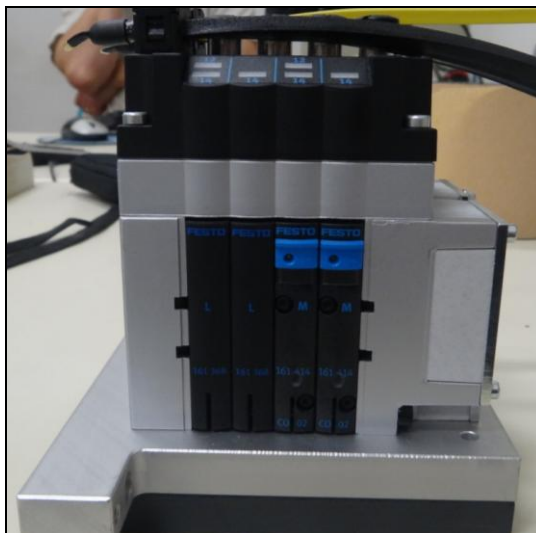
Este bloco é alimentado por tensão de 24Vcc e comandado remotamente via rede ASi nele é comandado todo acionamento das contra facas, aonde ocorre a pressão na seção de corte.

É utilizado para fazer o avanço e recuo das contra facas e também deslocamento lateral, é constituído por quatro válvulas onde cada uma delas tem uma função definida no processo de corte longitudinal.

Formado por duas válvulas placa modelo 161 368 só é empregada no conjunto de válvulas modelo CPV-10 para completar os espaços entre elas, sem função no processo e também mais duas válvula modelo 163 414 que tem a função de posicionamento das sapatas de freio para travar a contra faca no trilho da guia linear e também de embreagem, onde esta faz o travamento do conjunto contra faca nas correias da guia linear.

Tem a configuração de uma válvula direcional eletropneumático 5/2 vias, ou seja, 5 vias de passagem do ar pressurizado com duas posições atuada por simples solenóide ou manualmente (FESTO, 2013).

Na fotografia 5, temos o bloco de comando eletropneumático da contra faca.



Fotografia 5 – Bloco de comando eletropneumático da contra faca
Fonte: Autoria própria

Na figura 11, temos o desenho de configuração e funcionamento da válvula solenóide 5/2 vias.

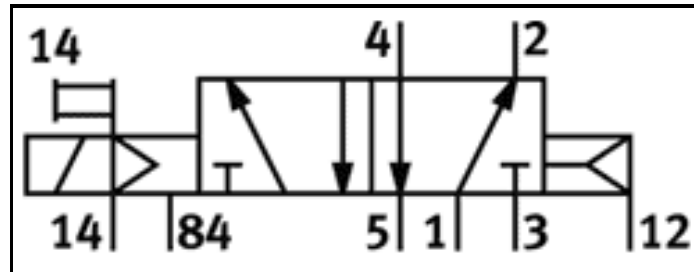


Figura 11 – Válvula solenóide 5/2 vias
Fonte: Festo (2013)

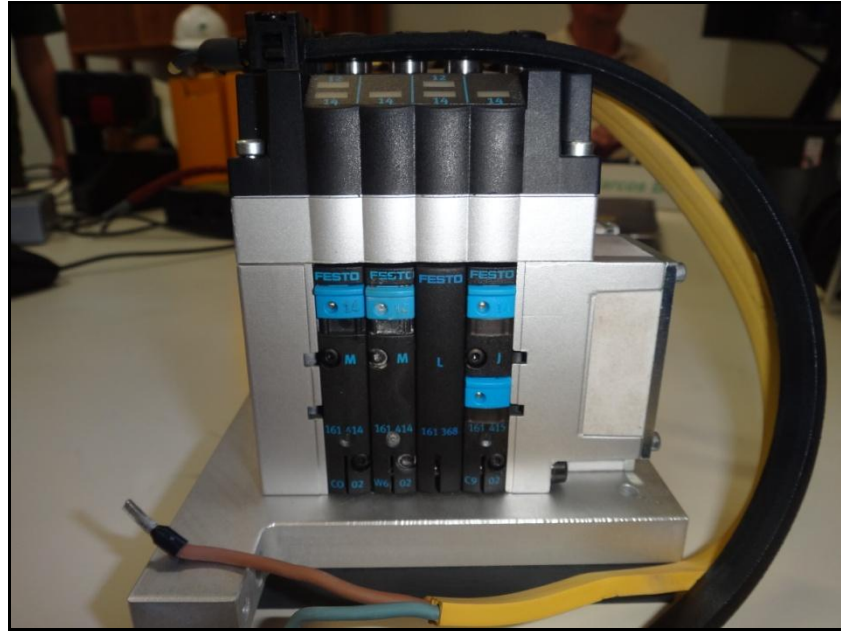
2.3.3 Bloco de Comando Eletropneumático da Faca

Este bloco é alimentado por tensão de 24Vcc e comandado remotamente via rede ASi, nele é comandado o acionamento da faca aonde ocorre a pressão na seção de corte, este bloco é utilizado para fazer o avanço e recuo da faca e também libera a pressão de carga que é de 4 Kgf/cm² para travar a faca na contra faca lateralmente

A pressão de carga é responsável por garantir que a faca e contra faca encostem uma na outra garantindo a o corte longitudinal da folha, é constituído por quatro válvulas onde cada uma delas tem uma função definida no processo.

Formado por uma válvula placa cega modelo 161 368 só é empregada no conjunto de válvulas eletropneumáticas para completar os espaços entre elas, sem função no processo, mais duas válvulas modelo 161 414, estas tem a função de posicionamento das sapatas de freio para travar a faca no trilho da guia linear e também de embreagem, onde esta faz o travamento do conjunto faca nas correias da guia linear e por fim uma válvula direcional modelo 161 415, esta tem a função de avanço e recuo da faca bem como liberar a pressão de encosto entre a faca e contra faca, tem a configuração de uma válvula direcional eletropneumático 5/2 vias, ou seja, 5 vias de passagem do ar pressurizado com duas posições, atuada por duplo solenóide ou manualmente.

Na fotografia 6, temos o bloco de comando eletropneumático da faca.



Fotografia 6 – Bloco de comando eletropneumático da faca
Fonte: Autoria própria

3 DESENVOLVIMENTO

Foram analisados os 11 conjuntos que contém o bloco de válvula, via catálogos, manual e contato direto representante técnico/comercial do fabricante.

Também foram analisados os problemas já ocorridos no mesmo com histórico de manutenções passadas via troca de experiência com instrumentistas responsáveis no período entre o início de produção da planta até o final de 2011 os quais relataram vazamentos entre o sanduíche de válvulas, falta de rotina e plano de manutenção preventiva e principalmente a falta de peças sobressalente.

Informando que toda a manutenção não somente da rebobinadeira, mas de toda máquina número 9 era feito por empresa terceirizada e somente a partir de final de 2011 foi primarizado.

A partir de 2012 foram feito a avaliação da disponibilidade dos equipamentos (conjunto faca e contra faca) pontualmente aplicando o conceito de disponibilidade dos 11 conjuntos de corte longitudinal.

3.1 ANÁLISE DO MODO DE FALHA

Primeiramente, juntamente com operadores da Rebobinadeira Variflex e os mantenedores da instrumentação, foram nivelados conhecimentos com relação a modos falhas pontuais no sistema de corte.

Segundo Moubray (2000), modo de falha é qualquer evento que causa uma falha funcional.

Foram seguidos os passos descritos pelo método da MCC onde, a melhor maneira de mostrar a conexão e a distinção entre estados de falha e os eventos que os podem causar, é listar primeiro as falhas funcionais e depois lembrar os modos de falha que poderiam causar cada falha funcional.

Toda bobina reclassificada pela produção por motivo de corte aveludado é informado em boletim de ocorrência e relatado no sistema de informação de eficiência global do equipamento (OEE).

Após isso o mantenedor da instrumentação passa diariamente de segunda à sexta-feira para ler as ocorrências dos turnos anteriores e discutir com a operação as ocorrências global da rebobinadeira e se houve descarte de bobina por motivo de corte aveludado estes irão analisar o modo de falha responsável.

Faz-se o preenchimento da planilha de informações e através desta é tomado decisão para ação pró-ativa em oportunidade de manutenção.

Se a falha causa perda de produção por qualidade a ação é imediata, pois o tempo de troca de rolo permite um tempo de 45 minutos para manutenção atuar, com isso o planejamento de instrumentação criou posto avançado de manutenção próximo da rebobinadeira para não haver perda de tempo para intervenção pontual na falha.

Este posto avançado de manutenção contempla disponibilização de ferramentas próximas ao local de atuação.

Segundo Moubray (2000), uma simples máquina pode falhar por dezenas de razões. Um grupo de máquinas ou sistemas como uma linha de produção pode falhar por centenas de razões. Para uma planta completa o número pode aumentar para milhares, ou mesmo dezenas de milhares.

O planejamento da manutenção do dia-a-dia é toda baseada em planejar para tratar com modos de falha específicos.

O quadro 1, indica um modo de falha analisado e de forma descritiva pelo mantenedor da rebobinadeira juntamente com o que foi checado pelos operadores, chegou-se nos possíveis modos de falha que determinaram na falha de funcionalidade da faca número 6 em fazer sua função de cortar o papel longitudinalmente com qualidade de corte.

PLANILHA DE INFORMAÇÕES		SISTEMA: CONJUNTO FACA CONTRA-FACA Nº 6		
		SUB-SISTEMA: TERMINAL DE VÁLVULA FACA		
FUNÇÃO		PERDA DA FUNÇÃO		MODO DE FALHA
1	Cortar folha posição 6	A	Corte longitudinal irregular	1 Vazamento de ar ente o sanduiche de válvulas 2 Vazamento de ar pela junção bloco CPV com a sapata 3 Falha de comunicação conector Asi

Quadro 2 – Análise dos modos de falha do conjunto faca contra faca
Fonte: Autoria própria

As possíveis causas irão determinar a ação do mantenedor em tomar a ação de intervenção e ao planejamento de manutenção em prover de recursos para eliminar a causa das falhas.

3.1.1 Detalhamento do Modo de Falha

Segundo Moubray (2000), os modos de falha devem ser descritos com bastantes detalhes para que seja possível selecionar uma estratégia apropriada de gerenciamento da mesma.

Quando a operação constata um evento atípico na funcionalidade das facas e contra facas estes o descrevem detalhando na ocorrência da rebobinadeira. Com estes dados o planejador juntamente com o mantenedor irão tomar a decisão de quando e como irá ser feita a manutenção no conjunto faca contra faca.

Estes eventos na sua grande maioria eram vazamentos de ar pneumáticos pelos blocos de válvula aonde criaram a dificuldade da faca circular em aprofundar na contra faca e fazer a função de cortar o papel.

Conforme fotografia 7, temos o aprofundamento da faca circular na contra faca.



Fotografia 7 – Aprofundamento da faca na contra faca
Fonte: Autoria própria

Segundo manual do fabricante este aprofundamento deve estar ente 2 a 4 mm para garantir um bom corte no papel.

Não era alcançado este aprofundamento na maioria dos conjuntos faca e contra faca devido aos vazamentos.

3.1.2 Necessidade de Sobressalentes

Como os modos de falha apontavam para falha funcional que é a incapacidade dos conjuntos faca e contra faca em fazer o corte longitudinal evitando o problema de corte aveludado, é que foi identificada a inexistência de sobressalentes pontuais em todo sistema eletropneumático.

Com isso o planejamento de manutenção começou, com muita dificuldade, pois corria contra o tempo em garantir os sobressalentes para a primeira parada geral ocorrida em maio de 2012 onde todas as plantas da fábrica interromperam sua produção por duas semanas para fazer manutenção geral nos equipamentos.

Como a maioria dos sobressalentes são importados e com custo elevados foi tomada a decisão de fazer a desmontagem de todo conjunto faca contra faca para avaliar o estado dos módulos de controle eletropneumáticos e daí por diante começar a trabalhar em função do cenário encontrado.

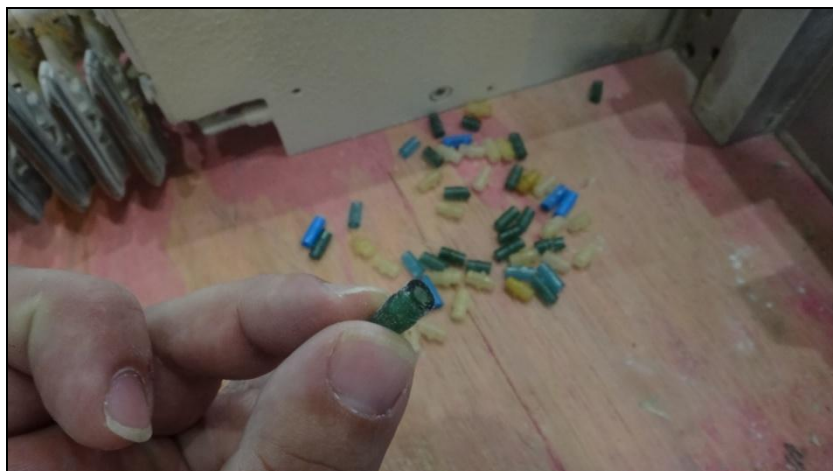
Conforme fotografia 8, encontrado residual de pó entre as válvulas direcionais.



Fotografia 8 – Válvula direcional em manutenção
Fonte: Autoria própria

Estas evidências confirmam que não havia manutenção preventiva pontualmente, detalhadamente para evitar falhas com relação ao corte longitudinal, o excesso de pó dentro de válvulas de baixo consumo como as modelo 161 causam entupimento nas vias internas causando interrupção no funcionamento desta.

Outra situação encontrada foram às vedações improvisadas, ou seja, aonde deveria ser utilizado juntas para garantir a vedação do sistema pneumático eram utilizadas recortes de mangueira de 6 mm para suprir a falta, conforme mostra na fotografia 9.



Fotografia 9 – Parte de mangueira pneumática utilizada como junta
Fonte: Autoria própria

Esta vedação garante a transmissão do ar pressurizado para o sistema de freio, embreagem das facas e contra faca na guia linear e principalmente no sistema de avanço frontal e lateral.

Como já foi dito anteriormente o vazamento de ar faz diminuir a pressão do sistema diminuindo a força de corte das facas na contra faca.

Após a etapa de avaliação dos módulos de controle e avanços e deslocamento lateral das facas o planejamento de manutenção juntamente com o mantenedor da rebobinadeira levantaram a necessidade do que deveria ser cadastrado como item de estoque almoxarifado.

Primeiramente foi tratado de cadastrar as juntas de vedação, pois se trata de item de desgaste então pela classificação do sobressalente este deve fazer parte do estoque estratégico do almoxarifado.

Com muita dificuldade o planejamento procurou o fornecedor Voith e Festo para fornecer a junta de vedação.

Após vários contatos com os fornecedores conseguimos o fornecimento pela empresa Voith.

Então foi cadastrado o sobressalente com visão de estoque almoxarifado garantindo assim uma gestão de sobressalente.

Conforme mostra na fotografia 10, como foi encontrada a junção de vedação do bloco de controle de válvulas eletropneumáticas.



Fotografia 10 – Juntas de vedação adaptado no bloco de válvulas
Fonte: Autoria própria

Na fotografia 11, mostra as junções de vedação originais que restabelecidas no bloco de válvulas eletropneumáticas.



Fotografia 11 – Juntas de vedação originais do bloco de válvulas
Fonte: Autoria própria

Foram levantados os sobressalentes e pontuados por necessidade, levando em consideração as recomendações de gestão de sobressalentes.

Segundo Wanke (2013), a gestão de peças sobressalentes é uma parte fundamental da logística, pois geralmente representa cerca de 20 a 35% do custo unitário do produto. Para que esta gestão não seja uma "dor de cabeça" para os gestores, não pode ser só observada do ponto financeiro e/ou operacional, mas também como um serviço para o cliente, isto é, o serviço pós-venda é também muito importante para satisfazer as necessidades do cliente. Esta gestão de sobressalentes consiste em ter certo número de unidades do produto em almoxarifado para que em caso de avaria ou defeito a empresa se encontra capacitada para solucionar o problema em causa.

Existem dois tipos de peças:

Itens reparáveis - são unidades que podem ser recuperadas, isto é, em caso de avaria a peça é substituída por semelhante e a que apresenta falha procede para o centro de reparação para posteriormente ser reposta no estoque;

Itens consumíveis ou descartáveis - são unidades que são diretamente descartadas e substituídas por outras que se apresentam em estoque.

Seguindo esta linha de orientação foram cadastrados os blocos de válvulas completo para que em momento de falha possa ser trocado o sistema controle eletropneumático de corte por se tratar de um conjunto reparável.

Foram cadastrados e criado visão de estoque para cada item individual do módulo de corte dos blocos de válvula eletropneumáticos aplicados nos conjunto de corte faca e contra faca.

Na figura 12, mostra uma visão da tela do programa SAP aonde indica o cadastro do material com visão de suprimento, gerenciado pelo almoxarifado.

The screenshot displays the SAP Stock Overview (Visão geral de estoques) for material 355880. The material is identified as 'MODULO CONTRA FACA' (Mat. aux./de consumo) with unit of measure 'CDA'. The stock overview table shows the following data:

Mandante / empresa / centro / depósito / lote / lote especial	De utiliz.livre	Ctrl.qualidade	Reservado	Res
Total	2,000			
1000 Klabin S.A.	2,000			
MA01 Klabin - MA01	2,000			
DM01 Dep. De Material 0201-D-042	2,000			

Figura 12 – Tela do programa SAP visão de materiais
Fonte: Autoria própria

O bloco de válvulas é um item reparável, hoje, é feito recuperação do bloco na própria unidade, pois as válvulas direcionais são itens de estoque com visão de material almoxarifado. Quando ocorre falha no bloco o mantenedor da rebobinadeira tem ação imediata e faz a substituição do bloco inteiro ganhando tempo com a manutenção disponibilizando a rebobinadeira para produção.

Após esta intervenção o mantenedor cria nota de serviço para fazer o reparo no bloco de válvulas, esta nota será planejada através de uma ordem de manutenção, todos os recursos necessários serão planejados nesta OM e então a manutenção planejada será realizada para posteriormente ser armazenada em estoque estratégico.

3.1.3 Lista Técnica de Material Vinculado ao Local de Instalação

Com a finalidade de aperfeiçoar os recursos e o tempo para planejar e executar, foram melhorados as informações com relação nomenclatura dos conjuntos de corte longitudinal.

Cada válvula do bloco faz uma função diferente no sistema de corte, por exemplo, posicionamento linear, travamento na posição para o corte e avanço e recuo frontal e lateral da faca na contra faca.

Na figura 13, mostra o diagrama de funcionamento eletropneumático do conjunto de acionamento da faca e contra faca.

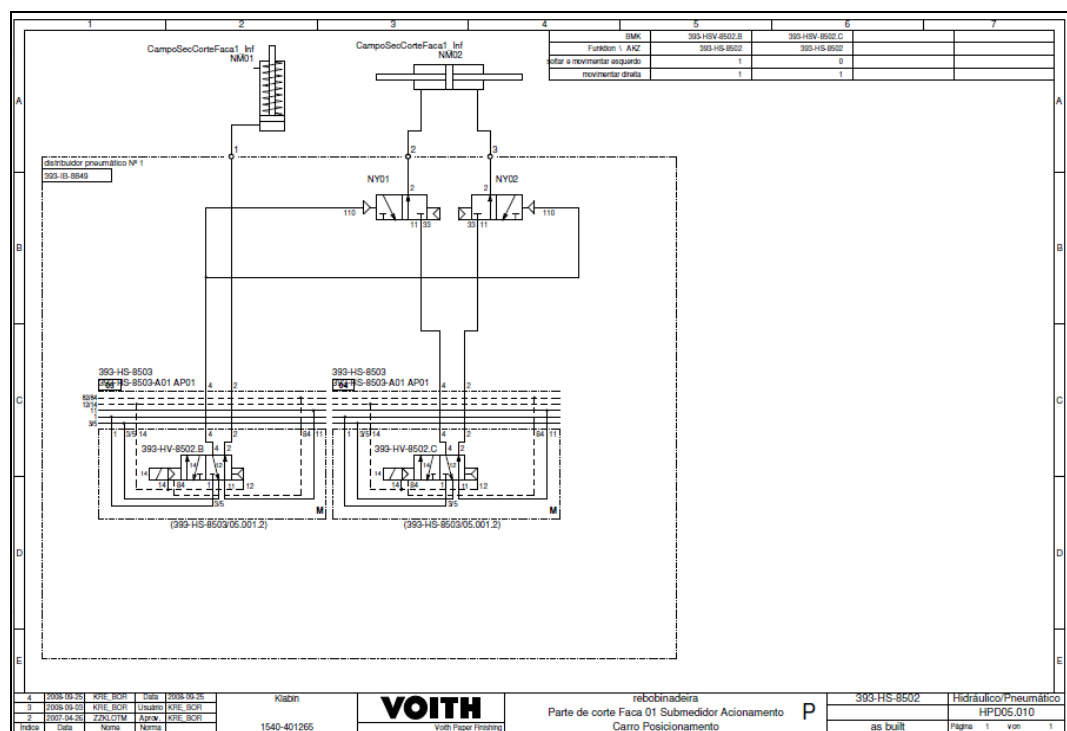


Figura 13 – Diagrama eletropneumático de acionamento do conjunto de corte
Fonte: Voith (2013)

Conforme norma ISA versão 5.1 de nomenclatura de localização foram criados locais de instalação para os 11 conjuntos de corte cadastrados no programa SAP PM, facilitando o acesso via sistema e para criação de lista técnica, pois os itens de reparo são comuns para os 11 conjuntos.

Com a lista técnica atrelada ao local de instalação do conjunto de corte longitudinal faca e contra faca o acesso aos materiais fica mais fácil ao mantenedor e possibilita ao planejador agilidade para o planejamento dos trabalhos de manutenção planejada, conforme mostra na figura 14.

Loc. instalação	MA01-393CFA0001	Vál. desde	21.08.2013
Denominação	Conjunto de faca corte 1 VARIFLEX		
MA01-393CFA0001	Conjunto de faca corte 1 VARIFLEX		
CFA0001	CONJUNTO CONTRA, DIENES WERK, RB9		
MA01-LTM3824	LTM P/ CONJUNTO CONTRA FACA RB9		I
232728	VALVULA DIREC PNEUM 3/2 VIAS M7 7,0 MM		L
316270	VALVULA SOLEN 5VIAS M7		L
351132	PLACA CEGA VALVULA DIRECIONAL PNEUMATICA		L
355880	MODULO CONTRA FACA		L
355884	MODULO FACA		L
341664	VEDACAO SISTEMA CORTE VARIFLEX		L
341666	VEDACAO SISTEMA CORTE VARIFLEX		L
354591	GUARNICAO SAPATA RB9		L
354592	VEDACAO HASTE SAPATA RB9		L
354594	VEDACAO INFLAVEL SAPATA RB9		L
290619	REGULADOR PRESSAO BSP 1/4"		L
IF00862	INVERSOR FREQUENCIA ABB 20 cv		

Figura 14 – Lista técnica de materiais com vínculo
Fonte: Autoria própria

3.1.4 Planejamento de manutenção

Com toda melhoria pontual executada através das práticas de Manutenção Centrada em Confiabilidade o bom planejamento é resultado.

O planejamento de manutenção em todo sistema agora é orientado por planos de manutenção sob condição, ou seja, foram criados planos de manutenção preventiva com ciclo periódico por oportunidade de disponibilidade da rebobinadeira para realização da manutenção.

Dentro do plano criado para cada local de instalação dos conjuntos de faca e contra faca foram criadas operações que disparam periodicamente conforme o período que foram programados.

Por exemplo, existe operação para disparar plano a cada 15 dias, aonde a operação faz uma parada da rebobinadeira por 2 horas é nesse intervalo que o mantenedor faz a rotina sensível em todos os conjuntos de corte nessa rotina o mantenedor tem condição de fazer avaliação dos possíveis vazamentos entre válvula e fazer limpeza superficial dos comandos retirando excesso de pó onde este pode causar danos ao equipamento.

Planos sistemáticos disparados a cada 45 dias, estes planos estão vinculados ao calendário de parada da planta da máquina de papel, nestas paradas programadas são planejadas toda manutenção preventiva na planta e aonde o mantenedor da rebobinadeira faz o trabalho da lista dos planos preventivos nos conjuntos de corte longitudinal, conforme mostra o roteiro na figura 15.

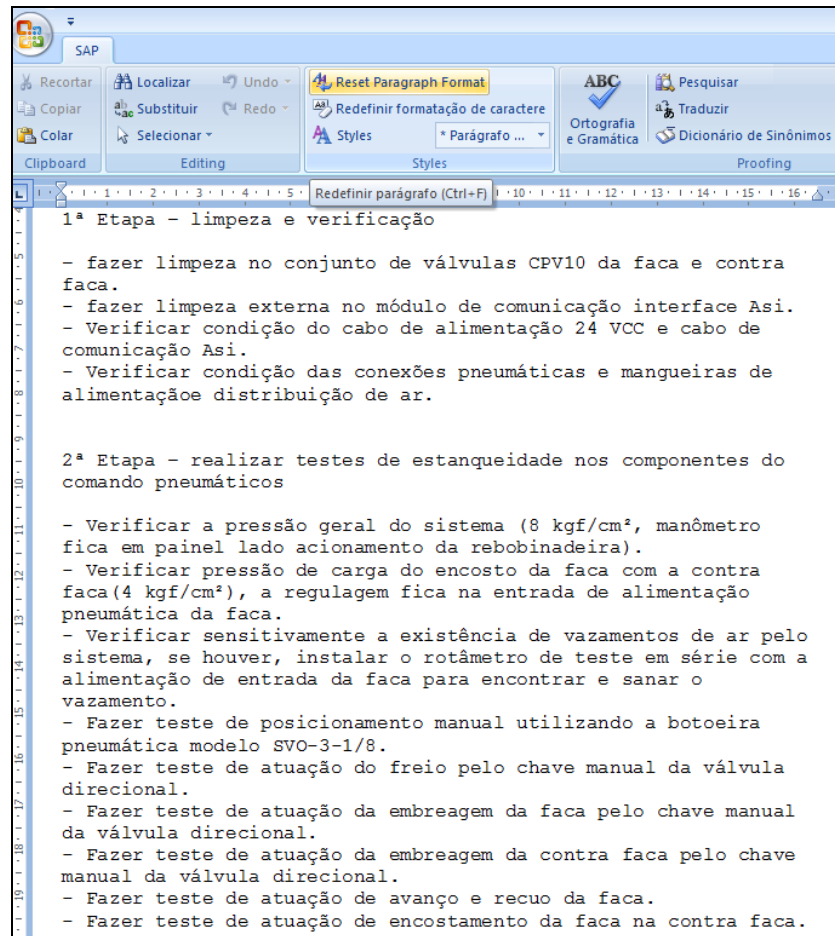
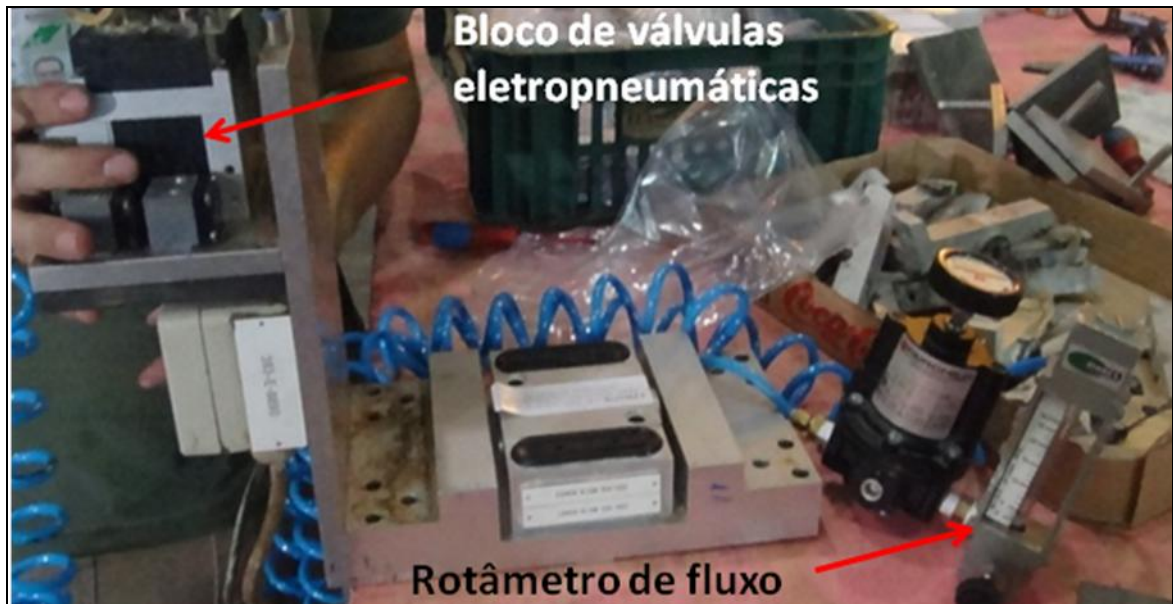


Figura 15 – Lista de tarefas de manutenção no conjunto de corte
Fonte: Autoria própria

A rotina baseia-se em testar bloco por bloco e medir o fluxo de possíveis vazamentos inserindo no sistema de alimentação pneumática um rotâmetro medidor de fluxo de ar aonde este possui um pequeno range de medição o qual é propício para detectar vazamentos ocultos durante manutenção sensitiva, conforme mostra na fotografia 12.



Fotografia 12 – Instalação montada para teste de vazamentos em bancada
Fonte: Autoria própria

São planejadas também as ordens de manutenção sob condições sistemáticas de parada anual a qual foram adaptadas manutenção preventiva com tarefas programadas de descarte, incluindo a substituição das válvulas de acionamento eletropneumáticas ao final de sua vida útil definida.

Com as informações do fabricante das válvulas de controle é feito a cada dois anos a substituição de todas as válvulas do sistema componentes do bloco de corte dos 11 conjuntos de corte longitudinal da rebobinadeira, conforme mostra na figura 16 o plano de manutenção bianual para substituição das válvulas eletropneumáticas dos blocos de controle de posicionamento das facas e contra facas.

The screenshot displays the SAP PM (Plant Maintenance) module interface. The title bar reads 'Plano de manutenção Processar Ir para Suplementos Ambiente(U) Sistema Ajuda'. The main window title is 'Modificar plano de manutenção: Pl.manutenç.ciclo 000000046831'. Below this, there are input fields for 'Plano manutenção' (46831) and 'SUBSTITUIR VÁLVULAS DIRECIONAIS CPV R'. A folder icon labeled 'Cabeç.pl.manut.' is visible. The interface has three tabs: 'Ciclos plano de manutenção', 'Parâmetro programação plano manutenção', and 'Dados adicionais plano de m...'. The 'Ciclos plano de manutenção' tab is active, showing fields for 'Ciclo/unidade' (730 DIA), 'Texto para ciclo', 'Offset/unidade' (0 DIA), and 'Contador'. Below this, there are tabs for 'Item', 'Lista de objetos item', and 'Localização item'. The 'Item' tab is active, showing 'Item manutenção' (42362) and 'SUBSTITUIR VÁLVULAS DIRECIONAIS'. Underneath, there is an 'Objeto de referência' section with 'Loc. instalação' (MA01-393CFA0001) and 'Equipamento' (Conjunto de faca corte 1 VARIFLEX).

Figura 16 – Plano de manutenção por período bianual
Fonte: Autoria própria

Com o planejamento sendo bem informado das falhas ocorridas em cada um dos conjuntos faca e contra faca de corte longitudinal mais as ordens de manutenção sendo disparadas automaticamente via sistema SAP módulo PM, toda programação e planejamento pontual destas ordens fica bem claro para o mantenedor.

O ganho com a agilidade de solucionar as falhas ocorridas nos conjuntos teve um resultado positivo.

Quando se tem perda de produção de bobina por problema de corte aveludado perdem-se duas bobinas. Por quê? Com o problema de corte longitudinal as laterais da bobina ficam afetadas fazendo com que se tenha baixa qualidade do produto final por corte aveludado.

Este produto será reclassificado em setor de acabamento e comercializado por valor menor do que uma bobina integra que sai da rebobinadeira para o processo de embalagem.

4 RESULTADOS ALCANÇADOS

Os custos para fazer a última manutenção preventiva com tarefas programadas de descarte foi em torno de R\$ 31.000,00 (trinta e hum mil reais) o qual foram substituídas todas a válvulas eletropneumáticas as quais já estavam em operação à quase 5 anos.

O limite de tempo para utilização, informado pelo fabricante, é em torno de 3 anos.

Vemos que todo custo de manutenção nos conjuntos faca e contra faca da rebobinadeira foram de grande valia, pois as perdas por qualidade são muito maiores, aonde veremos mais a frente.

Na figura 17 é mostrado os valores gastos com materiais e mão de obra interna para fazer a última manutenção preventiva com tarefas programadas de descarte.

The screenshot shows a software window titled "Ordem Manut. Prevent. sob Condição (CBM) 2000425960 mod". It includes a toolbar with icons and a button "Encerrar comércio". Below the title bar, there are fields for "Ordem" (0002 2000425960) and "PG13X_SUBSTITUIÇÃO DIRECIONAIS MOD FACA". A "Stat.sist." field contains "ENTE CNPA CAPC IMPA MATF MOME NOLQ".

Navigation tabs include "DdsCabeç.", "Operações", "Componentes", "Custos", "Parceiro", "Objetos", and "Dados adic.". The "Custos" tab is active, showing "Custs. estimados" as 0,00 BRL. There are radio buttons for "Vals. em moeda obj." (selected) and "Váls. em moeda ACC", both set to BRL. Buttons for "Relat.plan./real" and "Relat.orçam./comprom." are visible.

Below the tabs, there are sub-tabs: "Síntese", "Custos", "Quantidades", and "Índices". The "Custos" sub-tab is active, displaying a table with the following data:

Grupo/Denomin.	CstsEstim.	Csts.plan.	Csts.reais	M...
Custos	0,00	31.046,83	28.942,28 B...	
Atividades internas	0,00	2.274,35	691,62 B...	
Material de Manutenção	0,00	28.772,48	28.250,66 B...	

Figura 17 – Custos com manutenção dos blocos de válvulas eletropneumáticas
Fonte: Autoria própria

Na figura 18, percebe-se que houve queda nos indicadores de qualidade.

Em números reais a quantidade bobinas de papel reclassificadas por qualidade, especificamente por corte aveludado foi no ano de 2013 foi de 2 bobinas somente.

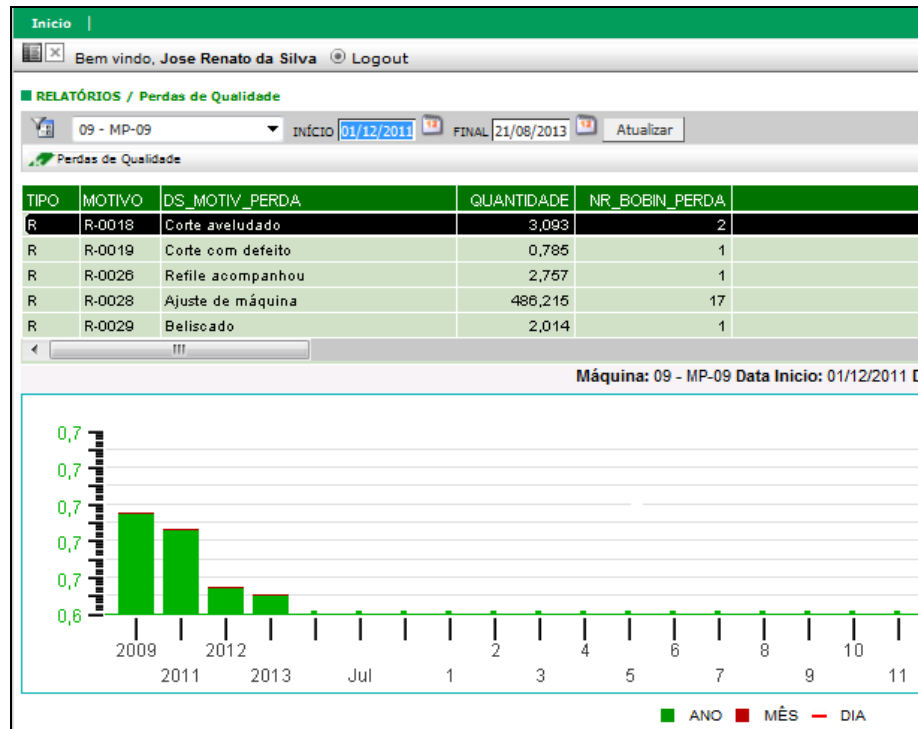


Figura 18 – Perdas de bobina por corte aveludado
Fonte: Autoria própria

Em se tratando de ganhos econômicos é exemplificado para uma produção da máquina no período mensal.

A máquina de papel produz alguns tipos diferentes de papel cartão, o que os diferencia é o uso final.

Por exemplo, a maior produção da máquina é o papel tipo KKC269 traduzindo é o papel tipo *Tetra Pack* 269 g/m², destinado à embalagem asséptica leite longa vida.

Esta produção é vendida em metro quadrado, então na rebobinadeira são tiradas bobinas entre 1.500 a 1.618 mm de comprimento com 1.540 mm de diâmetro.

De acordo com a espessura desta bobina tem-se uma produção de aproximadamente 4.634 metros de produção de papel linear por bobina.

O cliente que produz caixa para embalagem de produtos assépticos e compra este papel por um valor de aproximadamente R\$ 9,08 o m².

Cálculo:

Comprimento de papel da bobina x largura da bobina = Produção em m²

Produção em m² = (4.614 m x 1,618 m)

Produção em m² = 7465,45 m²

Esta bobina sem defeito tem um valor vendável em reais aproximadamente de R\$ 67.786,30 (sessenta e sete mil setecentos e oitenta e seis reais e trinta centavos).

Percebe-se que o custo para fazer a manutenção pontual no sistema de corte longitudinal da rebobinadeira tem um valor muito baixo com relação aos ganhos obtidos, e que a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade representa um ganho econômico.

Além da melhoria do desempenho operacional, melhoria das condições ambientais de segurança, aumento da vida útil dos equipamentos, banco de dados de manutenção, maior motivação do pessoal – quanto maior a participação das pessoas na análise e solução dos problemas que afetam o seu dia, maior a motivação que se estabelece no seu ego. Hoje, está mais do que comprovado que a participação e o envolvimento dos profissionais proporcionam uma mudança de espírito das pessoas, e isto está sendo comprovado através das reuniões diárias dos profissionais diretamente ligados com operação e manutenção da planta produtiva.

E para o planejamento de manutenção especialidade instrumentação o ganho é traduzido em facilidade para planejar os envolvidos nas tarefas, pois com o banco de dados de informações fica fácil saber como, quando e com que fazer a manutenção.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho foi motivado pela difusão cada vez maior da necessidade de manutenção focada e detalhada na resolução de problemas em equipamentos dedicados a fazer acabamento no papel.

Acredita-se que todo estudo e as práticas da são de grande valia para o meio acadêmico de automação bem como para os profissionais que atuam em fábricas de papel em especial os profissionais de manutenção em máquinas de papel.

Foram descritos todos os passos realizados para chegar aos objetivos demonstrados e comprovados que traz benefícios quando aplicado de forma participativa dos envolvidos pela planta.

Como legado, tem-se a possibilidade de aplicar a em outros processos de fabricação ou transformação do produto.

No sistema de corte longitudinal da rebobinadeira modelo Variflex verificou-se que com trabalho pautado em detalhes do funcionamento dos equipamentos bem como na importância que este tem ao produto final, a bobina de papel, que fazer Manutenção Centrada em Confiabilidade ajustada com os detalhes de planejamento os resultados serão mais bem alcançados.

REFERÊNCIAS

FESTO. **Catálogo eletrônico**. Disponível em: <http://www.festo.com/net/pt-br_br/SupportPortal/InternetSearch.aspx>. Acesso em: 01 jun. 2013.

KARDEC Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção função estratégica – 3. ed.** Rio de Janeiro: 2009

MOUBRAY. John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Tradução, prefácio e conteúdo: Kleber Siqueira. São Paulo: 2002.

VOITH. **Catálogo eletrônico**. Disponível em: <<http://www.voith.com/br/produtos-e-servicos/tecnologia-de-fabricacao-de-papel/secao/maquina-de-papel/rebobinadeira-10775.html>>. Acesso em 30 jun. 2013.

WANKE. Peter. **Gestão de peças de reposição**. Disponível em: <<http://www.tecnologista.com.br/artigos/mapas-de-estoque-aplicados-a-gestao-de-pecas-de-reposicao/>>. Acesso em: 02 mai. 2013.