
Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) – Parte 2

Flávio S. Fogliatto

1

Principais Ferramentas de suporte a MCC

- ◆ Análise de Modos e Efeitos de Falha (*já apresentado*)
- ◆ Método da Análise da Árvore de Falhas

2

FTA

- ◆ Método da Análise da Árvore de Falhas, do inglês *Fault Tree Analysis* (FTA):

- Técnica dedutiva que permite investigação das possíveis causas da ocorrência de estados pré-identificados do sistema
- Estados associados c/ comportamento anormal do sistema, causados por:
 - » uma falha do equipamento
 - » erros humanos e/ou
 - » perturbações externas

3

FTA

- ◆ Mais detalhes podem ser encontrados no site:

http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FTA.htm

- ◆ e em livros texto de Confiabilidade.

4

Sistemática para aplicação da MCC

◆ Idéias principais apresentadas nas obras sobre MCC são basicamente iguais:

– Sistemáticas p/ sua implementação apresentam pequenas variações, associadas à experiência de cada um dos autores

◆ Para a implementação da metodologia da MCC, um número de etapas devem ser seguidas

5

Principais procedimentos

Etapas	Smith (1993)	Moubray (2000)	NASA (2000)	Rausand <i>et al.</i> (1998)
1	Seleção do sistema e coleta de informações.	Definição das funções e padrões de desempenho.	Identificação do sistema e suas fronteiras.	Preparação do estudo.
2	Definição das fronteiras do sistema.	Definição da forma como o item falha ao cumprir suas funções.	Identificação dos sub-sistemas e componentes.	Seleção do sistema.
3	Descrição do sistema.	Descrição da causa de cada falha funcional.	Examinar as funções.	Análise das Funções e Falhas Funcionais – AFF.
4	Funções e falhas funcionais	Descrição das conseqüências de cada falha.	Definir falhas e modos de falha.	Seleção dos itens críticos.
5	Análise dos modos, efeitos e criticidade das falhas.	Definição da importância de cada falha.	Identificar as conseqüências da falha.	Coleta e análise de informações.
6	Análise da árvore lógica.	Seleção de tarefas preditivas e preventivas para cada falha.	Análise do diagrama lógico de decisão.	Análise dos modos, efeitos e criticidade das falhas.
7	Seleção das tarefas preventivas.	Seleção de tarefas alternativas.	Seleção das tarefas preventivas.	Seleção das tarefas de manutenção.
8				Determinação da freqüência das tarefas de Manutenção e comparação das tarefas antigas e as propostas.

6

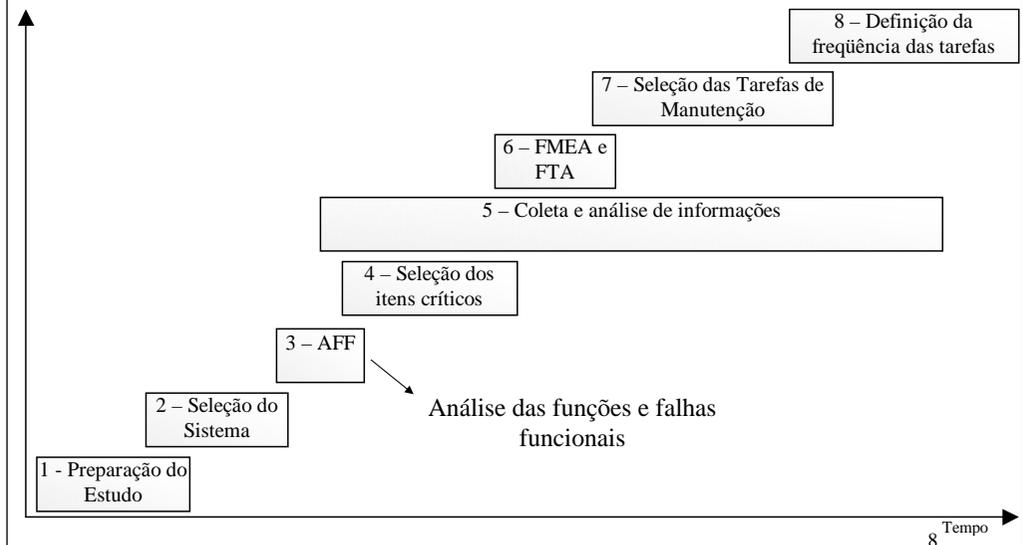
Processo de implementação da MCC

Rausand *et al.* (1998) sugerem um roteiro de implantação da MCC que serve como guia

Tempo p/ implementação de cada etapa pode variar de analista p/ analista em função de seu conhecimento acerca do sistema em implementação

7

Processo de implementação da MCC



8

Processo de implementação da MCC

- ◆ Alguns autores mencionam a importância de considerar as recomendações previstas na norma SAE JA 1011, denominada Critérios de Avaliação da Manutenção Centrada em confiabilidade:
 - traduzida do inglês *Evaluation Criteria for Reliability – Centered Maintenance (RCM) Processes*
- ◆ Norma apresenta os critérios mínimos para uma aplicação ser considerada como de MCC

9

Passos para a implementação da MCC

- ◆ Compreende basicamente **oito etapas** associadas ao item físico ou sistema sob manutenção:
 - Etapa 1** – Preparação do Estudo
 - Etapa 2** – Seleção e Determinação do Sistema
 - Etapa 3** – Análise das Funções e Falhas Funcionais

10

Passos para a implementação da MCC

- Etapa 4** – Seleção dos Itens Críticos
- Etapa 5** – Coleta e Análise de Informações
- Etapa 6** – Análise de Modos e Efeitos de Falhas
- Etapa 7** - Seleção de Tarefas Preventivas
- Etapa 8** – Definição das Frequências das Tarefas de Manutenção Preventiva

11

Etapa 1 - Preparação do Estudo

- ◆ Definição do grupo que trabalhará no processo de implementação da MCC, composto por (pelo menos):
 - Um colaborador da área de manutenção;
 - Um colaborador da área de operação;
 - Um especialista em MCC.

12

Etapa 1 - Preparação do Estudo

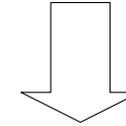
- ◆ Etapa deve esclarecer e definir objetivos e escopo da análise.
- ◆ MCC está concentrada na definição de estratégias de manutenção preventiva:
 - análise pode cobrir outras áreas, como manutenção corretiva, problemas de suporte logístico e gestão de peças sobressalentes

O grupo de MCC deve definir áreas que farão parte da análise

13

Etapa 2 - Seleção do Sistema

Essa etapa compreende a determinação do que será analisado e em que nível: planta industrial, sistema, itens físicos ou componentes.



A escolha de ativos ou sistemas que podem vir a se beneficiar da implementação da MCC é fundamental no processo de planejamento

14

Etapa 3 - Análise das funções e falhas funcionais

- ◆ Os objetivos dessa etapa são:
 - definição das fronteiras do sistema e sua descrição;
 - identificação das interfaces de entrada e saída do sistema;
 - identificação e descrição das funções do sistema;
 - identificação das formas como o sistema pode falhar.

15

Etapa 3 - Análise das funções e falhas funcionais

- ◆ Passos abordados a seguir são desenvolvidos de forma a elaborar uma base de informações suficiente p/ determinação das funções e falhas funcionais do sistema:
 - **Definições das fronteiras do sistema**
 - **Descrição do sistema**
 - **Funções e falhas funcionais**

16

Definição das fronteiras do sistema e sua descrição

- ◆ Essa etapa permite identificar as fronteiras entre os sistemas componentes da unidade fabril.
- ◆ O conhecimento preciso do que está sendo incluído no sistema e transformações que ocorrem entre a entrada e a saída do sistema garantem que nenhuma função importante seja negligenciada

17

Planilha de identificação das fronteiras do sistema

MCC	Planilha de identificação das fronteiras do sistema				
	SISTEMA (Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)	Sistema N ^o	Equipe:	Data	Folha N ^o
	Analista:		Data	de	

1 – Principais itens físicos:
(Campo destinado à identificação de todos os itens físicos que fazem parte do sistema em estudo)

2 – Fronteiras físicas do sistema:
Inicia com:
(Campo destinado à identificação das fronteiras físicas iniciais do sistema)

Termina com:
(Campo destinado à identificação das fronteiras físicas finais do sistema)

3 – Considerações necessárias:
(Campo destinado à identificação de advertências e considerações associadas às fronteiras do sistema)

Exemplo

MCC	Planilha de identificação das fronteiras do sistema			
	SISTEMA	Sistema no	Equipe:	Folha N ^o
	PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03	Analista:	Data:

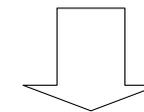
1 - Principais itens físicos:
Bombas de polpa, tubulações de polpa, válvulas e acessórios, bombas de água, tubulações de água, válvulas e acessórios, tanques de água e de polpa, classificadores vibratórios, depurador, refinador, motores elétricos, moto-redutores

2 - Fronteiras físicas do sistema:
Inicia com:
A polpa proveniente dos desfibradores é encaminhada aos classificadores vibratórios onde são rejeitadas partículas maiores que 10 mm de comprimento.
Água proveniente do T-600-08 é injetada no classificador vibratório para auxiliar na depuração primária.
O rejeito é conduzido manualmente por um operador a um container que posteriormente será encaminhado a um depósito de estocagem.
A polpa aceita no classificador vibratório é encaminhada via uma canaleta no piso da fábrica ao tanque de polpa T-600-07 no qual permanece armazenada temporariamente.
A bomba M06 transfere a polpa do tanque T-600-07 para o depurador pressurizado.
O depurador permite a passagem de polpa para o *Side Hill*.
A polpa com partículas maiores que 1,76 mm são encaminhadas ao refinador pilão para serem refinadas.
A polpa que sai do refinador pilão é encaminhada ao tanque T-600-07.
Energia elétrica é fornecida aos motores elétricos das bombas.
Um moto redutor regula a abertura e o fechamento do pilão do refinador.
O *Side Hill* ou engrossador retira parte da água da polpa, aumentando a sua consistência.
A polpa com a consistência desejada é armazenada no tanque T-600-09.
A água retirada da polpa é armazenada no tanque T-600-08.
Um agitador instalado no interior do tanque T-600-09 mantém a polpa homogênea.
Termina com:
A polpa com a consistência desejada é bombeada para o tanque de armazenagem TQ 05 situado na fábrica de papel.
A água *Side Hill* é armazenada no tanque T-600-08 a qual é posteriormente encaminhada aos sistemas da fábrica.

3 - Considerações necessárias:
Há uma entrada de água limpa que mantém o tanque T-600-08 sempre com o nível cheio.
A bomba M12 fornece água para resfriar e lubrificar as gaxetas.
O tanque TQ-05 situa-se na fábrica de papel e é controlado pela fábrica de pasta químico-mecânica.
O volume do tanque TQ-05 permite manter a fábrica de papel funcionando por aproximadamente 4 horas.
O nível de preparação de polpa é definido a partir do consumo de pasta na fábrica de papel.
Quando o nível do tanque TQ-600-07 estiver alto ou tanque cheio, soa um alarme e os operadores dos desfibradores diminuem a produção ou param completamente.
O tanque TQ-600-07 funciona como um pulmão para manter o nível de produção constante.

Descrição do sistema

- ◆ Documentação de informações tais como:
 - descrição do sistema,
 - diagrama de blocos funcional,
 - interfaces de entrada e saída,
 - lista de equipamentos e seu histórico.



- ◆ Permite identificar e documentar os detalhes essenciais p/ continuação da implementação da MCC

20

Descrição do sistema

- ◆ Descrição consiste na integração de informações de modo a permitir perfeito entendimento do que é utilizado p/ fornecer informações p/ a especificação de atividades de manutenção preventiva

O nível de detalhamento encontrado na descrição varia conforme a aplicação

21

Planilha de descrição do sistema

MCC	Planilha de descrição do sistema				
	SISTEMA (Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)	Sistema N ^o	Equipe:	Data	Folha N ^o
	Analista:		Data	de	
					1
					1

1 – Funções e seus parâmetros

(Campo destinado à identificação das funções e seus parâmetros de desempenho)

2 – Redundâncias

(Campo destinado à identificação dos itens físicos redundantes do sistema)

3 – Dispositivos de proteção

(Campo destinado à identificação dos dispositivos de proteção do sistema)

4 – Instrumentação e controle

(Campo destinado à identificação das características da instrumentação e controle)

22

Exemplo

MCC	Planilha de descrição do sistema				
	SISTEMA	Sistema no	Equipe:	Folha N ^o	
	PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03	Analista:	Data:	

1 - Funções e seus parâmetros

Separar cavacos longos e fibras com dimensão superior a 10 mm da polpa; garantir fluxo de polpa parcialmente depurada para o depurador; reter refluxo; armazenar polpa parcialmente depurada; depurar fibras com dimensão superior a 0,76 mm; garantir fluxo de polpa nas diversas etapas do processo; permitir a limpeza do depurador pressurizado; indicar o nível dos diversos tanques de armazenamento do sistema; indicar a intensidade da corrente elétrica dos diversos motores do sistema; indicar a pressão de operação de diversos pontos do sistema; refinar partículas rejeitadas do depurador; regular fluxo e pressão no refinador; engrossar a polpa até atingir a consistência de 4,5; armazenar água recuperada; armazenar polpa engrossada; manter homogênea a mistura de polpa engrossada no tanque de armazenamento; transferir água recuperada para os diversos pontos de consumo da fábrica; controlar a consistência da polpa que é encaminhada a fábrica de papel em 3,5; transferir a polpa preparada para fábrica de papel.

2 - Redundâncias

(Não há)

3 - Dispositivos de proteção

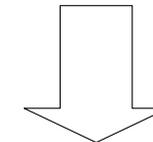
Dispositivo de proteção de sobrecarga dos motores.

4 - Instrumentação e controle

Indicador de nível dos tanques.
Indicador de corrente elétrica dos motores.

Descrição do sistema (Cont.)

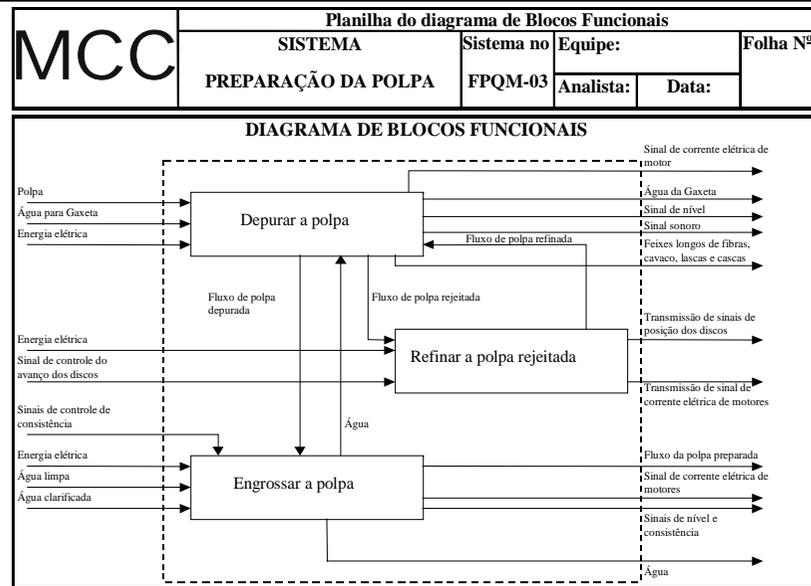
- ◆ Analista pode decidir por fazer descrição completa do sistema em um único formulário ou, quando o sistema é muito complexo, realizá-la em nível de subsistemas funcionais, de modo a facilitar o gerenciamento de informações



Outra atividade importante nessa etapa é a elaboração do diagrama de blocos do sistema

24

Exemplo



25

Descrição do sistema (Cont.)

- ◆ Interfaces de entrada e saída podem ser documentadas em planilha específica, relacionando *entradas, saídas e interfaces internas*.
- ◆ Interfaces internas representam uma interação entre os subsistemas funcionais:
 - Existência de interação indica que um subsistema depende da função de outro

26

Planilha de interfaces de entrada e saída

MCC	Planilha de interfaces de entrada e saída			
	SISTEMA (Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)	Sistema N ^o	Equipe:	
			Data	Folha N ^o
		Analista:	Data	de

1 – Interfaces de entrada:

(Campo destinado à identificação de todas as interfaces de entrada do sistema)

2 – Interfaces de saída:

(Campo destinado à identificação de todas as interfaces de saída do sistema)

3 – Interfaces internas de entrada e saída

(Campo destinado à identificação de todas as interfaces internas de entrada e saída do sistema)

27

Exemplo

MCC	Planilha de interfaces de entrada e saída			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema n ^o FPQM-03	Equipe:	
	SUBSISTEMA DEPURAÇÃO	Subsistema n ^o A	Analista:	Data:
				Folha N ^o

1 - Interfaces de entrada

Fluxo de polpa não preparada; fluxo de água para gaxetas; energia elétrica; fluxo de polpa refinada ou não refinada; fluxo de água para lavagem; fluxo de água para gaxetas.

2 - Interfaces de saída

Fluxo de água da gaxeta; sinais de corrente elétrica dos motores; feixes longos, cavacos, lascas e demais rejeitos da polpa; alarme sonoro de indicação de nível de tanque cheio; fluxo de polpa perdida e água da gaxeta; fluxo de polpa depurada; fluxo de polpa rejeitada.

3 - Interfaces internas de entrada e saída

Fluxo de polpa parcialmente depurada; fluxo de polpa perdida; fluxo de polpa depurada; fluxo de polpa parcialmente depurada drenada da depuração pressurizada; sinais *on/off* (liga e desliga) válvula de retorno do refluxo; sinais de 4 a 20 mV para indicação do nível do tanque T-600-06.

28

Descrição do sistema (Cont.)

- ◆ Outra etapa importante na descrição do sistema consiste na elaboração da lista de equipamentos do sistema:

- Para cada subsistema do diagrama de bloco funcional, são listados os itens físicos a ele pertencentes

A lista de itens físicos dos subsistemas pode ser documentadas em formulário

29

Planilha de descrição dos itens físicos do subsistema

MCC	Planilha para descrição dos itens físicos do subsistema				
	SISTEMA <i>(Campos destinados à identificação do sistema, subsistema e equipe que está realizando a análise MCC)</i>	Sistema N^o	Equipe:	Data	Folha N^o
	SUBSISTEMA:	Subsistema N^o	Analista:	Data	de

ITENS FÍSICOS

(Campo destinado à identificação dos itens físicos do subsistema)

INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE

(Campo destinado à identificação da instrumentação e controle do subsistema)

30

Exemplo

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS				
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema n^o FPQM-03	Equipe:	Folha N^o	
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema n^o A	Analista:	Data:	
ITENS FÍSICOS (IF) e INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE (IC)					
N ^o	Descrição	Quant.	Características Técnicas	Local de Instalação	
IF-01	Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	1	Classificador Vibratório marca Voith, modelo 500 S, rotação de 700 rpm, motor de acionamento WEG modelo 112M, rotação 1450 rpm.	Saída do canal da rosca elevatória	
IF-02	Conjunto motobomba M 06	1	Bomba M 06, fabricante KSB, tipo EZK 150/40, potência 75 cv, vazão de 5000 l/min, altura manométrica e 44 m.ca., rotação de 1750 rpm.	Linha de saída do tanque T-600-07, próximo a sua saída	
IF-03	Válvula da linha de sucção da bomba M06	1	Válvula do tipo guilhotina, de bloqueio da bomba M06. Normalmente aberta.	Na linha de sucção da bomba M06, próximo a sua entrada.	
IF-04	Válvula de retenção da bomba M 06	1	Válvula de retenção da bomba M 06.	Início da linha de recalque da bomba M 06	
IF-05	Válvula controladora do refluxo para o tanque T-600-7	1	Válvula de controle do refluxo do tanque T-600-7, TAG 10, acionada por microcontrolador de painel.	Início da linha de refluxo do tanque T-600-7	
IF-06	Válvula dos chuveiros do classificador vibratório	3	Válvula gaveta para controle da vazão dos chuveiros do classificador vibratório. Diâmetro nominal da tubulação de 10".	Na linha de água, na parte superior do classificador vibratório	

31

Descrição do sistema (Cont.)

- ◆ Descrição do sistema depende também da análise do histórico de manutenção e falhas dos itens físicos:

- Para os propósitos da MCC, histórico de maior interesse direto é aquele associado c/ falhas ocorridas nos últimos dois ou três anos

- ◆ As informações sobre o histórico das falhas são armazenadas em formulário

32

Planilha para identificação do histórico dos itens físicos

MCC	Planilha para identificação do histórico dos itens físicos			
	SISTEMA <i>(Campos destinados à identificação do sistema e equipe que está realizando a análise MCC)</i>	Sistema N ^o	Equipe: Data	Folha N ^o
Item físico <i>(Campo destinado à identificação do item físico)</i>	Data <i>(Campo destinado à data da ocorrência da falha)</i>	Modo de Falha <i>(Campo destinado à identificação do modo de falha que afetou a função do item físico)</i>	Causa da Falha <i>(Campo destinado à identificação da causa da falha que gerou o modo de falha)</i>	

33

Funções e falhas funcionais

- ◆ Interfaces de saída são transformadas em funções, associadas aos seus respectivos padrões de desempenho
- ◆ Interfaces internas de saída entre os subsistemas funcionais também constituem-se em fonte p/ a especificação das funções do sistema, uma vez que são essenciais ao desempenho do sistema

34

Funções e falhas funcionais

- ◆ O analista deve saber também que existem funções passivas, não tão óbvias como as demais
- ◆ Nessa etapa, o grupo deve ter em mente que aquilo que é analisado são as funções do sistema e não o que o item físico representa no sistema
- ◆ **Quando as funções do sistema estiverem concluídas, podem-se definir as falhas funcionais**

35

Funções e falhas funcionais

- ◆ Preservar as funções do sistema significa evitar falhas funcionais
- ◆ Embora a falha ocorra no item físico, o processo de análise enfoca a perda funcional e não a perda do próprio item físico
- ◆ Pode-se utilizar uma planilha para a descrição das falhas funcionais

36

Planilha para descrição das funções e falhas funcionais

MCC	Planilha para descrição das funções e falhas funcionais				
	SISTEMA	Sistema N ^o	Equipe:	Data	Folha N ^o
	<i>(Campos destinados à identificação do sistema, subsistema e equipe que está realizando a análise MCC)</i>				
	SUBSISTEMA:	Subsistema N ^o	Analista:	Data	de

N ^o	FUNÇÃO	N ^o	FALHA FUNCIONAL
	<i>(Campos destinados à identificação da função do subsistema e seus códigos)</i>		<i>(Campos destinados à identificação da falha funcional da função e seus códigos)</i>

37

Exemplo

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS			
	SISTEMA	Sistema n ^o	Equipe:	Folha N ^o
	PREPARAÇÃO DA POLPA	FPQM-03		
	SUBSISTEMA	Subsistema	Analista:	Data:
	Depuração	A		
N ^o	FUNÇÃO	N ^o	FALHA FUNCIONAL	
F-01	Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos, com tamanho maior que 10 mm da polpa.	FF-01	Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa.	
		FF-02	Não separar adequadamente feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm da Polpa.	
		FF-03	Rejeitar as fibras boas da polpa com os feixes longos de fibras, lascas, cascas e outros rejeitos com tamanho maior que 10 mm.	
F-02	Conter o fluxo de polpa para realizar a depuração pressurizada.	FF-04	Não conter o fluxo de polpa para realizar a depuração Pressurizada.	
F-03	Armazenar temporariamente e garantir a transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.	FF-05	Não operar completamente o subsistema de armazenagem e transferência da água da gaxeta e polpa perdida do porão.	
F-04	Reter o refluxo da polpa parcialmente depurada para a bomba M06.	FF-06	Não reter o refluxo de polpa parcialmente depurada para a bomba M06.	
F-05	Garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a Tubulação.	FF-07	Não garantir o refluxo de polpa parcialmente depurada para esgotar a tubulação.	
F-06	Armazenar polpa parcialmente depurada para manter constante o nível de produção da fábrica.	FF-08	Transbordar o tanque T-600-06.	

Etapa 4 – Seleção dos itens físicos críticos

◆ **Objetivo** = identificar itens físicos potencialmente críticos c/ relação as falhas funcionais identificadas na etapa anterior:

– Candidatos naturais são os itens c/ elevada taxa de falha, altos custos de reparo, baixa manutenibilidade ou necessidade de pessoal externo de manutenção

◆ Alguns autores designam esses itens como “Itens Significativos de Manutenção – ISM”:

– traduzido do inglês *Maintenance Significant Items*

39

Etapa 4 – Seleção dos itens físicos críticos

◆ P/ alguns autores, separação em itens físicos críticos não deve ser feita, pois pode excluir itens importantes do foco de atenção

◆ Outros autores afirmam que a seleção de itens críticos é muito importante p/ não se perder tempo e dinheiro na análise de itens que não trarão um retorno significativo

◆ **Conforme os autores, em muitos casos é benéfico definir os itens críticos; em outros, talvez não**

40

Etapa 5 - Coleta e Análise de Informações

- ◆ Obtenção de informações a respeito do sistema em análise é de fundamental importância p/ implementação do processo de MCC:
 - Subsidia as demais etapas c/ informações para a tomada de decisão
 - Não há um momento exato para o início e término dessa etapa

45

Etapa 5 - Coleta e Análise de Informações

- ◆ Informações p/ análise da MCC podem ser divididas em três categorias:
 - informações de projeto
 - informações operacionais
 - informações de confiabilidade.

46

Etapa 5 - Coleta e Análise de Informações

- ◆ Informações históricas necessárias nas outras etapas do processo de implementação da MCC podem ser obtidas nos seguintes documentos:
 - diagramas de instrumentação
 - diagramas de bloco ou esquemas do sistema
 - manuais e memoriais de venda dos equipamentos
 - arquivos históricos do equipamento
 - manuais de operação do sistema
 - especificações e dados descritivos do projeto do sistema

47

Etapa 6 – Análise de modos de efeitos de falha

- ◆ **Objetivo:** identificar os modos de falha dominantes dos itens críticos de manutenção
- ◆ Para desenvolver essa etapa, utiliza-se o FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas.

48

Etapa 6 – Análise de modos de efeitos de falha

- ◆ Planilha do FMEA aplicada a MCC deve ser elaborada para cada falha funcional, a qual é identificada no cabeçalho da planilha com as demais informações padrões sobre o sistema e subsistema.

Planilha de análise de modos e efeitos de falha

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS			
	SISTEMA <i>(Cabeçalho da Planilha)</i>	Sistema n°	Equipe:	Folha N°
	SUBSISTEMA	Subsistema n°	Analista:	Data
FUNÇÃO: <i>(Campo destinado à identificação da função do subsistema)</i>		FALHA FUNCIONAL: <i>(Campo destinado à identificação da falha funcional do subsistema)</i>		
ITEM FÍSICO <i>(Campo destinado à identificação do item físico)</i>	MODOS DE FALHA <i>(Campo destinado à identificação do modo de falha potencial)</i>	CAUSA DA FALHA <i>(Campo destinado à identificação das causas do modo de falha)</i>	EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA <i>(Campo destinado a descrever o efeito da falha e consequência quando ocorre o modo de falha. A descrição pode ser feita em nível local, nível de subsistema ou em nível de planta industrial)</i>	D.D.
<i>(Campo destinado à indicação da utilização ou não do Diagrama de Decisão para análise do modo de falha. Se a resposta for "S" (Sim), o modo de falha será analisado pelo Diagrama de Decisão. Se a resposta for "N"(Não), será adotada a tarefa de manutenção "Operar até a falha", atuando-se na correção somente após a ocorrência da falha)</i>				

Exemplo

MCC	PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS			
	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA	Sistema n° FPQM-03	Equipe:	Folha N°
	SUBSISTEMA Depuração	Subsistema A	Analista:	Data
FUNÇÃO: F-01 Separar feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos diversos, com tamanho maior que 10 mm da polpa		FALHA FUNCIONAL: FF-01 Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa		
ITEM FÍSICO	MODOS DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D.
IF-01 Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	MF-01 Motor elétrico do classificador queimado	A - Perda de isolamento devido à umidade B - Travamento dos mancais devido a sujeiras	Pára completamente o classificador vibratório. No painel a corrente elétrica cai a zero. A peneira transborda. 2 horas de paralização para a troca e instalação de um outro motor. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído [A, B].	S
IF-01 Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	MF-02 Sobrecarga do motor elétrico do classificador	A - Excesso de polpa para o peneiramento	Pára completamente o classificador vibratório. No painel a corrente elétrica cai a zero. A peneira transborda. 10 minutos de paralização para a limpeza da peneira [A].	S
IF-01 Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	MF-03 Ruptura da mola do classificador vibratório	A - Fadiga do material da mola	O motor permanece ligado e a peneira continua a realizar seu movimento, porém descontroladamente. No painel a corrente elétrica sobe. 30 minutos de paralização para a instalação de uma nova mola. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção [A].	S
IF-01 Conjunto Classificador Vibratório M13 e M14	MF-04 Ruptura do acoplamento elástico do classificador	A - Fadiga do elastômero do acoplamento elástico	A peneira pára de vibrar. O motor elétrico permanece ligado. A corrente elétrica do motor cai praticamente a zero. Inicia um acumulo de polpa sobre a peneira. 30 minutos de paralização para a instalação de um novo acoplamento. O nível de produção do sistema de desfibramento é diminuído durante o período de manutenção [A].	S

Etapa 7 - Seleção de Tarefas Preventivas

- ◆ Etapa compreende seleção das tarefas viáveis e efetivas na prevenção das falhas funcionais
- ◆ Faz-se ainda uma comparação entre o programa de manutenção preventiva existente e o proposto pela MCC, além de uma revisão do processo, em busca de erros e omissões.

Etapa 7 - Seleção de Tarefas Preventivas

- ◆ As ferramentas básicas para o desenvolvimento dessa etapa são:
 - Árvore Lógica de Decisão
 - Diagrama de Seleção de Tarefas.

53

Análise Lógica de Decisão (ALD)

- ◆ Permite classificar cada modo de falha em uma das quatro categorias:
 - relacionado c/ segurança
 - relacionado c/ integridade ambiental
 - relacionado c/ parada forçada de produção
 - relacionado c/ perdas econômicas.
- ◆ Diagrama permite também identificar e distinguir as falhas evidentes das ocultas p/ o operador.

54

Diagrama de Seleção de Tarefa de Manutenção

- ◆ Consiste na seleção das tarefas de manutenção aplicáveis ao ativo físico.
- ◆ A etapa é dividida em duas:
 - seleção das tarefas
 - comparação das tarefas antigas com as propostas pela MCC

55

Exemplo

Planilha para seleção de tarefas																
MCC	SISTEMA PREPARAÇÃO DA POLPA				Sistema nº FPQM-03				Equipe:		Falha N					
	SUBSISTEMA Depuração				Subsistema A				Analista:			Data: 28.06/03				
FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO				DIAGRAMA DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE TAREFAS				TAREFA						
		E	S	A	O	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ACÇÃO
FF-01 Não operar completamente a separação de feixes longos de fibras, cavacos, lascas, cascas e demais rejeitos com tamanho maior que 10 mm da polpa	MF-01	S	N	N	S	B	S	N	-	S	N	-	N	N	1- Inspeccionar visualmente para identificar entrada de água ou poeira no motor elétrico do classificador vibratório	2S
	MF-02	S	N	N	S	B	N	-	-	N	-	-	N	1- Operar até ocorrer a sobrecarga do motor elétrico do classificador vibratório		
	MF-03	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	1- Inspeção visual para detecção de início de trincas no raio interno das molas do classificador vibratório 2- Operar até ocorrer a falha da mola do classificador vibratório	2S
	MF-04	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	1- Inspeção visual do acoplamento elástico do classificador vibratório 2- Operar até ocorrer a falha do acoplamento elástico do classificador vibratório	2S
	MF-05	S	N	N	S	B	S	S	S	S	N	-	N	N	1- Inspeção do nível de óleo do mancal do eixo de acoplamento do classificador vibratório 2- Verificação do nível de vibração do mancal do eixo de acoplamento do classificador vibratório 3- Descarte programado dos rolamentos	1S 2S 1A
	MF-06	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	1- Inspeção visual para detecção de início de trincas na estrutura de sustentação lateral das peneiras do classificador vibratório	
	MF-07	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	S	N	1- Inspeção visual para verificar a existência de desgaste da chapa protetora do rotor excêntrico 2- Redirecionar o jato de água para longe da chapa protetora do rotor excêntrico (Operação)	1M 1D
	MF-08	S	N	N	S	B	S	N	-	N	N	-	N	N	1- Inspeção visual das correias do classificador vibratório para detecção das suas condições 2- Operar até a falha da ruptura das correias do classificador vibratório	2S

Etapa 8 – Definição da Periodicidade das Tarefas de Manutenção Preventiva

- ◆ **Objetivo:** determinar o intervalo ótimo para realizar as tarefas de manutenção previstas na Etapa 7.
- ◆ **Pode ser dividido em quatro categorias:**
 - Periodicidade das tarefas de restauração e descarte baseada no tempo
 - Periodicidade das tarefas de monitoramento baseada nas condições atuais
 - Periodicidade das tarefas de verificação funcional
 - Periodicidade das tarefas baseadas na opinião de especialistas

57

Periodicidade das tarefas de restauração e descarte baseada no tempo

- ◆ Leva em conta a idade na qual o item físico apresenta um rápido aumento da probabilidade de falha.
- ◆ **Tem-se 2 intervalos para a execução das tarefas:**

Limite de vida segura:

Falhas com consequência na segurança humana e ambiental

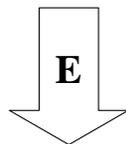
Limite de vida econômica:

Falhas com consequência operacionais e econômicas

58

Periodicidade das tarefas de restauração e descarte baseada no tempo

- ◆ O limite de vida segura é muitas vezes estabelecido dividindo o MTBF por um fator arbitrário, maior que três ou quatro.



- ◆ O limite de vida econômica é usualmente igual à vida útil do item.

59

Periodicidade das tarefas de monitoramento baseada nas condições

- ◆ Tem por objetivo detectar falhas potenciais
- ◆ Baseia-se no estado verificado do equipamento e no histórico de correlação entre estado verificado e incidência de falhas

60

Periodicidade das tarefas de verificação funcional

- ◆ É determinada conhecendo-se a indisponibilidade e a confiabilidade do item.

$$PVF = I \times MTBF$$

PVF = periodicidade da tarefa de verificação funcional,

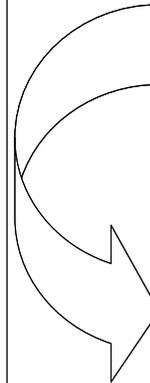
I = indisponibilidade do dispositivo de proteção

MTBF = tempo médio entre falhas

61

Periodicidade das tarefas baseadas na opinião de especialistas

- ◆ Quando não se dispõem de informações históricas para determinar estatisticamente a periodicidade das tarefas de manutenção, a única opção é determiná-las através da opinião de especialistas.



tal recurso é utilizado em fases iniciais de implementação da MCC

62

Comparação de tarefas antigas com tarefas propostas pela MCC

- ◆ Visa permitir que todos conheçam as diferenças entre as duas propostas e motivar especificamente os gerentes a trocar o programa de manutenção existente.

Se a planta é nova, essa etapa permitirá comparar as tarefas propostas pelo fabricante do equipamento com as propostas pela MCC

63