



PROGRAMA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
CICLO 2003/2004

Nº DO CONTRATO: 4500052325

Nº DO PROJETO: 128

INÍCIO: 28/09/2005

DURAÇÃO: 24 meses

A. Instituição executora:

B. Título do Projeto:

Modernização da Área de Automação de Processos das Usinas Hidroelétricas de Balbina e Samuel

C. Coordenador do Projeto:

Nome:	Alberto José Álvares				
Fone:	(61)-3307-2314	Cel:	(61)-99679435	E-Mail:	alvares@AlvaresTech.com

RELATÓRIO DE PRODUTOS GERADOS: ETAPA 1 e ETAPA 2 - Ano 1 & ETAPA 4 – Ano2

ETAPA 1 – ANO 1: ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA INTELIGENTE DE MANUTENÇÃO (*SIMPREBAL: METODOLOGIA DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DA USINA DE BALBINA BASEADO NOS DADOS MONITORADOS DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE SMAR E ROCKWEL*)

ETAPA 2 – ANO2: BASE DE CASOS DE CENÁRIOS DE CONTINGÊNCIA (PRODUTO PRELIMINAR)

ETAPA 4 – ANO2: TREINAMENTO DE RECURSOS HUMANOS ASSOCIADO À MONTAGEM PLANTA DIDÁTICA FIELDBUS SMAR



1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta a metodologia desenvolvida no contexto do projeto Modernização da Área de Automação de Processos das Usinas Hidroelétricas de Balbina e Samuel associada ao produto das etapas 1 e 2 (ano 1); onde o objetivo é o desenvolvimento da metodologia do sistema inteligente de manutenção preditiva da usina de Balbina. Esta metodologia é denominada de SIMPREBAL (Sistema Inteligente de Manutenção Preditiva de Balbina), bem como apresenta a montagem e instalação da Planta Didática FieldBus da Smar, associado à etapa 4 do ano 2.

A metodologia SIMPREBAL é baseada em conceitos de manutenção centrada em confiabilidade, sendo utilizada para analisar os modos e efeitos de falhas das Unidades Geradoras Hidráulicas de Balbina a partir das grandezas monitoradas pelo sistema de supervisão e controle da Usina, focando a sua análise no sistema da turbina. O Conjunto Turbina Gerador tem as seguintes especificações:

- ✓ Turbinas: Tipo Kaplan; Número de Unidades 5; Capacidade Instalada é 250MW e Queda Líquida de 21,85m
- ✓ Geradores: Tipo Umbrella, Número de Unidades 5; Capacidade Nominal é 55,5MVA e Tensão Nominal é 13,8kV

Atualmente a Usina de Balbina está em processo de modernização sendo implantado solução de monitoração e supervisão dos seus sistemas baseado no uso de tecnologias FieldBus Foundation e DeviceNet, sendo instaladas as soluções das empresas Smar e Rockwell Automation.

O objetivo principal deste relatório é apresentar a metodologia concebida para o desenvolvimento do sistema de manutenção preditiva da Usina de Balbina baseado nos dados monitorados do sistema de supervisão e controle Smar e Rockwell associadas as grandezas monitoradas das unidades geradoras hidráulicas, no caso focado no sistema da turbina.

O produto gerado pela ETAPA 1 – ANO 1 está associado a metodologia concebida para desenvolvimento a especificação do sistema inteligente de manutenção, que no caso é baseada em conceitos associados a manutenção centrada em confiabilidade.

O produto gerado para a ETAPA 2 – ANO 1, apresentado de forma parcial neste relatório, está associado a construção de base de casos de cenários de contingência associadas a manuteção. Os dados foram levantados a partir do SAP-R3 e do Info_opr, relativos às Usinas de Balbina e Samuel. A partir destes dados foi aplicada a metodologia de manutenção baseada em confiabilidade, gerando o FMEA, árvore de falhas, diagrama de Markov e diagramas de blocos de uma Unidade Geradora Hidráulica de Balbina.

O produto gerado para a ETAPA 4 – ANO 2 está associado a montagem da planta didática da SMAR e treinamento de recursos humanos (Treinamento de recursos Humanos). A planta já está instalada no Graco e o primeiro treinamento ocorrerá de 19 a 23 de Junho de 2005, com a participação de técnicos da Eletronorte.

A metodologia proposta é genérica, podendo ser utilizada também no sistema do Gerador. Como o projeto focou no sistema Turbina, este será analisado exaustivamente, tendo por objetivo levantar o FMEA associado aos componentes, equipamentos e sistemas que o constituem. Como apoio à metodologia será utilizado duas ferramentas computacionais, o softwares Relex e Reliasoft, onde conseguiu-se licenças educacionais para uso neste projeto de pesquisa.

O projeto tem por objetivo conceber uma metodologia denominada de SIMPREBAL para coleta e análise de dados monitorados nas unidades geradoras da usina de Balbina e a implementação de um sistema computacional com vistas à produção de diagnósticos de estados de funcionamento e de

dados que auxiliem a tomada de decisão quanto a ações operacionais e de manutenção das máquinas visando o aumento da disponibilidade dos equipamentos. Sob o escopo delineado na frase anterior podem-se listar os seguintes objetivos principais:

- ✓ Desenvolver metodologia de coleta e armazenamento dos dados disponibilizados pela rede Fieldbus;
- ✓ Desenvolver metodologia de redução e análise dos dados utilizando técnicas estatísticas;
- ✓ Desenvolver metodologia de interpretação dos dados utilizando técnicas de análise de correlação, de fusão de sensores e de inteligência artificial;
- ✓ Desenvolver uma base de dados relacional contendo informações históricas e presentes referentes aos estados de funcionamento das unidades geradoras da Usina de Balbina;
- ✓ Desenvolver modelos sistêmicos que mapeiem as relações entre variáveis monitoradas e estados observados nas unidades geradoras;
- ✓ Integrar as metodologias desenvolvidas em um sistema especialista de coleta e interpretação de dados, capaz de produzir diagnósticos que auxiliem a tomada de decisões operacionais e de manutenção preditiva e pró-ativa;
- ✓ Implementação do software a partir da metodologia proposta.
- ✓ Montagem de uma planta didática da Smar para possibilitar treinamento presencial e a distância (laboratório remoto), bem como possibilitar o desenvolvimento do software para o sistema inteligente de manutenção em laboratório e ambiente controlado (*Objetivo já concluído, antecipando a geração do produto em sete meses*).
- ✓ Treinamento e reciclagem de recursos humanos.

Serão utilizados dados históricos disponibilizados pelos sistemas computacionais Info_opr (Balbina e Samuel) e SAP/R3 associados aos registros de manutenção da Usina de Samuel. Os dados de manutenção da Usina de Balbina não estão disponíveis. Devido a este fato serão utilizados os dados de Samuel, que podem ser acessados via SAP/R3, para realizar a análise de modos e efeitos de falhas (FMEA), associado a metodologia concebida.

O capítulo dois apresenta os conceitos associados à Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e a metodologia utilizada no projeto para o desenvolvimento do sistema de manutenção preditiva (Produto ETAPA 1 ANO1). O capítulo três apresenta a especificação da instrumentação utilizada em Balbina. O capítulo quatro detalhe os programas de manutenção planejada para o sistema da turbina e para medição de vibração utilizada pela Eletronorte. O capítulo cinco apresenta a árvore de falhas da unidade geradora hidráulica de Samuel, semelhante à Balbina. O capítulo oito apresenta as CA's para a Usina de Samuel de 2000 a 2005. O capítulo sete apresenta as taxas de falhas de Balbina e Samuel levantadas até 2006. O capítulo oito apresenta aspectos relativos à informatização da manutenção, em especial a utilização de ferramentas computacionais para apoiar a aplicação de MCC. O capítulo nove apresenta o FMEA em desenvolvimento para a UGH de Balbina, baseada nos dados de Samuel (Produto ETAPA 2 ANO 1). O Capítulo dez apresenta a montagem da planta didática III Fieldbus da Smar, sendo esta etapa associada a um produto finalizado previsto como etapa 4 ano 2 no cronograma de projeto (Produto ETAPA 4 ANO2).

2. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

O campo da gerência da manutenção é na atualidade um dos mais dinâmicos em mudanças. Dunn (2001), em seu trabalho “Reinventing the Maintenance Process”, analisa esta dinâmica sob a ótica proposta por Moubray (1997, p.02-06) em Reability-Centered Maintenance. Descreve as mudanças como sendo em três áreas principais:

- ✓ crescimento das expectativas de manutenção,
- ✓ melhor entendimento de como os equipamentos falham,
- ✓ uma escala sempre crescente de técnicas de gerenciamento de manutenção, e considera, também estas mudanças acontecendo em três “gerações” como delineadas.

A Figura 2.1 permite verificar o aumento na demanda pelos sistemas de manutenção com relação às exigências organizacionais. Da primeira à terceira geração dos SM, substituiu-se o antigo conceito de substituição após avaria (anos 40-50) por um conjunto de requisitos que incluem desde a disponibilidade e confiabilidade de maquinário ao cuidado com o impacto no meio-ambiente (aos 80-2000). As escalas crescentes de exigência também impactam em maior demanda pelo conhecimento na atividade de manutenção.

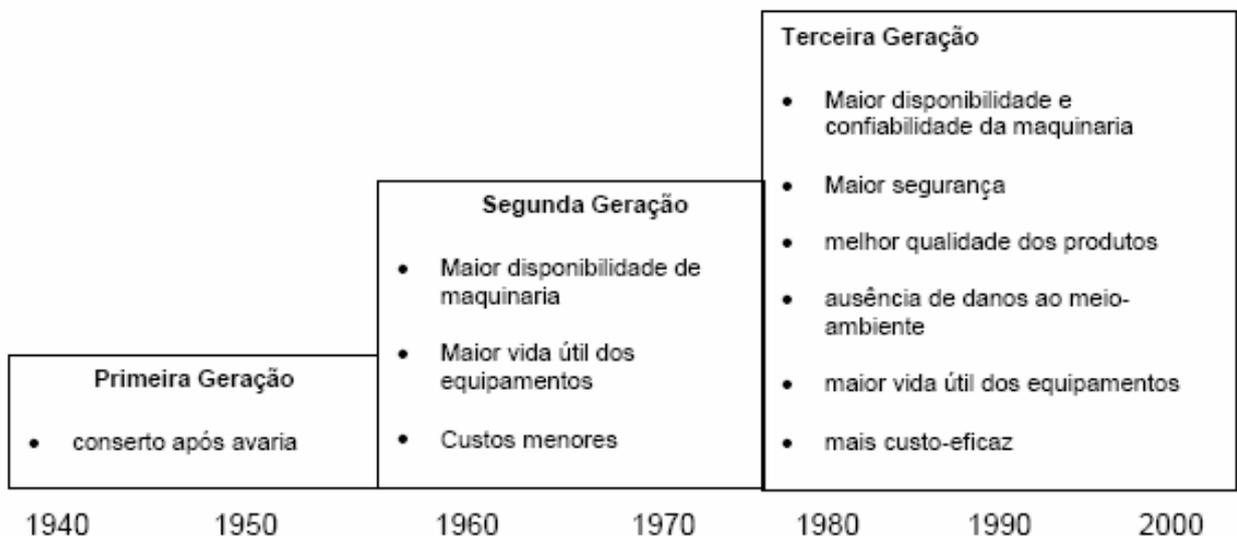


Figura 2.1 - Crescimento das expectativas de manutenção (Moubray, 1997).

A Figura 2.2 representa este fato, com o aumento no número de indicadores e análise referentes à atividade de manutenção. Mostra, também, conforme análise de Moubray (1997, p.04), como a concepção mais antiga de falha era simplesmente de que os itens mais velhos, tinham mais probabilidade de falhar. Uma crescente conscientização de “mortalidade infantil” levou a crença generalizada da Segunda Geração na curva “da banheira”. Entretanto, a pesquisa da Terceira Geração revelou que não apenas um ou dois, porém seis padrões de falha ocorrem realmente na prática.

II – Melhor entendimento de como os equipamentos falham

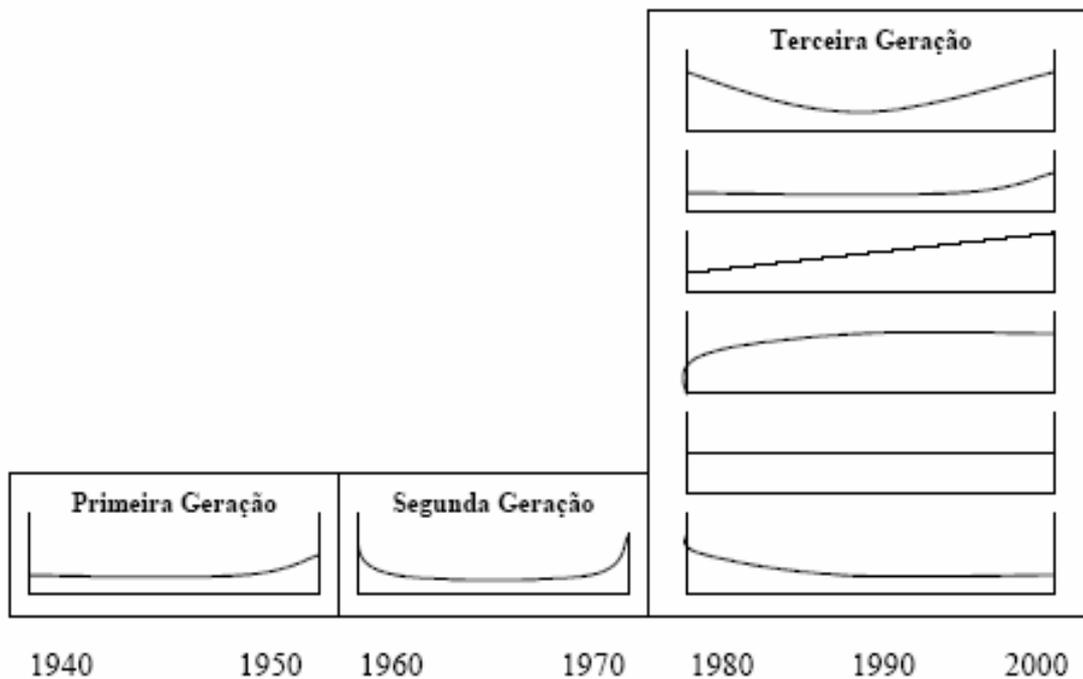


Figura 2.2 – Mudanças de visão na falha do equipamento (Moubray, 1977).

A Figura 2.3 destaca o impacto das demandas nas políticas de manutenção. A terceira geração inclui monitoração de condições, análise de risco, emprego intensivo da tecnologia da informação e de profissionais versáteis, todos fatores de impacto ao emprego de conhecimento intensivo. A figura 2.4 apresenta a evolução da manutenção até os dias atuais.



Figura 2.3 – Mudança das técnicas de manutenção (Moubray, 1997).

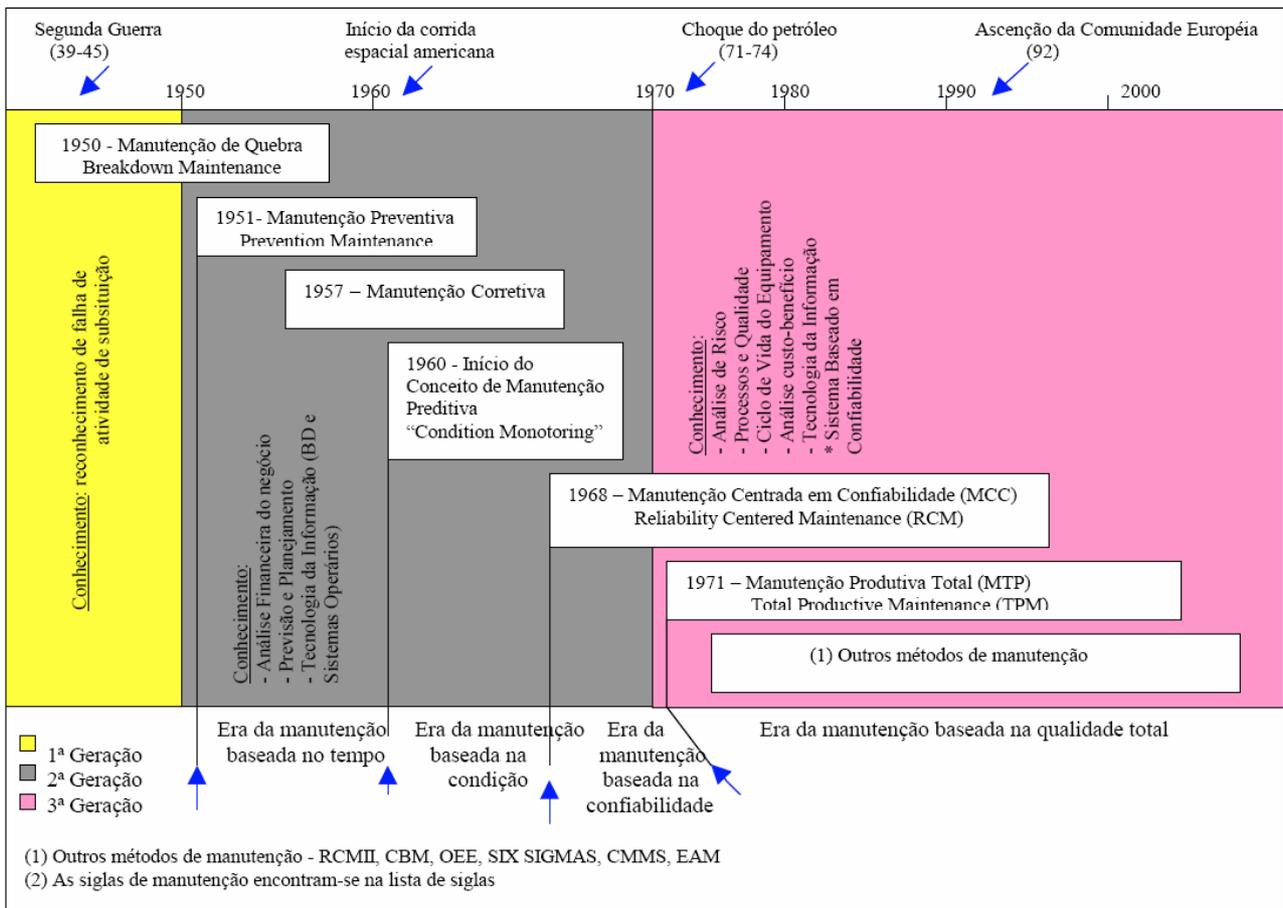


Figura 2.4 – Evolução da manutenção.

2.1 FORMAS DE MANUTENÇÃO

Um grande número de variações na terminologia sobre as formas de manutenção tem surgido na literatura corrente. Mesmo esta diversidade de denominações não traz maiores dificuldades para a comunidade da manutenção nos diversos segmentos industriais, seja na área elétrica, petroquímica, indústrias de transformação, dentre outras. Normalmente, estas áreas mantêm entre si razoável padronização e a terminologia adotada, não apresentando diferenças conceituais relevantes.

Segundo GCOI-SCM (1998), apresentam-se as seguintes definições básicas para a sistemática de manutenção dos equipamentos, indicadas na tabela 1.

Tabela 2.1: Diferenciação entre Falha e Defeito.

Função Requerida	Conjunto de condições de funcionamento para o qual o equipamento foi projetado, fabricado ou instalado.
Falha	É toda alteração física ou química no estado de funcionamento do equipamento que impede o desempenho de sua função requerida e o leva invariavelmente à indisponibilidade.
Defeito	É toda alteração física ou química no estado de funcionamento de um equipamento que não o impede de desempenhar sua função requerida, podendo o mesmo operar com restrições.

Conforme o Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade (Branco Filho, 1996, p.43), “uma falha é o término da capacidade de um equipamento desempenhar a função requerida e um defeito não torna o equipamento indisponível”. Cabe comentar que, embora a falha e o defeito sejam também encontrados na literatura como sinônimos, esses termos são considerados de modo diferenciado pelas empresas do Setor Elétrico Brasileiro, como Itaipu, Chesf, Cemig, Eletronorte, Copel, dentre outras. Observa-se que também a norma NBR-5462 (1994), já citada, apresenta essa diferenciação. Neste sentido, caracteriza-se a manutenção corretiva quando se apresentam situações de estado de falha e, manutenção preventiva, quando se apresentam situações de defeito.

A manutenção corretiva (figura 2.5) pode ser entendida como todo trabalho de manutenção realizado após a falha do equipamento, visando restabelecê-lo à sua função requerida, eliminando o estado de falha. Associado a essa concepção, a manutenção corretiva pode ser subdividida em dois tipos: paliativa, que compreende as intervenções corretivas executadas provisoriamente, a fim de colocar o equipamento em funcionamento, para, a seguir, executar o reparo definitivo); e, curativa, que compreende as intervenções típicas de reparo em caráter definitivo, a fim de restabelecer o equipamento à fruição requerida.

A manutenção preventiva (figura 2.5), por sua vez, é definida para a situação em que não se caracterizou um estado de falha. Sendo assim, essa forma de manutenção é aquela realizada em um equipamento com a intenção de reduzir a probabilidade de ocorrência da falha. É uma intervenção de manutenção prevista, preparada ou programada antes da data provável do aparecimento da falha.

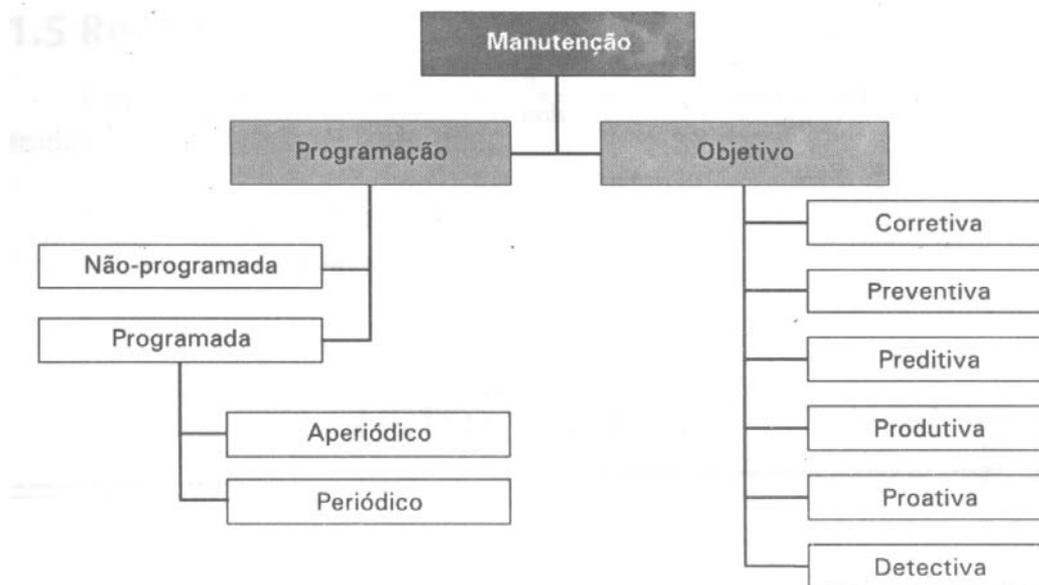


Figura 2.5 - Classificação da manutenção (Siqueira, 2005).

A atividade de manutenção preventiva sistemática é aplicada quando a lei de degradação é conhecida. Essa lei diz respeito ao conhecimento sobre a evolução do desgaste do equipamento, à medida em que é utilizado. Esse processo ocorre de modo mais acelerado se o equipamento for operado inadequadamente.

Por outro lado, caso a lei de degradação seja desconhecida, a manutenção preventiva definida na condição e no tempo, se subdivide respectivamente em preditiva ou por acompanhamento. A manutenção preventiva preditiva ocorre quando se aplica supervisão contínua dos parâmetros de controle. Para Nepomuceno (1989, p.41), “manutenção preditiva ou monitoramento sob condição é a manutenção executada no momento adequado e antes que se processe o rompimento ou falha do

componente”. Já a manutenção preventiva ‘por acompanhamento’ é definida quando se utilizam inspeções ou rondas periódicas.

Na literatura técnica, também encontra-se a denominação de técnicas preditivas e não de manutenção preditiva, por se entender que esta forma de atuação estaria englobada pela manutenção preventiva. Este é o caso das empresas do Setor Elétrico Brasileiro, conforme GCOI-SCM (1998), no seu Manual do Usuário do Sistema Estatístico da Manutenção. Esta forma de manutenção não apenas seria aplicada em situações de supervisão contínua, mas também no acompanhamento da performance do equipamento em operação (medições de vibração, temperatura, e outros), e mesmo para o acompanhamento dos parâmetros de controle obtidos a intervalos regulares (análise físico-química de óleo isolante e lubrificante, por exemplo).

Geralmente, a manutenção corretiva é aplicada como complemento residual à manutenção preventiva, pois qualquer que seja a natureza ou nível de prevenção executado, sempre existirá um grupo de falhas residuais que necessariamente irão exigir uma ação corretiva. Esta avaliação também deve considerar o aspecto de custo envolvido, quando reparar corretivamente pode ser mais econômico que intervenções do tipo preventivas.

Para melhor ilustrar as formas de manutenção Monchy (1989,p.35) apresenta um diagrama, estruturado como um fluxo, onde com base em cada situação se define a forma de manutenção a ser adotada, conforme a Figura 2.6.

Outras variações de denominação existem, mas todas elas de alguma maneira estão associadas ao que já foi apresentado. As mais frequentes, encontradas nos dicionários de termos técnicos são, para manutenção corretiva – manutenção forçada, manutenção por falha, manutenção por quebra e manutenção de melhoria. Para manutenção preventiva – manutenção planejada e manutenção programada, e, para a manutenção preditiva, além da variação para técnicas preditivas, como já comentado, tem-se manutenção preventiva não sistemática ou manutenção preventiva por estado.

Sobre este último conceito, Moubrey (2000) propõe a definição de uma outra forma de manutenção, denominada manutenção detectiva. Esta forma de manutenção compreende verificações funcionais ou tarefas de busca de falhas, que são atividades desenvolvidas para checar ou testar se algum equipamento ainda funciona. Todavia, considerando os conceitos já apresentados, esta atividade poderia ser classificada como manutenção preventiva.

Com menor ocorrência, são encontradas: manutenção por oportunidade (tarefa de manutenção preventiva, na maioria das vezes, aproveitando a disponibilidade operativa do equipamento), e manutenção em funcionamento ou manutenção permitindo o funcionamento (tarefa de manutenção preventiva sem indisponibilidade do equipamento).

Para definir a melhor estratégia a ser adotada em um plano de manutenção, considerando-se as várias formas de manutenção, é necessário desenvolver uma análise de custo-benefício. Em vista disso, utiliza-se concomitantemente, em uma instalação, as diferentes formas de manutenção, avaliando a função desempenhada pelo equipamento, sua importância no contexto operacional e as consequências das possíveis falhas, que o equipamento possa gerar ao falhar.

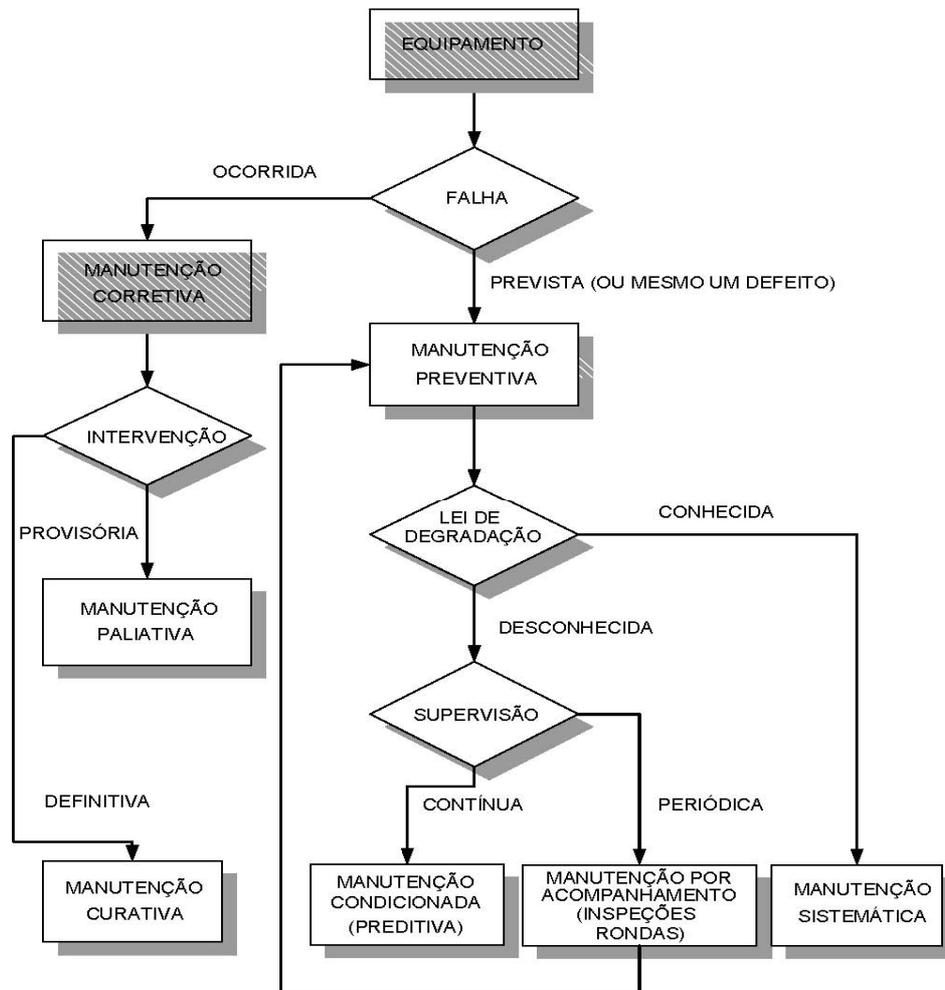


Figura 2.6 - Formas de Manutenção - Fonte: adaptado de Monchy (1989).

De maneira mais abrangente, como uma filosofia de manutenção, também pode ser citada a Manutenção Produtiva Total (em inglês é Total Productive Maintenance -TPM), desenvolvida no Japão. Conforme Nakajima (1989), primordialmente, esta filosofia busca maximizar a eficiência do equipamento através do envolvimento e participação de gerentes, de profissionais de manutenção e operação, e de clientes, utilizando-se das formas de manutenção, já anteriormente citadas. A este respeito, Moore e Rath (2001) enfatizam que, devido a sua origem japonesa, esta metodologia estabelece um alto valor para a equipe de trabalho, com base no consenso e melhoria contínua. Esta filosofia de manutenção é adotada pela Eletronorte.

Novas metodologias têm surgido, mais recentemente, com o intuito de otimizar os processos de execução da manutenção e da performance operacional dos equipamentos. Uma delas é a Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC. Este método, apresentado no item a seguir, foi desenvolvida inicialmente para a área aeronáutica, e migrou mais tarde para outros segmentos industriais, conforme comentam Dias e Santos (1999).

2.2 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC

2.2.1 ORIGEM E CONCEITOS BÁSICOS DA MCC

No final dos anos 50, a indústria de aviação comercial americana estava particularmente preocupada com a falta de uma metodologia para otimizar sua manutenção preventiva, conforme afirma Moss (1985). Com relação a essa questão, Netherton (2001) comenta que, naquela época, a aviação comercial ao redor do mundo sofria mais de 60 acidentes por milhão de decolagem, sendo dois

terços desses acidentes causados por falha de equipamento. Esta estatística representaria, para os dias de hoje, dois acidentes de avião de 100 assentos ou mais, diariamente.

Moubray (2000), por exemplo, observa que, em 1960, a Federal Aviation Agency (FAA) constituiu uma força tarefa, denominada Maintenance Steering Group (MSG), com a participação das companhias aéreas americanas, para estudar os planos de manutenção até então utilizados. O primeiro resultado foi alcançado em 1965, e posteriormente apresentado em 1967, durante o Encontro Internacional sobre Operação e Projetos de Aeronaves Comerciais. O documento elaborado recebeu a denominação de MSG-1, cujo conteúdo foi utilizado na manutenção do Boeing 747.

Cerca de dois anos mais tarde, uma outra versão foi elaborada, com a denominação de MSG-2, e aplicada no desenvolvimento dos programas de manutenção dos aviões Lockheed 1011, S-3 e P-3, Douglas DC 10 e McDonnell F4J. Cabe comentar também que, com base nesses estudos, a indústria europeia emitiu documento similar aplicado nos programas de manutenção do Airbus A-300 e do Concorde.

A partir dos documentos MSG-1 e MSG-2, Nowlan e Heap (1978) desenvolveram um outro estudo mais detalhado, encomendado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, para a determinação de normas e procedimentos de manutenção, com base numa ampla análise estatística. Os autores denominaram o documento de Reliability Centered Maintenance (RCM), que foi traduzido para Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Este documento, conhecido como MSG-3, tornou-se o marco para a manutenção da indústria aeronáutica. Por exemplo, para se ter autorização para voar no espaço aéreo americano, os projetos devem ter seu plano de manutenção embasado nesse documento.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade é conhecida na Europa como Otimização da Manutenção pela Confiabilidade (OMC), conforme Azevedo (1998). No Brasil, outra denominação utilizada é Manutenção Baseada em Confiabilidade (MBC).

A busca por melhorias nos processos de manutenção possibilitou novas perspectivas, segundo Mata Filho et al. (1998), dentre as quais destaca-se que revisões preventivas programadas afetam muito pouco o nível de confiabilidade do equipamento, a menos que um item possua um modo predominante e característico de falha, e, em consequência, pode se afirmar que não existe manutenção preventiva eficaz aplicável a determinados itens.

No setor elétrico mundial, especificamente, existem referências de aplicações da MCC no segmento da geração nuclear, na França, pela Electricité De France (EDF), primeiro produtor mundial de energia nuclear civil; e, em San Diego, nos Estados Unidos, pelo Electric Power Research Institute (EPRI), além da utilização em algumas usinas nucleares no mundo, como citam Moubray (2000) e Smith (1992). Outros exemplos de aplicação são encontrados em Vizzoni (1998) e Aupied et al. (1997), respectivamente, na Florida Power and Light (FP&L) e na EDF, em um bay de uma subestação de 400 kV.

Azevedo (1998) observa que existe um número crescente de projetos de aplicação da MCC, por exemplo, em 18 centrais nucleares da EDF, e em centrais térmicas a óleo combustível e carvão, na Companhia Portuguesa de Produção de Eletricidade (CPPE). O autor cita também trabalhos desenvolvidos no setor automobilístico – na Renault; e, no setor de petróleo – na Exxon Chemical e na Elf Production Exploration, para as plataformas off-shore do Mar do Norte e do Golfo de Guiné.

Já no setor elétrico brasileiro, são conhecidas aplicações da MCC na área de subestações, em Furnas Centrais Elétricas (VIZZONI, 1998); na área de geração hidráulica e transmissão, na Companhia

Paranaense de Energia (Copel), como apresentam Souza e Márquez (1998); e na área de geração hidrelétrica na Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), conforme Sarmento (2001).

A literatura aponta a MCC como uma ferramenta de manutenção, que visa racionalizar e sistematizar a determinação das tarefas adequadas a serem adotadas no plano de manutenção, bem como garantir a confiabilidade e a segurança operacional dos equipamentos e instalações ao menor custo. Nesses termos, para Branco Filho (2000, p.41), a MCC “com sua ênfase em otimização, documentação, rastreabilidade e continuidade está sintonizada com as mudanças gerenciais que vêm se processando ultimamente na indústria em geral”.

De acordo com Smith (1992), a MCC tem o propósito de "preservar as funções do sistema, identificar os modos de falha que afetam essas funções, determinar a importância das falhas funcionais [...] e selecionar as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas" (p.51). Valendo-se das diferentes formas de manutenção, a MCC pretende resguardar a função do equipamento, em seu contexto operacional, a partir da determinação das necessidades de manutenção de cada equipamento.

A definição do contexto operacional tem por base, segundo Moubray (2000), a consideração de certos fatores, tais como: o tipo de processo industrial (se existem redundâncias ou equipamentos em stand-by), o nível de exigência a ser atendido pela produção, os riscos de segurança operacional a serem assumidos, os padrões de meio ambiente; o ciclo operativo dos equipamentos, a logística de manutenção disponível, dentre outros.

A mesma exigência e o conjunto de atividades de manutenção, não são requeridos de maneira semelhante para todos os equipamentos e sistemas. A avaliação deve considerar a dependência funcional e as conseqüências da perda da função para a produção, na eventualidade de ocorrer uma falha. É importante frisar que preservar a função não é o mesmo que preservar a operação do equipamento, como afirma Smith (1992).

Mais especificamente, a MCC analisa se a função desempenhada pelo equipamento não está atendida, a ocorrência das falhas e, principalmente, suas conseqüências. Como definem Fleming et al. (1997), a MCC envolve: uma consideração sistemática das funções do sistema, a maneira como essas funções falham e um critério de priorização explícito baseado em fatores econômicos, operacionais e de segurança para a identificação das tarefas de manutenção aplicáveis tecnicamente e custos eficientes no combate a essas falhas (p.53).

Moss (1985), por sua vez, observa que a MCC está estruturada com o princípio fundamental de que toda tarefa de manutenção deve ser justificada, antes de ser executada. O critério de justificativa corresponde a segurança, a disponibilidade e a economia em postergar ou prevenir um modo específico de falha. Este critério compreende a principal característica da aplicação da MCC, ou seja, a partir de uma avaliação acurada das funções desempenhadas, por cada componente de um sistema produtivo ou equipamento, são estabelecidas as tarefas de manutenção mais adequadas para a garantia do desempenho operacional da instalação.

2.2.2 DIAGRAMAS DE APLICAÇÃO DA MCC

No processo de aplicação da MCC, devem ser sistematicamente identificadas e avaliadas, como primeiro passo, as funções e o padrão de desempenho dos equipamentos em seu contexto operacional. Em seqüência, devem ser definidas as falhas funcionais e seus respectivos modos de falha, bem como o efeito ou conseqüências dessas falhas. Esta análise se completa, com a determinação das tarefas de manutenção adequadas, técnica e economicamente, para prevenir cada falha. Nesse sentido, a metodologia recomenda o reprojeto do equipamento (ou mesmo assumir o

fato de que o sistema irá operar até a falha), caso não possa ser encontrada uma tarefa preventiva adequada para a prevenção da falha.

Uma importante ferramenta de confiabilidade utilizada na aplicação da MCC é a de *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*, que foi traduzido para Análise de Modos e Efeitos das Falhas. Esta ferramenta tem um papel vital no desenvolvimento dos programas de qualidade e de confiabilidade das organizações, conforme Palady (1997), utilizada com frequência na análise de falhas e riscos, na indústria nuclear, espacial, de processos químicos, de produção de bens de consumo e de serviços. A Eletronorte tem algumas iniciativas para aplicação de FMEA, em especial os trabalhos desenvolvidos pela COGH em conjunto com a Regional do Maranhão, onde FMEA está sendo aplicado na análise do compensador síncrono.

A FMEA pode ser considerada uma ferramenta de análise de projetos, com o intuito de caracterizar os prováveis modos de falha potenciais e estabelecer seus efeitos sobre o desempenho do sistema, com base em raciocínio dedutivo (HELMAN e ANDEREY, 1995). Em linhas gerais, conforme COTNAREANU (1999), pode-se afirmar que a FMEA constitui-se em uma abordagem simples, sistemática e direta para a identificação das fontes básicas de falhas, suas causas e conseqüências, verificando os métodos existentes para a detecção ou controle dessas falhas, e, definindo as ações corretivas necessárias para eliminar as causas ou reduzir seus efeitos.

A partir da caracterização da falha, na aplicação da FMEA, devem ser identificados os modos de falha, ou seja, a maneira pela qual um determinado item deixa de executar sua função. Modo de falha é definido na norma militar americana Mil-Std 1629A, citada por Oliveira e Diniz (2001), como a maneira pela qual a falha é observada. Cabe destacar, contudo, que para cada modo de falha são relacionadas as respectivas causas das falhas, podendo um mesmo modo de falha ter mais de uma causa.

Nesses termos, com a finalidade de avaliar o impacto da ocorrência de falha para o desempenho do sistema ou equipamento, em análise, são associados aos modos de falha, os efeitos ou conseqüências das falhas. As conseqüências das falhas, portanto, podem afetar a produção, a qualidade do produto ou serviço a ser oferecido, a segurança, o meio ambiente, apresentando reflexos nos custos operacionais, ou mesmo prejudicando a imagem institucional. Caso essas conseqüências sejam relevantes, a empresa deve se empenhar com vigor na direção de prevenir aquela falha, evitando a ocorrência do modo de falha a ela associado. Mas, se as conseqüências não são importantes, é aceitável que nenhuma ação seja requerida.

Dessa forma, para a MCC, são as conseqüências que mais fortemente influenciam o processo de prevenção de cada falha, a ponto de Moubray (2000, p.91) afirmar que: as conseqüências das falhas são mais importantes que suas características técnicas [...] a principal razão para fazer qualquer tipo de manutenção pró-ativa é evitar, reduzir ou eliminar a conseqüência das falhas [...] isto ajuda a assegurar que qualquer gesto em manutenção será onde trará o maior benefício.

Portanto, a estratégia de manutenção não deve somente estar dirigida para prevenir as falhas, mas sim, principalmente, para evitar ou minimizar as conseqüências dessas falhas. Sobre o assunto, Nowlan e Heap (1978, p.25) enfatizam que os equipamentos “são compostos por um número muito grande de partes e acessórios. Todos estes itens podem falhar em determinado momento, mas algumas falhas trazem conseqüências mais sérias do que outras”.

É imperiosa uma avaliação detalhada do processo produtivo, então, visando reconhecer com a maior precisão possível, as conseqüências das falhas, ou seja, “a conseqüência da falha funcional determina a prioridade de esforço da manutenção” (NOWLAN e HEAP, 1978, p.25).

Complementando essa idéia, Slack et al. (1997) ressaltam que os gerentes de produção precisam aceitar que as falhas ocorrem apesar de todo o esforço para preveni-las.

Na literatura especializada encontram-se vários relatos a respeito das conseqüências, às vezes com repercussões trágicas, da ocorrência das falhas e da administração ineficiente de destas conseqüências, como, por exemplo, nos acidentes na Hoechst e Chernobyl, citados por Slack et al. (1997), ou Amoco Cadiz, Bhopal e Piper Alpha, citados por Moubray (2000).

As conseqüências das falhas, segundo Nowlan e Heap (1978), podem ser classificadas em: com conseqüências de falhas ocultas, com conseqüências para a segurança ou meio ambiente, e com conseqüências operacionais ou não operacionais. Para a MCC, as falhas ocultas e aquelas com conseqüências para a segurança ou meio ambiente são mais importantes que as falhas com conseqüências operacionais. Esta é uma visão diferenciada dos demais métodos de manutenção que, normalmente, priorizam as falhas com conseqüências operacionais.

A MCC atribui alta prioridade à avaliação e prevenção da falha oculta. Este conceito de falha oculta está associado a uma função cuja falha não se torna evidente para o operador ou profissional de manutenção. Isto é, algumas falhas podem ocorrer sem que seja possível perceber que determinado item está em estado de falha, a menos que outra falha ocorra.

As falhas ocultas não têm impacto direto na produção, mas expõem as instalações à possibilidade de ocorrência das chamadas falhas múltiplas. Ou seja, uma falha ocorre quando um dispositivo de proteção, que deveria proteger a instalação em relação a aquela falha, já havia falhado. Por exemplo, como dispositivos de proteção têm-se os diversos sensores, dispositivos de supervisão, botoeiras de comando, relés de proteção, sistemas anti-incêndio, equipamentos instalados em stand-by. Dessa forma, a conseqüência dessas falhas, por envolver dispositivos de proteção, pode ser muito séria, transformando-se, em alguns casos, em um evento catastrófico, com reflexos significativos para a imagem institucional.

Uma tendência natural, ao se avaliar os riscos associados e as conseqüências das falhas ocultas, é deduzir-se que a única forma de minimizar o risco de falha múltipla seja a adoção de equipamentos redundantes, mais confiáveis e modernos. Moubray (2000) enfatiza, sobre o assunto, que é necessário um cuidado especial nesta área, porque funções extras instaladas com esta finalidade também tendem a ser ocultas.

Nesse sentido, Oliveira e Diniz (2001) recomendam que, para reduzir a probabilidade de sua indisponibilidade, esses dispositivos devam ser testados periodicamente. Observa-se, porém, que para a realização desta tarefa de busca de falha, deve-se interferir o mínimo possível na instalação, para não se introduzir um problema durante a remontagem ou reinstalação. Este aspecto torna-se relevante, na medida em que, frente a uma situação de falha oculta, não é possível saber se o equipamento passará a operar em estado de falha. Por esta razão, deve-se desenvolver meios para testar a funcionalidade dos dispositivos de proteção durante o processo de manutenção, evitando-se desconectá-los, ou mesmo alterar alguma de suas características operativas.

De acordo com a prioridade que a MCC confere à falha oculta, Moubray (2000) apresenta como calcular o intervalo a ser aplicado em uma tarefa de busca de falha, em dispositivos de proteção, nos seguintes termos: a probabilidade de uma falha múltipla ocorrer em qualquer período de tempo é dada pela probabilidade com que a função protegida possa falhar, enquanto o dispositivo de proteção estiver em estado de falha neste mesmo período.

Assim,

$$\left[\begin{array}{c} \text{Probabilidade de} \\ \text{uma falha múltipla} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Probabilidade de falha} \\ \text{da função protegida} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \text{Indisponibilidade Média do} \\ \text{dispositivo de proteção} \end{array} \right]$$

A literatura técnica, citada por Moubray (2000), apresenta uma correlação linear entre o intervalo de busca de falha e a confiabilidade do dispositivo de proteção, para o caso da indisponibilidade requerida igual ou menor que 5%, conforme segue:

$$\text{Indisponibilidade} = \frac{0,5 \times \text{Intervalo de Busca de Falha}}{(\text{MTBF}) \text{ Tempo Médio Entre Falhas}}$$

A MCC apenas apresenta uma sugestão de cálculo para a determinação da periodicidade das falhas ocultas, o que não ocorre para as demais tarefas baseadas no tempo e na condição. Para estas tarefas, são encontradas recomendações, no sentido de analisar o histórico de falhas, pesquisar bancos de dados genéricos, obter informações com os fabricantes, e de equipamentos similares, conforme indicam Oliveira e Diniz (2001).

Existem autores, como Resnikoff, citado por Moubray (2000), que apresentam questionamentos contundentes à necessidade de análise de dados históricos para a definição da política de manutenção. Moubray ainda comenta citando Resnikoff, que em relação à atenção dedicada a coleta de dados de falhas, a inferência estatística com objetivo de prevenção da ocorrência das falhas, fica prejudicada, pois as falhas mais importantes são menos frequentes.

Moubray (2000) sugere a adoção de um intervalo inicial, para a periodicidade de inspeção das formas de manutenção, diferentes das tarefas de busca de falha, a ser refinado a partir da execução da manutenção ao longo do tempo. Tal recomendação reforça a afirmativa que a MCC apresenta indicação de cálculo apenas para a periodicidade das tarefas de busca de falha. A esse respeito, Smith (1992), Nowlan e Heap (1978) confirmam que a frequência das inspeções deve evoluir com a experiência da realização da manutenção, ou seja, a MCC define a tarefa, mas não define a sua periodicidade.

A coleta e análise dos dados de falha é importante para auxiliar na definição das periodicidades das inspeções, apesar da metodologia MCC fundamentar-se na análise qualitativa. Grandezas como taxa de falhas, frequência de inspeções, análise das falhas ocorridas, tempo médio entre falhas e tempo médio entre reparos, estão entre os principais dados que podem auxiliar a aplicação da MCC. Cabe observar que, mesmo que estes dados não estejam disponíveis, a aplicação da MCC é viável.

Em outro caso, ao ser instalado um equipamento ou sistema novo é possível aplicar a MCC, valendo-se de informações disponíveis em banco de dados genéricos de falhas em equipamentos e componentes similares, bem como de referências dos fabricantes.

O processo de aplicação da MCC compreende uma seqüência de etapas, utilizando-se planilhas e diagramas de decisão, condicionando a indicação da tarefa de manutenção mais adequada. Fleming et al. (1997) comentam que o diagrama de decisão utiliza um conjunto de perguntas do tipo 'sim ou não', para classificar as conseqüências dos modos de falha e, em seguida, buscar as tarefas de manutenção que sejam aplicáveis e eficazes na prevenção ou mitigação destas falhas. Um conjunto de questões sistematizadas pode também ser utilizado para a aplicação da MCC, conforme apresentado por Moss (1985).

Moubray (2000) propõe, para a aplicação da MCC, um diagrama lógico, apresentado na Figura 2.7, a seguir, conforme a classificação de conseqüências de falhas desenvolvida por Nowlan e Heap (1978).

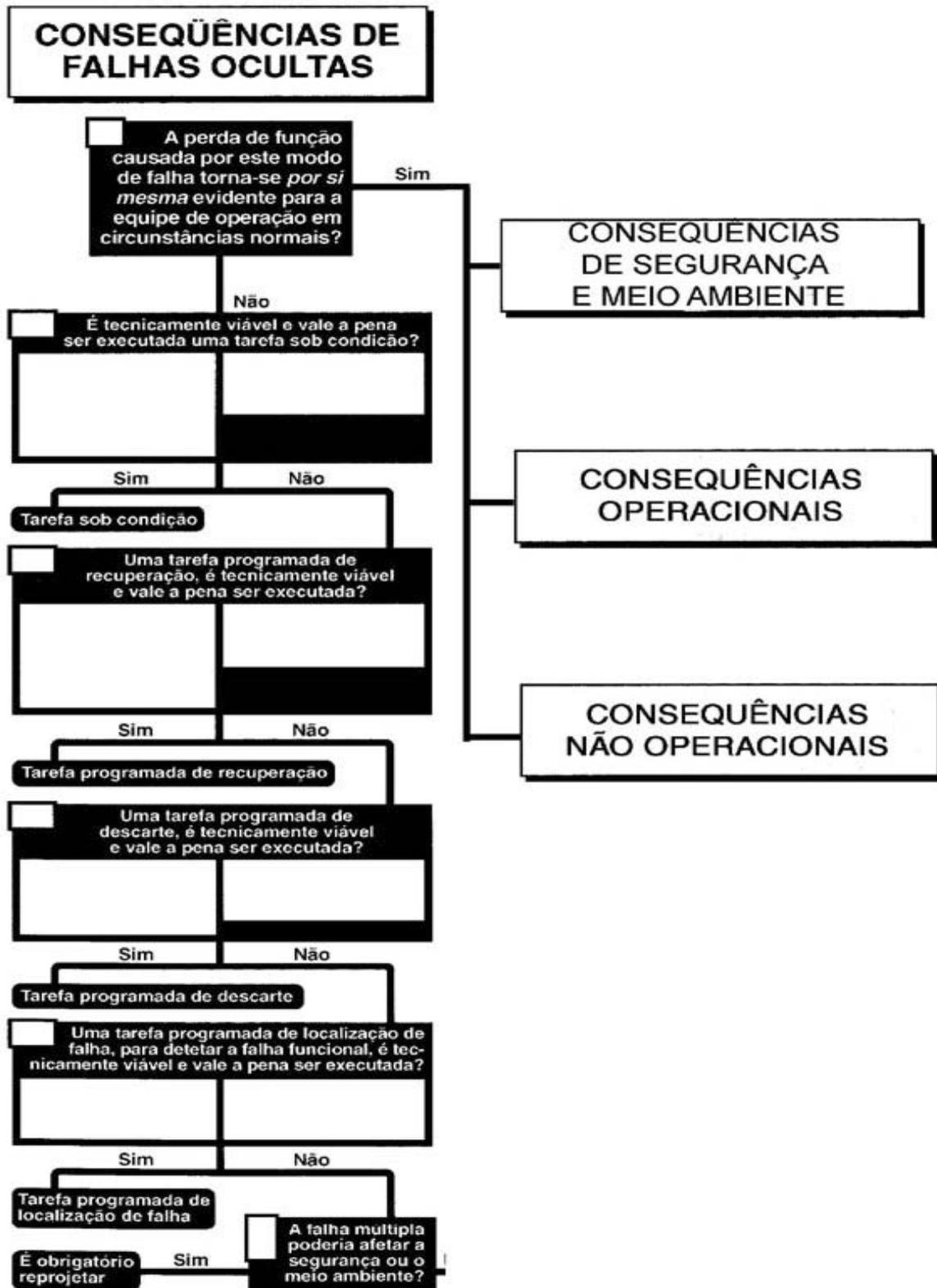
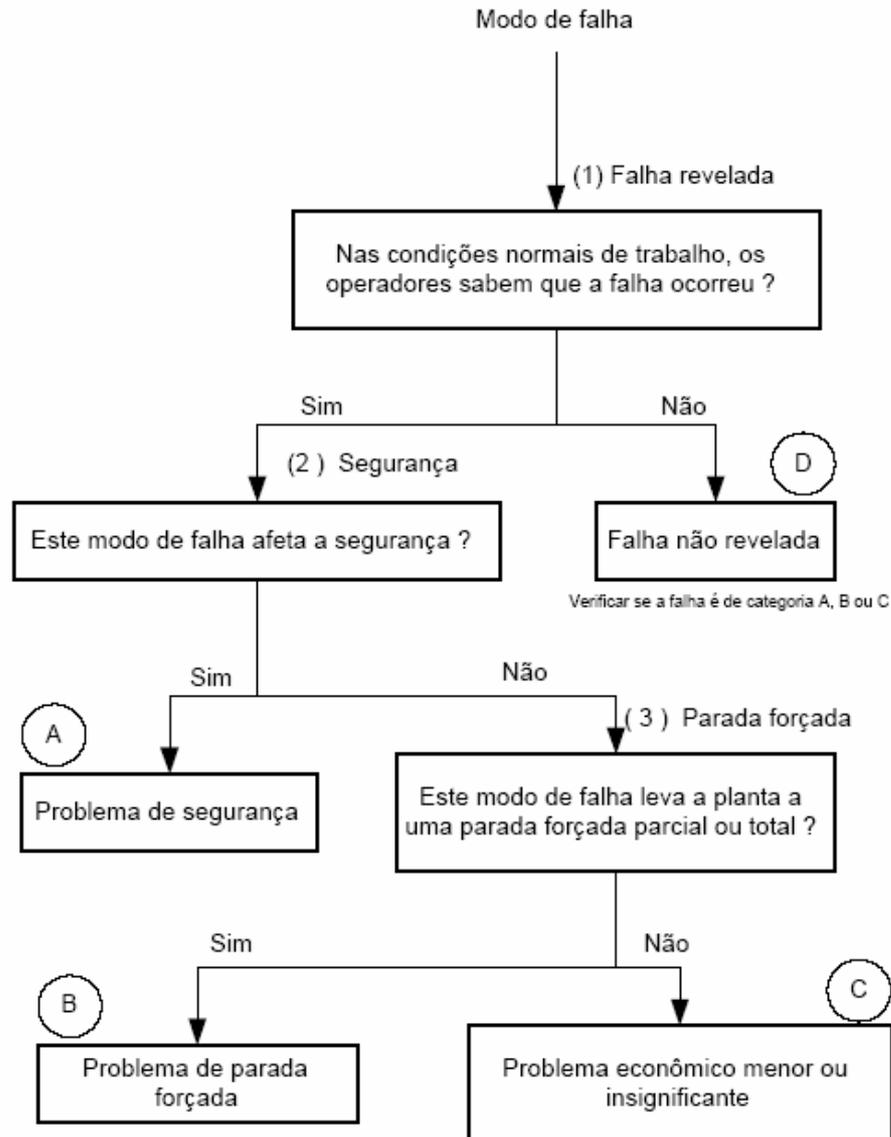


Figura 2.7 - Diagrama de Decisão Fonte: adaptado de Moubray (2000).

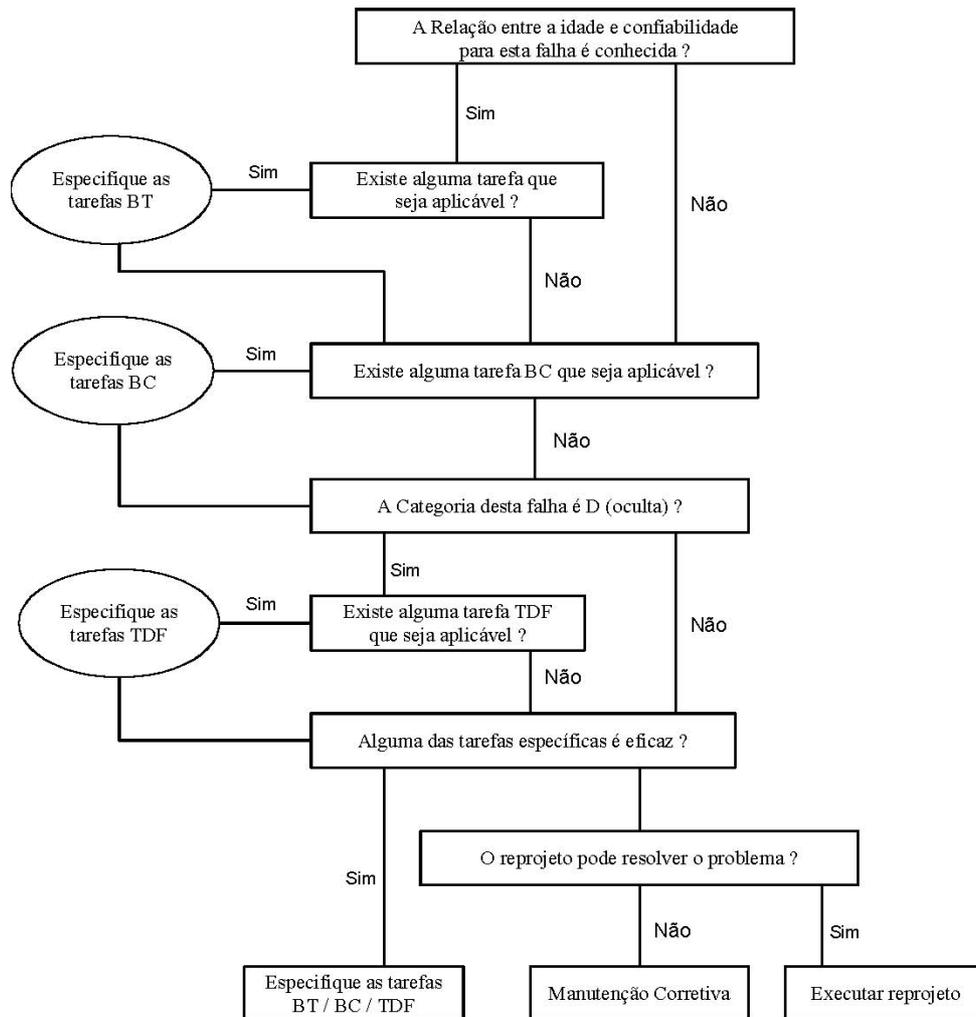
Smith (1992), por sua vez, sugere dois outros diagramas de decisão. O diagrama denominado Árvore Lógica de Decisão com Categorias de Falhas por Conseqüências está apresentado na Figura 2.8, e outro denominado Diagrama de Seleção de Tarefas apresentado na Figura 2.9. Observa-se que este autor apresenta a seguinte classificação: falhas com conseqüências para a segurança e meio ambiente, falhas com conseqüências operacionais e falhas com conseqüências econômicas, diferente daquela utilizada por Moubray (2000). Destaca-se que a ocorrência de falha oculta pode estar associada a cada uma das conseqüências de falha definidas.



LEGENDA

- A - Falha relacionada à Segurança ou Meio Ambiente
- B - Falha Operacional
- C - Falha relacionada à aspectos econômicos
- D - Falha Oculta

Figura 2.8 - Árvore Lógica de Decisão Fonte: Smith (1992, p.95).



LEGENDA

BT - manutenção baseada no tempo

BC - manutenção baseada na condição

TDF - tarefa de busca de falha

MC - manutenção corretiva

E os modos de falha,

A - falhas com consequências para a segurança ou meio ambiente

B - falhas com consequências operacionais

C - falhas com consequências econômicas

ou D/A, D/B, D/C se a falha for oculta com as respectivas consequências.

Figura 2.9 - Diagrama de Seleção de Tarefas - Fonte: Smith (1992, p.96)

Aconselha-se a utilização de planilhas de apoio para o registro dos dados obtidos, devido ao grande volume de informações geradas pela aplicação dos diagramas de decisão. Algumas iniciativas já estão sendo observadas no sentido de desenvolver programas computacionais para o tratamento dessas informações. Aupied et al. (1997) utiliza uma outra forma de aplicação apresentada na Figura 2.10.

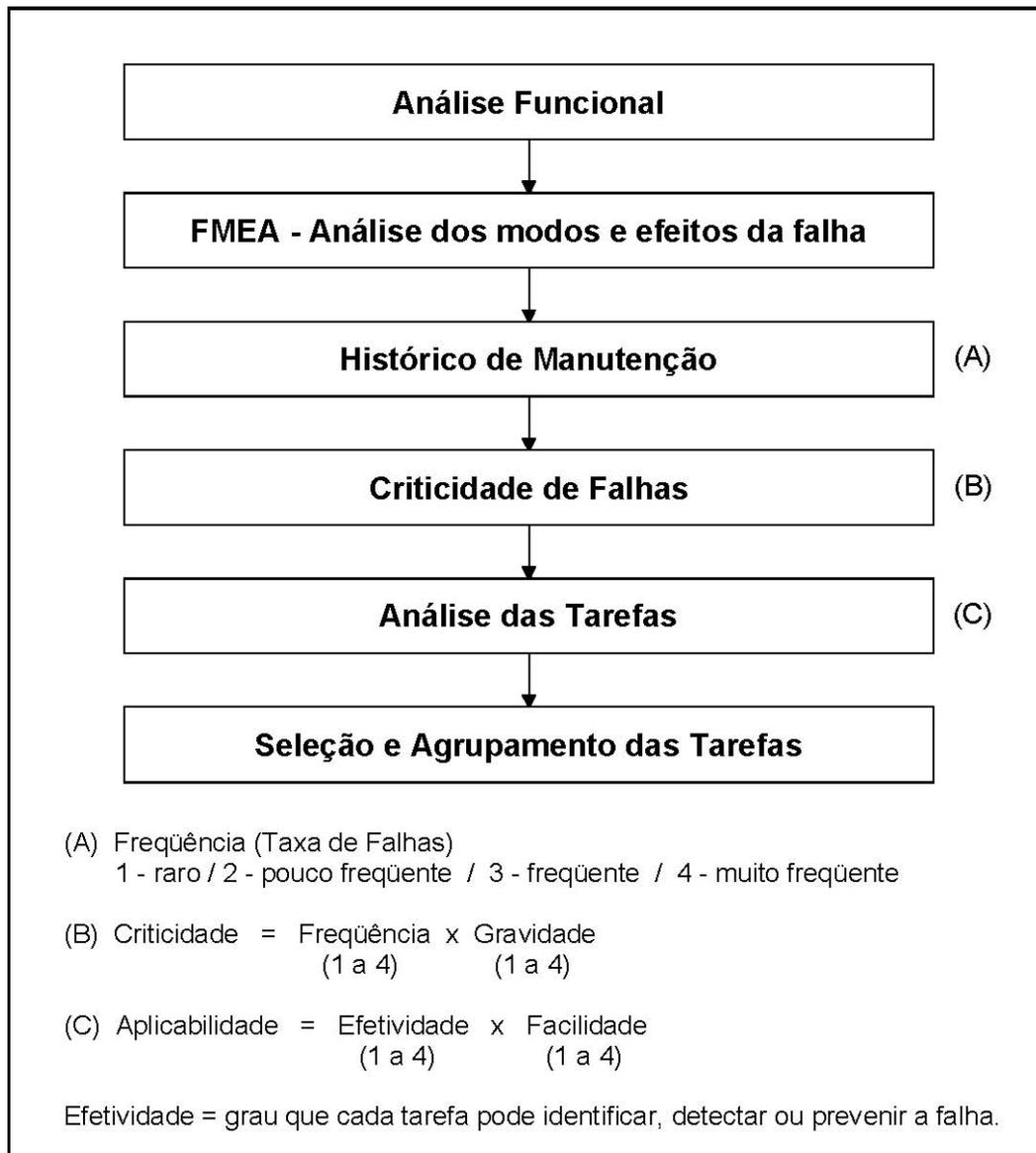


Figura 2.10 - Diagrama EDF Fonte: Aupied et al. (1997, p.4)

Portanto, na aplicação da MCC são desenvolvidas as seguintes etapas: definição das funções dos equipamentos, em seu contexto operacional; análise das falhas funcionais associadas, a aplicação da FMEA; e, seleção das tarefas de manutenção. Independente da forma de aplicação da MCC, devem ser consideradas e respondidas, seqüencialmente, as sete perguntas básicas preconizadas na norma SAE JA 1011, quais sejam:

- ✓ 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 prever ou prevenir a falha?
- ✓ O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Na definição da tarefa de manutenção mais adequada, é importante considerar também o mecanismo de degradação da função. Isto é, a denominada vida útil do equipamento e a

caracterização da ‘idade’ em que pode ocorrer um aumento perceptível da probabilidade desse equipamento apresentar uma falha. Este conceito está associado a clássica ‘curva da banheira’.

2.2.3 MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DA FUNÇÃO

Por muito tempo, os planos e procedimentos de manutenção foram definidos com base no pressuposto, que a maioria dos equipamentos podem operar, por um determinado período de tempo, com probabilidade de falha constante (período de vida útil). No período inicial de operação, conhecido como ‘mortalidade infantil’, a probabilidade de falha é alta até atingir a de vida útil, devido a um processo de ‘amaciamento’. Mais tarde, em consequência do natural ‘envelhecimento’, a probabilidade de falha aumenta, novamente.

As curvas de variação da taxa da falha para equipamentos eletrônicos e mecânicos, denominada de ‘curva da banheira’, são apresentadas por Monchy (1989), como demonstrado, respectivamente, na Figura 2.11 e Figura 2.12.

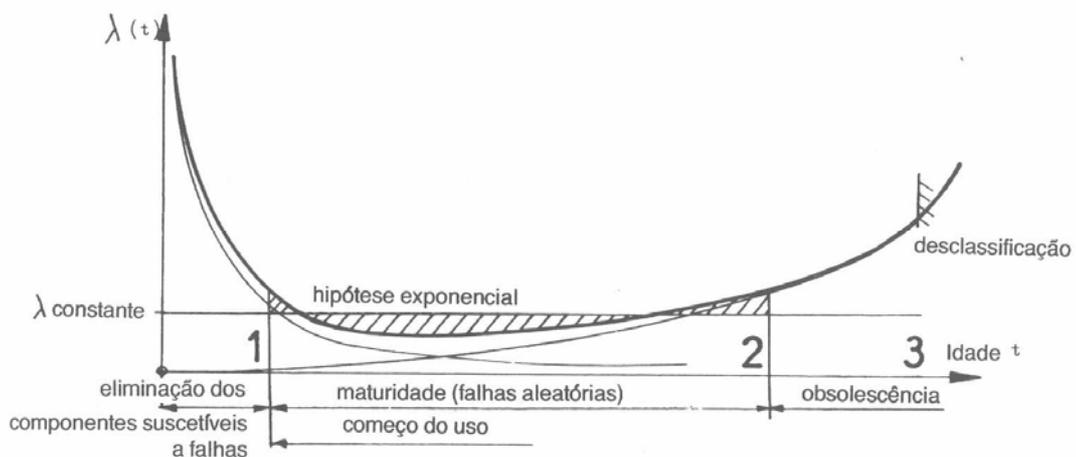


Figura 2.11 - Curva da Banheira – Equipamentos Eletrônicos - Fonte: Monchy (1989, p. 81)

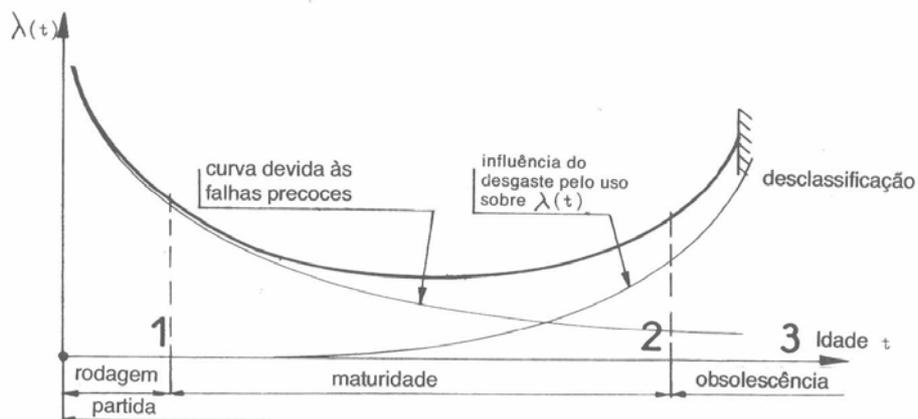


Figura 2.12 - Curva da Banheira – Equipamentos Mecânicos - Fonte: Monchy (1989, p. 81)

Castro (1997) observa que a idade operacional não está necessariamente associada à confiabilidade, fato este que conforme o autor foi confirmado pela indústria aeronáutica que obteve maus resultados de desempenho operacional ao acreditar que a extensão e a frequência das intervenções programadas eram indispensáveis para garantia dessa confiabilidade. A esse respeito, Moubray

(2000) comenta que as características de desgaste são freqüentemente encontradas somente em equipamentos que entram em contato direto com o produto.

Os estudos de Nowlan e Heap (1978) questionaram a tradicional ‘curva da banheira’ e apresentam seis padrões, para representar a probabilidade de falha em relação à idade operacional dos equipamentos complexos, atualmente em uso, com grande variedade de componentes elétricos, eletrônicos e mecânicos, como indicado na Figura 2.13.

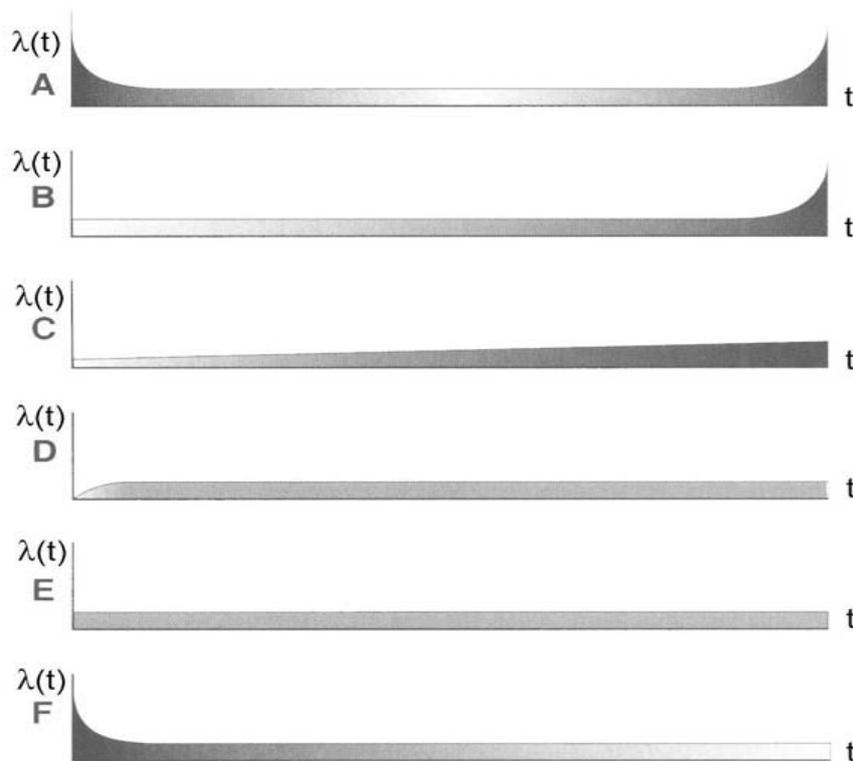


Figura 2.13 - Novos Padrões de Falha - Fonte: Nowlan e Heap (1978, p.46.sec 2.8)

Observa-se que o padrão de falha ‘A’ é a própria ‘curva da banheira’. Já os padrões ‘B’ e ‘C’, representam equipamentos com falhas relacionadas com o tempo de operação. Para o padrão ‘B’, fica caracterizado uma zona de desgaste, o que não ocorre para o padrão ‘C’. Neste caso, tem-se um lento aumento de probabilidade de falha. A característica do padrão ‘D’ é a ocorrência de uma baixa probabilidade de falha, quando o equipamento é novo; ocorre mais tarde um rápido aumento dessa probabilidade até atingir um nível constante. Os equipamentos com taxa de falha constante, independente de seu tempo de operação, seguem o padrão ‘E’. Por último, tem-se o padrão ‘F’, que apresenta um período inicial característico de mortalidade infantil, após o que a taxa de falha se mantém constante ao longo do tempo

Os mesmos estudos de Nowlan e Heap (1978) indicaram que 4% dos equipamentos obedecem o padrão ‘A’; 2% o padrão ‘B’; 5% o padrão ‘C’; 7% o padrão ‘D’; 14% o padrão ‘E’; e 68% o padrão ‘F’. Dessa maneira, 89% dos equipamentos não apresentam falhas associadas a idade operacional. Com relação aos padrões, ainda, Moubray (2000) observa que o número de vezes que ocorrem nas aeronaves não é necessariamente o mesmo que ocorre na indústria em geral. Contudo, o autor afirma não ter dúvida que, como os equipamentos tornam-se mais complexos, recaem cada vez mais nos padrões ‘E’ e ‘F’. A figura 2.14 apresenta uma síntese dos seis padrões.

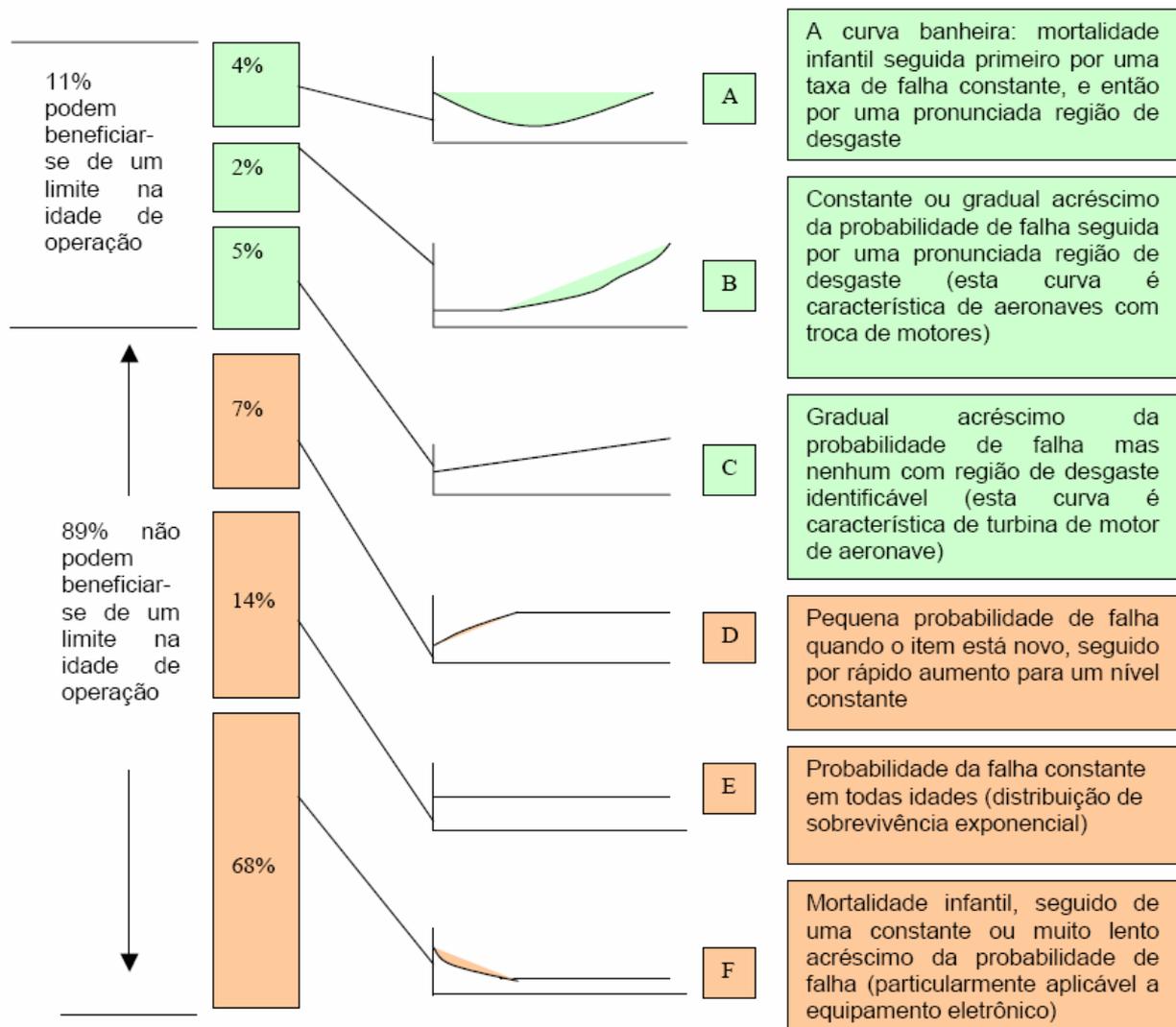


Tabela 2.14 - Síntese padrões de falhas (Moubray, 1997).

Com base nos padrões apresentados, a estratégia de manutenção adotada de substituir periodicamente algum equipamento ou componente, na pretensa intenção de aumentar a confiabilidade operativa, não é adequada. Como pode se observar, em muitos casos, a probabilidade de ocorrência de falha estaria aumentando, além dos custos envolvidos na manutenção realizada. Castro (1997, p.117) comenta: *duas descobertas foram especialmente surpreendentes: para determinados equipamentos que operam com uma taxa de falha mais ou menos constante isto é, sem um modo de falha dominante, as chamadas intervenções programadas além de desnecessárias e evasivas, na maioria das vezes só contribuem para diminuir a confiabilidade mediante a introdução de mortalidade infantil e distúrbios em sistemas a princípio estáveis; e para muitos equipamentos simplesmente não existem práticas eficazes de manutenção programada.*

Constata-se, portanto, que a aviação comercial americana encomendou os estudos, que culminaram com o desenvolvimento da metodologia MCC, devido a concepção vigente à época, de realizar a manutenção preventiva, associada a intervalos de tempo pré-definidos. Essas manutenções, comumente associadas a substituições de componentes e equipamentos, apresentavam custos operacionais altos, sem a contrapartida do aumento esperado de confiabilidade e disponibilidade, ao contrário, com o indesejável aumento da ocorrência de falhas, características do período de 'mortalidade infantil'. August (1999)

confirma esta afirmação, ao destacar que a confiabilidade não aumenta pela simples substituição, na verdade pode diminuir, enquanto os custos aumentam. A figura 2.15 apresenta alguns exemplos de modelos de estados baseados em cadeias de Markov (Siqueira, 2005) que são úteis para cálculo da confiabilidade de sistemas.

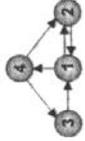
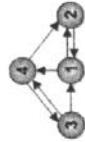
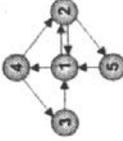
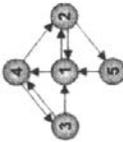
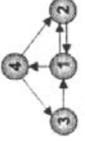
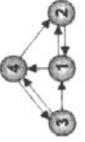
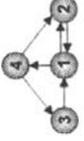
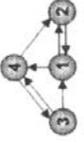
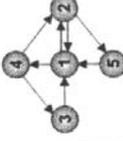
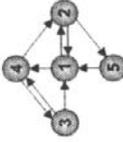
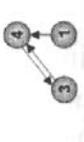
Atividade	Modelos ARP e Brp	Modelo MRP	Estado				
			Normal 1	Preventivo 2	Falha 3	Defeito 4	Corretivo 5
serviço Operacional			Nível inicial ou adequado do consumível	Ressuprimento do consumível	Correção de falha após falha de consumível	Consumível abaixo do nível de reposição	Não aplicável
inspeção Preditiva			Desempenho adequado da função	Medição do nível de desempenho funcional	Correção do defeito após falha funcional	Degradação excede nível para falha potencial	Correção da degradação da falha potencial
restauração Preventiva			Desempenho adequado da função	Recuperação antes do final da vida útil	Correção após falha no final da vida útil	Degradação excede nível de restauração	Não aplicável
substituição Preventiva			Desempenho adequado da função	Substituição antes do final da vida útil	Correção após falha no final da vida útil	Degradação excede nível de substituição	Não aplicável
inspeção Funcional			Desempenho adequado, sem falhas ocultas	Realização de ensaio funcional	Correção após falha oculta e outro evento	Falha funcional de uma função oculta	Correção de falha oculta após ensaio
Manutenção Corretiva			Desempenho adequado da função	Não aplicável	Correção após falha funcional aleatória	Tempo de permanência nulo	Não aplicável

Figura 2. 15: Modelos de Estados (Siqueira, 2005)

Em resumo, verifica-se existir uma variedade muito grande de terminologia associada aos conceitos de manutenção, e que também, a própria manutenção tem evoluído nos últimos tempos de uma visão de execução de reparos para uma postura de prevenção das falhas, valendo-se das diferentes formas de atuação.

Pode-se observar que a MCC enfatiza a análise das funções e conseqüências das falhas, muito mais que nos equipamentos e na própria falha em si, procurando definir as tarefas de manutenção mais adequadas, técnica e economicamente, utilizando as diferentes formas de manutenção. Adicionalmente, de maneira objetiva, esse método preconiza a adoção de manutenção corretiva, ou seja, operar até a falha, quando as conseqüências de uma falha não são representativas.

Ainda com base nos estudos de Nowlan e Heap (1978), os padrões de probabilidade de falha até então representados apenas pela ‘curva da banheira’ direcionam o plano de manutenção para um número mínimo necessário de tarefas, sendo que na aplicação da MCC, a ferramenta FMEA é utilizada para o desenvolvimento da análise dos modos e efeitos das falhas, a partir de um sequenciamento estruturado, para a definição das tarefas de manutenção. Prioriza-se, nessa análise as falhas ocultas, ou seja aquelas que não se tornam evidentes a partir de sua ocorrência, entendendo-se que essas falhas podem trazer, em alguns casos, conseqüências desastrosas para a instalação.

A metodologia de manutenção desenvolvida pelas empresas do setor elétrico brasileiro confirma a ênfase na prevenção das falhas, a partir da aplicação de uma estratégia apoiada na manutenção preventiva, utilizando as diferentes formas de manutenção apresentadas. O plano de manutenção é definido a partir da experiência das principais empresas, e aprimorado com base na execução da manutenção em seus próprios equipamentos, com ênfase para a composição e análise do histórico de manutenção preventiva e corretiva.

2.3 A METODOLOGIA MCC (RCM) E A NORMA SAE-JA 1011

Como já foi descrito no item 2.2, a MCC/RCM (Reliability-Centered Maintenance) foi primeiro documentada no relatório escrito por F.S.Nowlan e H.F.Heap e publicado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos em 1978. Este processo serviu de base para vários documentos nos quais o processo de RCM tem sido desenvolvido e refinado ao longo do tempo. Muitos destes documentos mantêm os elementos do processo original, contudo ocorreu uma proliferação do uso do termo RCM e aparecimento de propostas que diferem significativamente da original, com seus proponentes chamando de RCM. Muitos destes processos falham em atingir os objetivos de Nowlan e Heap, de segurança e confiabilidade de seus equipamentos e deturpam a RCM.

Devido a este fato, houve o crescimento de demanda internacional para padronização de um conjunto de critérios, para que um processo pudesse ser chamado de RCM.

Então, em agosto de 1999 a SAE (Society Automotive Engineers) dos Estados Unidos, publicou a SAE-JA 1011 intitulada “Evaluation Criteria for a Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes”. Este documento descreve os critérios mínimos que qualquer processo possa ser chamado de RCM, porém não define qualquer processo específico de RCM.

Alicerçados na norma SAE-JA 1011 (1999, p.07-10) e em Gerenciamento da Manutenção (MOUBRAY, 2001, p.15-17), apresentam-se, a seguir, os critérios mínimos de um processo RCM, sendo sintetizados por Siqueira (2005) na figura 2.16 que descreve o processo para implantação da MCC.

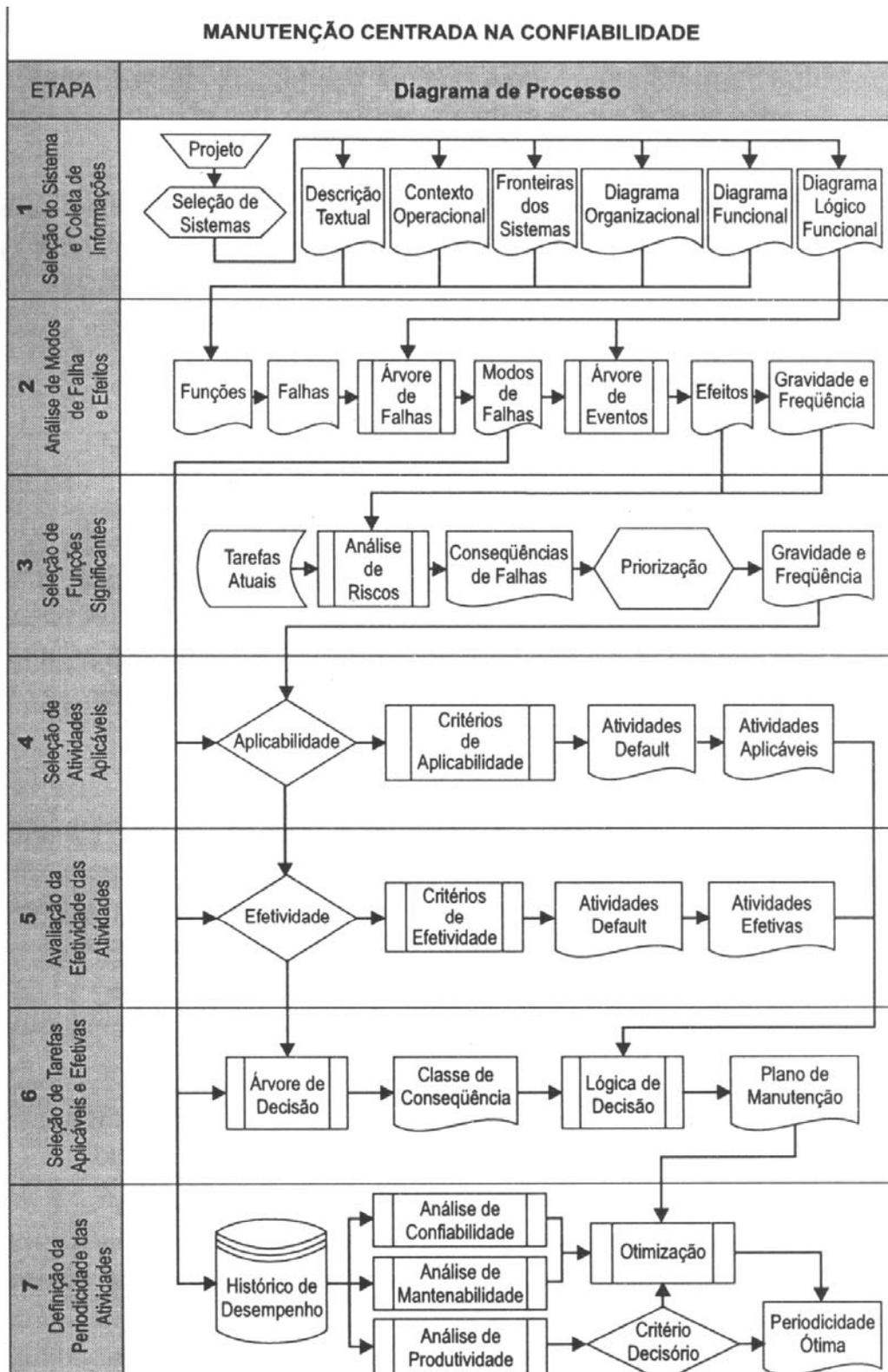


Figura 2.16: Processo MCC (Siqueira, 2005)

2.3.1 RCM: AS SETE QUESTÕES BÁSICAS

O processo RCM implica em sete perguntas sobre os ativos ou sistemas sob análise, como se segue:

- a) Quais são as funções associadas e os padrões de desempenho associados do ativo no seu contexto operacional atual (funções)?
- b) De que forma ele falha em cumprir suas funções (falhas funcionais)?

- c) O que causa cada falha funcional (modos de falha)?
- d) O que acontece quando ocorre cada falha (efeitos de falha)?
- e) De que forma cada falha tem importância (consequência das falhas)?
- f) O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha (tarefas pró-ativas e tarefas preventivas)?
- g) O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proativa adequada (ações default)?

2.3.2 FUNÇÕES E PADRÕES DE DESEMPENHO

O primeiro passo no processo RCM é definir as funções de cada ativo no contexto operacional junto com os padrões de desempenho desejados. Estas funções podem ser divididas em duas categorias:

- ✓ Funções primárias: são aquelas que resumem porque os ativos foram adquiridos em primeiro lugar. Elas cobrem questões como velocidade, quantidade, capacidade de transporte ou armazenagem, qualidade do produto e serviços ao cliente.
- ✓ Funções secundárias: são aquelas que reconhecem o que é esperado todo ativo fazer, mais que simplesmente preencher suas funções primárias. Elas cobrem as expectativas em áreas como: segurança, controle, conforto, proteção, contenção, integridade estrutural, economia, conformidade com os regulamentos ambientais e até a aparência do ativo.

2.3.3 FALHAS FUNCIONAIS

As falhas conduzem à paralisação total ou parcial das funções requeridas para os ativos, obrigando à manutenção adotar uma abordagem adequada para a gerência da falha. O processo RCM faz isso em dois níveis:

- ✓ primeiramente, identificar que circunstâncias resultam em um estado de falha
- ✓ em segundo lugar, perguntar que eventos podem levar o ativo a um estado de falha

Estados de falha são conhecidos como falhas funcionais porque elas ocorrem quando um ativo está incapaz de preencher a função em um padrão de desempenho que é aceitável para o usuário.

2.3.4 MODOS DE FALHA

Após a identificação de cada falha funcional, o próximo passo é identificar todos os eventos que são razoavelmente prováveis de causar cada estado de falha. Estes eventos são conhecidos como modo de falha. A classificação de falhas é apresentada na figura 2.17 (Siqueira, 2006).

A maioria das listas de modos de falha incorporam falhas causadas por deterioração ou desgaste normal, devem incluir falhas causadas por erros humanos, falhas de projeto, assim como todas as prováveis causas que possam ser identificadas e tratadas apropriadamente. É importante a identificação da causa da falha de forma detalhada com a finalidade de se identificar a política mais adequada de seu gerenciamento.

2.3.5 EFEITOS DA FALHA

O quarto passo no processo RCM implica em listar os efeitos da falha, os quais descrevem o que acontece quando ocorre cada modo de falha. Estas descrições devem incluir todas as informações necessárias para suportar a avaliação da consequência da falha, tais como:

- a) Qual a evidência (se existe alguma) de que ocorreu a falha.

- b) De que modo (se existe algum) ela é uma ameaça à segurança ou ao meio ambiente
- c) De que modo (se existe algum) ela afeta a produção ou operação;
- d) Qual o dano físico (se existe algum) é causado pela falha;
- e) O que deve ser feito para restaurar a função do sistema após a falha.

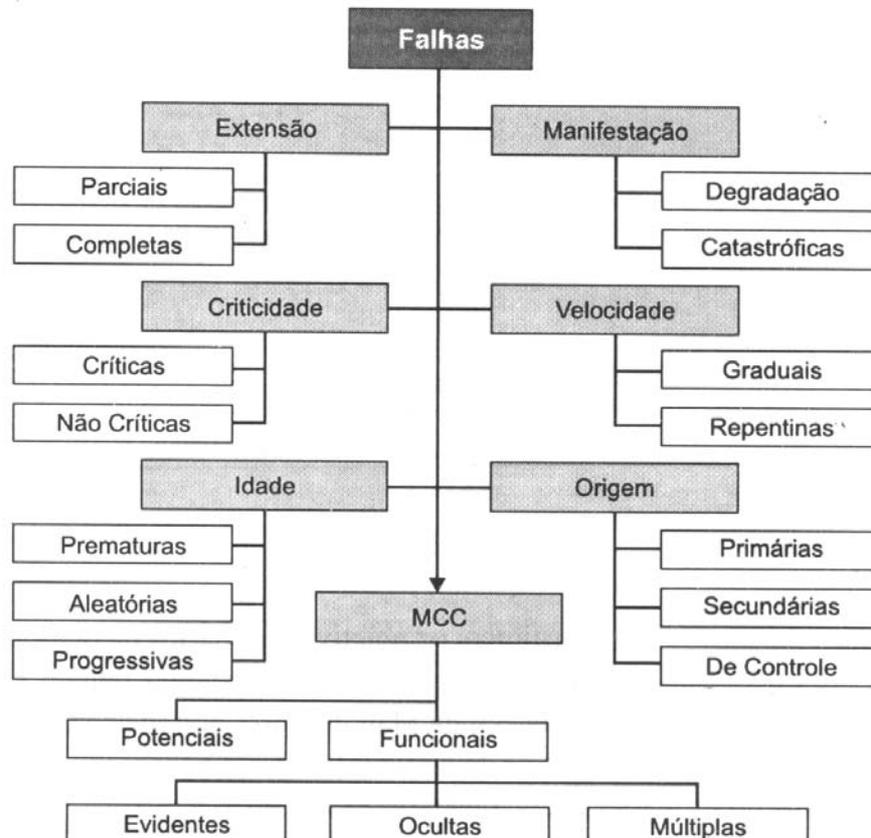


Figura 2.17 - Taxonomia Falhas (Siqueira, 2005).

2.3.6 CATEGORIAS DE CONSEQÜÊNCIA DE FALHA

O processo RCM classifica essas conseqüências em quatro grupos, como segue:

- ✓ Conseqüências de Falhas Ocultas – As falhas ocultas não têm impacto direto, mas expõem a empresa a falhas múltiplas com conseqüências sérias, freqüentemente catastróficas.
- ✓ Conseqüências sobre Segurança e Meio-Ambiente – Uma falha tem conseqüência sobre a segurança se ela puder ferir ou matar alguém. Ela tem conseqüências sobre o meio-ambiente se vier a violar qualquer padrão ambiental, da empresa, regional ou federal.
- ✓ Conseqüências Operacionais: Uma falha tem conseqüências operacionais se ela afeta a produção (quantidade, qualidade do produto, serviço ao cliente ou custos operacionais, além do custo direto do reparo).
- ✓ Conseqüências não-operacionais: Falhas evidentes que se enquadram nesta categoria não afetam a segurança nem a produção, portanto envolvem apenas o custo direto do reparo.

2.3.7 TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DE FALHAS

As técnicas de gerenciamento de falhas são divididas em duas categorias:

- ✓ tarefas pró-ativas: são tarefas empreendidas antes de uma falha ocorrer, de modo a prevenir o item de entrar em um estado de falha. Elas abrangem o que é tradicionalmente conhecido

- como manutenção preditiva e preventiva, embora o RCM use o termo restauração programada, descarte programado e manutenção sob condição.
- ✓ tarefas default: são tarefas que tratam o estado de falha e são escolhidas quando não é possível identificar uma tarefa pró-ativa efetiva. Ações default incluem busca da falha, reprojeção e rodar até falhar.

Um exame mais detalhado das tarefas pró-ativas e default encontra-se na norma SAE-JA1011 p. 08-09.

2.3.8 PROGRAMA DINÂMICO

Uma revisão periódica é necessária para que o programa de gerenciamento de ativos derivado da RCM assegure que os ativos continuem a preencher as expectativas funcionais correntes de proprietários e usuários.

A metodologia MCC adota uma sequência estruturada, composta por sete etapas, que respondem as sete questões básicas da MCC. As sete etapas são denominadas a seguir e apresentadas na figura 1111 (Siqueira, 2005):

- I. Seleção do sistema de coleta de informações;
- II. Análise de modos de falhas e efeitos;
- III. Seleção de funções significativas;
- IV. Seleção de atividades aplicáveis;
- V. Avaliação da efetividade das atividades;
- VI. Seleção das atividades aplicáveis e efetivas;
- VII. Definição da periodicidade das atividades.

3. INSTRUMENTAÇÃO DISPONÍVEL EM BALBINA: SMAR E ROCKWELL (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

3.1 REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração: UGH1 – RESFRIAMENTO AR GERADOR				Local : PMG-01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	26GAF1 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23- p 787	128	51-52	94GAX1	ALARME – 45°C
02	26GAF2 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23- p 787	128	55-56	“	ALARME – 45°C
03	26GAF3 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23- p 787	128	59-60	“	ALARME – 45°C
04	26GAF4 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23- p 787	128	63-64	“	ALARME – 45°C
05	26GAF5 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23- p 787	128	67-68	“	ALARME – 45°C
06	26GAF6 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23- p 787	128	71-72	“	ALARME – 45°C
07	26GAF7 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23- p 787	128	75-76	“	ALARME – 45°C
08	26GAF8 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23- p 787	128	79-80	“	ALARME – 45°C
09	26GAQ1 – Sobretemperatura ar quente – 1º Estágio 76°C	23-5787	128	83-84	94GAX2	ALARME – 76°C
10	26GAQ2 – Sobretemperatura ar quente – 2º Estágio 81°C	23-5785	115	89-90	26GAQX1	TRIP- 81°C
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT					

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração : UGH1 – MANCAL ESCORA				Local : CXTB-01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO

01	METAL – 1º Estágio 85° C ↑	23-5786	136	71-72	38MEX1	AL ME 85°
02	METAL – 2º Estágio 90° C ↑	23-5785	96	89-90	38MFX1	TRI 90°
03	Óleo Cuba – Sobretemperatura de óleo na cuba 1º Estágio 75° C ↑	23-5786	137	77-78	38MIX1	AL ME 75°
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT					

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração: UGH1 – MANCAL INTERMEDIÁRIO				Local : CXTB-01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBS VA
01	METAL – Sobretemperatura 1º estágio 75° C ↑	23-5786	136	74-75	38MGX1	ALA E- 7
02	METAL – Sobretemperatura 2º estágio 85° C ↑	23-5785	96	95-96	38MHX1	TRI 85°
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT					

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA

SAÍDAS DIGITAIS

Unidade de Geração : UGH1 – MANCAL GUIA INFERIOR			Local :		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ
01	METAL – Sobretemperatura 1º Estágio 75° C ↑	23-5786	69	79-80	38MKX1
02	METAL – Sobretemperatura 2º Estágio 85° C ↑	23-5785	96	101-102	38MLX1
03	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura 1º Estágio 75° C ↑	23-5786	69	82-83	38MJX1
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT				

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA**SAÍDAS DIGITAIS**

Unidade de Geração : UGH1 - MANCAL GUIA SUPERIOR			Local :PMG - 01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ
01	METAL – Sobretemperatura 1º Estágio	23-5787	100	40 A -B -C	GMM1X1
02	METAL – Sobretemperatura 2º Estágio	23-5785	99	40 A -B -C	GMM2X2
03	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura de óleo na cuba 1º Estágio	23-5787	100	41 A -B -C	GMO1X1

04	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura de óleo na cuba 2º Estágio	23-5785	99	41 A -B -C	GMO2X2
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT				

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA					
SAÍDAS DIGITAIS					
Unidade de Geração : UGH1 - ENROLAMENTO DO ESTATOR				Local :PMG - 01	
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ
01	Fase A 1º Estágio 130° C	23-5787	85	7 – A,B,C	49G1X1
02	Fase B 1º Estágio 130° C	23-5787	85	8 – A,B,C	“
03	Fase V 1º Estágio 130° C	23-5787	85	11 – A,B,C	“

04	Fase A 2º Estágio 155° C	23-5787	85	8 – A,B,C	49G2X1
05	Fase B 2º Estágio 155° C	23-5787	85	10 – A,B,C	“
06	Fase V 2º Estágio 155° C	23-5787	85	12 – A,B,C	“
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT				

3.2 ALARMES E TRIPS

TRANSFORMADOR ELEVADOR TF1					
DES./ FOLHA/ ENDEREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	T
BAL235787 FL 148	149TP	– Enrolamento Primário	Ventilador 1	80	1
			Ventilador 2	90	
			Alarme	105	
			Trip	120	
BAL235787 FL 148	149TS	– Enrolamento secundário	Ventilador 1	80	1
			Ventilador 2	90	
			Alarme	105	
			Trip	120	
BAL235787 FL 149	126F	– Óleo	Alarme	85	1
			Trip	95	

TRANSFORMADOR DE EXCITAÇÃO TEX1					
DES./ FOLHA/ ENDEREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	T
BAL235787 FL 51	149TEA1	– 1° Enrolamento FASE A	Alarme	110	1
			Trip	130	
BAL235787 FL 51	149TEA2	– 2° Enrolamento FASE A	Alarme	110	1
			Trip	130	
BAL235787 FL 51	149TEB1	– 1° Enrolamento FASE B	Alarme	110	1
			Trip	130	
BAL235787 FL 51	149TEB2	– 2° Enrolamento FASE B	Alarme	110	1
			Trip	130	
BAL235787 FL 51	149TEV1	– 1° Enrolamento FASE V	Alarme	110	1
BAL235787 FL 51	49TEV2	– 2° Enrolamento FASE V	Trip	130	1

AR DO GERADOR FRIO					
DES./ FOLHA/ ENDEREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	T
BAL235787 FL 76	126GAF1	– 1° Radiador		45	1
BAL235787 FL 76	126GAF2	– 2° Radiador		45	1
BAL235787 FL 76	126GAF3	– 3° Radiador		45	1

AR DO GERADOR FRIO				
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C
BAL235787 FL 76	126GAF4	- 4° Radiador	Alarme	45
BAL235787 FL 77	126GAF5	- 5° Radiador		45
BAL235787 FL 77	126GAF6	- 6° Radiador		45
BAL235787 FL 77	126GAF7	- 7° Radiador		45
BAL235787 FL 77	126GAF8	- 8° Radiador		45

AR DO GERADOR QUENTE				
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C
BAL235787 FL 86	126GAQ1	Ar Quente	Alarme	76
			Trip	85

ENROLAMENTO DO GERADOR ESTATOR				
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C
BAL235787 FL 85	149G1A	- 1° Local FASE A	Alarme	130
			Trip	155
BAL235787 FL 85	149G2A	- 2° Local FASE A	Alarme	130
			Trip	155
BAL235787 FL 85	149G1B	- 1° Local FASE B	Alarme	130
			Trip	155
BAL235787 FL 85	149G2B	- 2° Local FASE B	Alarme	130
			Trip	155
BAL235787 FL 85	149G1V	- 1° Local FASE V	Alarme	130
			Trip	155
BAL235787 FL 85	149G2V	- 2° Local FASE V	Alarme	130

MANCAL SUPERIOR MGS					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	T
BAL235787 FL 80	138GMM1	1° Metal Mancal	Alarme	85	1
			Trip	105	
BAL235787 FL 80/83	138GM2	2° Metal Mancal	Alarme	85	1
			Trip	105	
BAL235787 FL 86	38GMM3	3° Metal Mancal	Alarme	85	1
			Trip	105	
BAL235787 FL 80	38GMO1	1° Óleo Mancal	Alarme	90	1
			Trip	105	
BAL235787 FL 80	38GMO2	2° Óleo Mancal	Alarme	90	1
			Trip	105	

MANCAL GUIA ESCORA MGE					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	T
BAL235786 FL 30	138ME1	– 1° Metal Mancal	Alarme	85	1
			Trip	90	
BAL235786 FL 32	138ME2	– 2° Metal Mancal	Alarme	85	1
			Trip	90	
BAL235786 FL 33	138ME3	– 3° Metal Mancal	Alarme	85	1
			Trip	90	
BAL235786 FL 31	138MI	– Óleo Mancal	Alarme	75	1
			Trip	90	

MANCAL GUIA INFERIOR MGI					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	T
BAL235786 FL 30	38MK1	– 1° Metal Mancal	Alarme	75	1
			Trip	85	
BAL235786 FL 32	38MJ1	– 1° Óleo Mancal	Alarme	70	1
			Trip	85	
BAL235786 FL 32	38MK2	– 2° Metal Mancal	Alarme	75	1
			Trip	85	
BAL235786 FL 32	38MK3	– 3° Metal Mancal	Alarme	75	1
			Trip	85	
BAL235786 FL 32	38MJ2	– 2° Óleo Mancal	Alarme	70	1
			Trip	85	

MANCAL GUIA ESCORA INTERMEDIÁRIO					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	
BAL235786 FL 30	38MG1	– 1° Metal Mancal	Alarme	85	1
			Trip	105	
BAL235786 FL 32	38MG2	– 2° Metal Mancal	Alarme	85	
			Trip	105	
BAL235786 FL 33	38MG3	– 3° Metal Mancal	Alarme	85	3
			Trip	105	

TANQUE SEM PRESSÃO REGULAÇÃO – ÁGUA E ÓLEO					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	
BAL235787 FL 86	26LK	Óleo	Alarme	48	2
			Trip	55	
BAL235787 FL 86	26AR	Água	Alarme1	35	

3.3 INSTRUMENTAÇÃO DIGITAL DE BALBINA

MANCAL GUIA SUPERIOR						
Temperatura						
Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Sensor	Ø tubulação	Tag A	Tag B
TT1	Entrada trocador calor		PT100-3F			26GS
	Saída trocador calor	26-6B				26GS
TT2	Água saída trocador	26-8	PT100-3F			26GS
Pressão						
Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Sensor	Ø tubulação	Tag a
MP1	Saída Motobomba 01	63-1D	3,9-4,4 kg/cm ²		½ npt	63-1D
						63-1D
						63-1D
MP2	Saída Motobomba 02	63-2D	3,9-4,4 kg/cm ²		½ npt	63-2D
						63-2D
						63-2D
DP1	Entrada e saída dos filtros óleo	63DP12	0,5kg/cm ²		1/2 npt	63DP12
DP2	Cuba de óleo	71GMO	0,02 kg/cm ²		½ npt	71GM
						71GM
						71GM
						71GM
Vazão						
Transmissor	Posição Sensor	Tag Analóg	Vazão de Trabalho	Sensor	Ø tubulação	Tag c
IF1	Tubulação Saída óleo após os trocadores	80GMO	100 L/min		1"	80GM

							94GM
IF2	Tubulação Saída água após os trocadores	80GMA	50 L/min			2"	80GM 94GM

MANCAL COMBINADO

Temperatura

Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Ø tubulação	Tag Alarme	Descrição	Obs
TT1	Tubulação entrada trocador de calor	26DB	PT100-3F		26CTOEA	Temperatura óleo entrada trocadores de calor	ALARM
TT2	Tubulação saída trocador de calor	26DI	PT100-3F		26CTASA	Temperatura água saída trocadores de calor	

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Obs
MP1	Saída Motobomba AI	63LX	2,0 kg/cm ²	½ npt	63LXA	Pressão saída da motobomba AI	
MP2	Saída Motobomba AJ	63LY	2,0 kg/cm ²	½ npt	63LYA	Pressão saída da motobomba AJ	
DP1	Entrada e saída dos filtros de óleo	63MB	0,5 kg/cm ²	½ npt	63MBA	Filtro sujo ou obstruído	
DP2	Cuba de óleo	71M	0,05 kg/cm ²	½ npt	71MD2A	Nível muito baixo óleo(trip)	Instalação de óleo de Galeria tomada

					71MD1A	Nível baixo óleo	
					71CYA	Nível Normal óleo	
					71MCA	Nível Alto óleo	

Vazão

Transmissor	Posição do sensor	Tag Analóg	Vazão de Trabalho	Ø tubulação	Tag digital	Descrição	Obsere
IF1	Tubulação entrada de óleo na cuba	80LP	100 L/min	4"	80LPA	Falta Circulação de Óleo 1° est.	Engren
					94LPTA	Circulação de Óleo 2° est. Trip	Digitali tempor Substit relé RE eletron
IF2	Tubulação saída água trocadores calor	80MM	50 L/min	4"	80MMA	Circulação Água 1° alarme	Ultraso
					94MMTA	Circulação Água 2° trip	Digitali tempor Substit relé RE eletron

REGULADOR DE VELOCIDADE

PRESSÃO

Transmissor	Posição do sensor	Tag Medição	Pressão de Trabalho	Ø tub
-------------	-------------------	-------------	---------------------	-------

MP1	Saída Motobombas AE/AF	63CR	33.8 - 36.8 bar	
DP1	Fundo do reservatório de óleo do regulador (Tq. s/ pressão)	71LI		
DT1 TRANSMISSOR DE TEMPERATURA E DENSIDADE	Saída Motobombas AE/AF	3126CR		4"

Vazão

Transmissor	Posição do sensor	Tag Medição	Vazão de Trabalho	Ø tub
IF1	Tubulação saída de água dos trocadores de calor	80MN	100 L/min	2"

Acumulador Ar/Óleo de Regulação

PRESSÃO

Transmissor	Posição do sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø tub
MP1	Na saída do acumulador ar/ óleo	63L	37-40 bar	
DP1	Topo e base do acumulador ar/óleo	63DPAO	37-40bar	

PT1	Transmissor de posição	No niveostato do acumulador ar/óleo		

TURBINA e CX. ESPIRAL

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme
MP1	Tubulação do tubo de Sucção	63TS1	2.5 kg/cm ²		63TS1A
MP2	Tomada paredão de montante próximo do Gerador	DJ	3.5 kg/cm ²		DJA
MP3	Cuba de óleo M. Guia Inferior	63MS			63MSA
DP1	RITEMAYER de vazão turbinada	63RJ	1 kg/cm ²		63RJA

TRANSFORMADOR ELEVADOR

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme
MP1	Na linha de óleo do Relé de Gás	63F2			

DP1	Antes e Após Relé de Gás	71F3			71F3AA
					71F3BA

SISTEMA DE INJEÇÃO DE ÓLEO

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição
MP1	Saída Moto-bomba AG	63LV	150Bar		63LVA	Pressão
MP2	Saída Moto-bomba AH	63LW	100Bar		63LWA	Pressão
MP3	Saída filtros de óleo de injeção	63CS	100- 150Bar		63SSA	Pressão

SISTEMA DE VEDAÇÃO E DRENAGEM DA T. TURBINA

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição
MP1	Tubulação de Água de Vedação do eixo (Poço da Turbina)	63MQ	3.6Bar		63MQ1A	Pressão
			1.0Bar		63MQ2A	Pressão
MP2	Tubulação de Agua da Junta de Manutenção	63CW	2Bar		63CWA	Pressão
MP3	Saída das MB's AK/AL					Pressão
DP1	Poço de drenagem da tampa da Turbina	71 SDR			71CGA	Nível á
					71CHA	Nível á

					71CIA	Nível á
					71LQA	Nível a

Vazão

Transmissor	Posição Sensor	Tag Analóg	Vazão de Trabalho	Ø tubulação	Tag digital	Descri
IF1	Tubulação Água de Vedação Poço da Turbina	80MP		2"	80MPA	Falta C

COMPORTA TOMADA D'AGUA

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descriç
MP1	Saída da MB's	63PBA			63PBA	Pressão Baixa do Óleo.
					63PAA	Pressão do Óleo
MP2	Tubalação de óleo pressurizada					Pressão óleo na tubulaçã das comport. abertas.
DP1	Central Hidráulica	71CB			71CBAA	Nível Alto de óleo
					71CBNA	Nível Normal de óleo
					71CBBA	Nível Baixo de óleo
DP2	Tomada paredão de montante próximo do Gerador	63PEP			63PEPA	Equil. de Pressão Estabele
DP3	Tomada paredão de montante próximo do Gerador	PC			PCA	Perda de Carga na grade

SISTEMA DE FRENAGEM

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Observação
MP1	Antes da Eletroválvula de Frenagem	63AF	5Bar		63AFA	Pressão do Ar Frenagem	BAL23-2;PMGC
MP2	Após Eletroválvula de Frenagem	63FI	5Bar		63FIA	Pressão de Frenagem Indevida (trip)	BAL23-4;PMGC

FILTRO AUTO-LIMPANTE

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Observação
DP1	Entrada e Saída (Filtro)		5mca			Pressão da água do filtro	Des. 5786/3

COMPRESSOR AR DE SERVIÇO

PRESSÃO

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø tubulação	Tag alarme	Descrição
MP1	Balão de Ar (7bar)	63PC	5 - 7 bar		63PCPAA	Pressão Balão
					63PCPBA	
					63PCP1A	
					63PCP2A	

COMPRESOR DE AR DE REGULAÇÃO

PRESSÃO

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø tubulação	Tag alarme	Descrição
-------------	----------------	-------------	------------------	-------------	------------	-----------

MP1	Balão de Ar 50Bar	63C	42-50 bar	63CCTA	Pressão Balão
				63CCUA	
				63CCVA	
				63CMTA	

SISTEMA ÁGUA DE SELAGEM MB's AN/AR

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição
MP1	Saída das MB's AN/AR					Pressão de d
DP1	Sucção das MB's Água Selagem	63MR			63MRA	Baixa Pressã
DP2	No Tanque Água Selagem	71MO			71MOA	Nível Baixo r

TRANSFORMADOR REGULADOR n°1

TEMPERATURA

Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Tag Alarme	Descrição	Observação
TT1	Tanque de óleo	26F1	PT100 3 F	26F11A	Sobre Temp. Óleo Trafo 1º Estágio	Alarme
				26F12A	Sobre Temp. Óleo Trafo 2º Estágio	Trip

OBS.: Poderá ser analisado a utilização do transmissor de temperatura do óleo elevador da máquina já instalado, evitando a aquisição de três transmissores.

TRANSFORMADOR AUXILIAR N°1

TEMPERATURA

Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Tag Alarme	Descrição	Observação
TT1	Carcaça do Trafo	49F1/2	PT100 3 F	49F1A	Sobretemp. do Ar do Trafo n°1	Alarme
				49F2A	Sobretemp. do Ar do Trafo n°1	Trip

TRANSFORMADOR AUXILIAR N°2

TEMPERATURA

Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Tag Alarme	Descrição	Observação
TT1	Carcaça do Trafo	49F1/2	PT100 3 F	49F1A	Sobretemp. do Ar do Trafo nº2	Alarme
				49F2A	Sobretemp. do Ar do Trafo nº2	Trip

4. PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

4.1 SISTEMA DA TURBINA - HIDRÁULICA



PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA PERIÓDICA

HIDRÁULICA

SISTEMA DA TURBINA

PMP - TU0003

05	MAR/20 04	CPM	COG	ALTERADO PARA ATENDER MODIFICAÇÕES NA ESTRUTURA NO MÓDULO PM R3 (SEPARAÇÃO DE EQUIPAMENTOS).
04	JUN/200 3	CPM	COG	INSERIDO PLANO DE MANUTANÇÃO COM PERIODICIDADE TRIMESTRAL PARA REGULADOR

				HIDRÁULICO.
03	FEV/2001	MP-TPM	COG	ATENDER AS NECESSIDADES DO MÓDULO PM R3 (NOME, NÚMERO, PERIODICIDADE, ATIVIDADE, ROTEIRO, ETC...).
02	AGO/2000	MP-TPM	COG	PADRONIZAÇÃO DOS PROGRAMAS DE INSPEÇÃO ENTRE AS INSTALAÇÕES – TUC / SAM / CN
01	NOV/1999	CTCQE	COG	DIVIDIR AS INSPEÇÕES EM ATIVIDADES AUTÔNOMAS E PLANEJADA DENTRO DA FILOSOFIA - “TPM”
00	MAR/1997	GAD/GC Q	COG	INTEGRADO AS EQUIPES E OS PROGRAMAS DE INSPEÇÕES E CONTROLE - PIC’S
REVISÃO	DATA	EMISSOR	APROV	ALTERAÇÕES PRINCIPAIS

1 – OBJETIVO

- Garantir a confiabilidade do sistema.
- Cumprir com a programação de manutenção.

2 – CAMPO DE APLICAÇÃO

10010698	SISTEMA DA TURBINA
10010684	TURBINA HIDRÁULICA
10010611	MANCAL ESCORA
10010613	MANCAL GUIA DA TURBINA
10010656	SISTEMA DE VEDAÇÃO DO EIXO DA TURBINA
10072464	SISTEMA DO DISTRIBUIDOR
10072465	SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO

DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO
10010424 – SISTEMA DA TURBINA – UGA01
10010496 – SISTEMA DA TURBINA – UGA02
10010595 – SISTEMA DA TURBINA – UGH01
10010698 – SISTEMA DA TURBINA – UGH02
10010797 – SISTEMA DA TURBINA – UGH03
10010896 – SISTEMA DA TURBINA – UGH04
10010995 – SISTEMA DA TURBINA – UGH05
10011094 – SISTEMA DA TURBINA – UGH06
10011193 – SISTEMA DA TURBINA – UGH07
10011290 – SISTEMA DA TURBINA – UGH08
10011390 – SISTEMA DA TURBINA – UGH09
10011491 – SISTEMA DA TURBINA – UGH10
10011591 – SISTEMA DA TURBINA – UGH11
10011692 – SISTEMA DA TURBINA – UGH12
10052689 – SISTEMA DA TURBINA – UGH13
10057896 – SISTEMA DA TURBINA – UGH14
10069800 – SISTEMA DA TURBINA – UGH15
10070664 – SISTEMA DA TURBINA – UGH16

00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH17
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH18
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH19
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH20
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH21
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH22
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH23

3 – EQUIPE RESPONSÁVEL

- Centro de Trabalho Responsável: TUPB (MECÂNICA)
TUPC (ELETRICA)

4 - PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

- Utilizar EPI's;
- Elaborar a Análise Preliminar de Riscos – APR

5 - PERIODICIDADE

- C1 - ANUAL
- C2 - 05 ANOS

6 – PLANEJAMENTO

- Realizar análise preliminar de risco.
- Dimensionar satisfatoriamente a equipe.
- Relacionar materiais, ferramentas e equipamentos.
- Analise das atividades em loco.
- Dar feedback ao Centro de Planejamento e propor melhorias.

7 - RECURSOS HUMANOS UTILIZADOS

PERIODICIDADE	PLANEJAMENTO	EXECUÇÃO	ANÁLISE
ANUAL	01 X 00:15	04 X 07:00	01 X 00:15
05 ANOS	01 X 02:00	10 X 63:00	01 X 01:30

8 - FERRAMENTAS, INSTRUMENTOS, MATERIAIS DE REPOSIÇÃO E DE LIMPEZA A SEREM UTILIZADOS

PERIODICIDAD E	FERRAMENTAS	INSTRUMENTOS/ EQUIPAMENTOS	MATERIAIS
ANUAL	- Caixa de ferramenta para mecânico.	- Bomba graxeira	- Material para limpeza; etc...
05 ANOS	-Caixa de ferramentas para mecânico; lanterna etc...		- Material para limpeza; extensões, pendentés; etc...

9 – CUSTOS (R\$)

Os custos do PMP serão estimados no planejamento, e os custos efetivamente realizados serão contabilizados na ORDEM DE MANUTENÇÃO no ambiente R/3.

ITEM
Hxh utilizados
Ferramentas, Instrumentos, Materiais de reposição e de limpeza
Perda por indisponibilidade do equipamento
Gastos com terceiros

10 – INSPEÇÕES E CONTROLE

ITEM	O QUE FAZER?

	ANUAL
01	MANCAL DE GUIA
1.1	Verificar estanqueidade das tubulações
1.2	Limpeza nas tubulações, motobombas, filtros de óleo, etc...
1.3	Inspecionar todos os instrumentos
1.4	Verificar nível de óleo
1.5	Efetuar limpeza nos demarradores
02	MANCAL DE ESCORA
2.1	Lubrificação dos mancais das motobombas
2.2	Verificar estanqueidade das tubulações
2.3	Limpeza nas tubulações, motobombas, filtros de óleo, etc...
2.4	Inspecionar todos os instrumentos
2.5	Verificar nível de óleo
2.6	Efetuar limpeza nos demarradores
03	SISTEMA DE RESFRIAMENTO DOS MANCAIS
3.1	Lubrificação das hastes das válvulas;
3.2	Verificar estanqueidade das tubulações
3.3	Efetuar limpeza nas tubulações, motobombas ,trocadores de calor, etc...

3.4	Inspeccionar todos os instrumentos
	05 ANOS
04	MANCAL COMBINADO E ESCORA
	VERIFICAR O ESTADO DE LIMPEZA E PINTURA DAS TUBULAÇÕES DE CIRCULAÇÃO DE ÓLEO E INJEÇÃO
	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES E VÁLVULAS DE CIRCULAÇÃO E INJEÇÃO
	VERIFICAR O ESTADO DE FUNCIONABILIDADE DOS INSTRUMENTOS DE PRESSÃO, VAZÃO, TEMPERATURA E NÍVEL.
	FILTRAR O ÓLEO DE CIRCULAÇÃO
	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DOS TROCADORES DE CALOR
	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DOS SELOS MECÂNICOS DAS MOTOBOMBAS AI/AJ
	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS MOTOBOMBAS AG/AH
	INSPECIONAR OS ELEMENTOS FILTRANTES DE CIRCULAÇÃO E INJEÇÃO
	LUBRIFICAR O ACOPLAMENTO DAS MOTOBOMBAS AI/AJ
	LIMPEZA DOS PAINÉIS
	ESTADO GERAL DOS CONTADORES DE FORÇA
	REAPERTAR BORNES E CONEXÕES
05	MANCAL GUIA DA TURBINA

5.1	FILTRAR ÓLEO DA CUBA
5.2	VERIFICAR ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES
5.3	LIMPEZA NAS TUBULAÇÕES, MOTOBOMBAS, FILTROS DE ÓLEO, ETC...
5.4	INSPECIONAR TODOS OS INSTRUMENTOS
5.4	VERIFICAR NÍVEL DE ÓLEO
5.6	EFETUAR LIMPEZA NOS DEMARRADORES
06	VEDAÇÃO DO EIXO
6.1	ESTADO GERAL DOS CARVÕES
6.2	ESTADO GERAL DA PISTA DE DESGASTE
6.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE DA JUNTA INFLAVEL
6.4	VERIFICAR O ESTADO GERAL DO PORTA- JUNTA, CARTER SUPORTE, LABIRINTO QUANTO A CORROSÃO
6.5	VERIFICAR O ESTADO GERAL DAS TUBULAÇÕES QUANTO A INCRUSTRAÇÃO.
6.6	MEDIR O DESGASTE DA JUNTA-CARVÃO
6.7	INSPEÇÃO DO FILTRO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO(CESTA,CORPO E VALVULAS0
07	DISTRIBUIDOR
7.1	VERIFICAR ESTADO DAS PALHETAS QUANTO CORROSÃO
7.2	VERIFICAR OCORRENCIA DE CAVITAÇÃO NAS PALHETAS
7.3	VERIFICARO O POSICIONAMENTO E TRAVAS DOS PINOS DE CISALHAMENTO
7.4	CONFERIR TORQUE DA S PORCAS DO PARAFUSO DE SUSTENTAÇÃO DAS PALHETAS
7.5	ESTADO GERAL DE CONSERVAÇÃO DAS BIELAS E MANIVELAS
7.6	VERIFICAR A EXISTENCIA DE CORROSÃO E O ESTADO DE PINTURA DO ANEL DE SINCRONISMO
7.7	VERIFICAR O ESTADO DE CONSERVAÇÃO E LIMPEZA DAS CHAVES FIM DE CURSO DE DISTRIBUIDOR ABERTO E FECHADO-GA'S
7.8	VERIFICAR O ESTADO DE CONSERVAÇÃO E LIMPEZA DAS CHAVES FIM DE CURSO DE PINO DE CISALHAMENTO
7.9	LEVANTAR AS FOLGAS DAS PALHETAS DIRETRIZES
08	SERVOMOTORES DO DISTRIBUIDOR
8.1	A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES.

8.2	O ESTADO GERAL DE LIMPEZA E PINTURA DAS TUBULAÇÕES.
8.3	O ESTADO GERAL DE LIMPEZA E PINTURA DOS SERVOMOTORES E GARFOS DE ARTICULAÇÃO.
8.4	A ESTANQUEIDADE ENTRE CÂMARAS
8.5	A ESTANQUEIDADE DO SERVOMOTOR
8.6	A EXISTÊNCIA DE ARRANHÕES, TRINCAS E EMPENAMENTO DAS HASTES DOS SERVOMOTORES
8.7	O ESTADO DO DIAFRÁGMA DA S CÂMARAS DE ABERTURA DOS SERVOMOTORES
8.8	O ESTADO DO DIAFRÁGMA DA S CÂMARAS DE FECHAMENTO DOS SERVOMOTORES
8.9	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TRAVAS MECÂNICAS MANUAIS
8.10	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TRAVAS HIDRÁULICAS(UGH'S 13 A 23)
8.11	A ESTANQUEIDADE DAS TRAVAS HIDRÁULICAS(UGH'S 13 A 23)
8.12	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO LIMITADOR DE ABERTURA MECÂNICA (LH) E (LJ)
8.13	VERIFICAR A FIXAÇÃO DA HASTE DE REALIMENTAÇÃO DOS SERVOMOTORES (315)
8.14	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO VARIÔMETRO (EC) QUE INDICA A POSIÇÃO DE ABERTURA DO DISTRIBUIDOR
8.15	VERIFICAR A FIXAÇÃO ENTRE OS SERVOMOTORES E AS ALAVANCAS DO SISTEMA
8.16	VERIFICAR A FIXAÇÃO DOS CONTATOS DE FIM DE CURSO CC/CD DE INDICAÇÃO DE TRAVA APLICADA OU DESAPLICADA COM DISTRIBUIDOR FECHADO(UGH'S 13 A 23)
8.17	VERIFICAR O ESTADO DO CONTATO FIM DE CURSO CB DE INDICAÇÃO DE TRAVA APLICADA OU DESAPLICADA COM DISTRIBUIDOR ABERTO(UGH'S 13 A 23)
09	TAMPAS DA TURBINA
9.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
9.2	VERIFICAR ESTADO GERAL DE PINTURA
9.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
9.4	INPECIONAR AS BOMBAS DE DRENAGEM, TUBULAÇÕES, INSTRUMENTOS, VÁLVULAS
10	EIXO
10.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
10.2	FIXAÇÃO DO SENSOR DE SOBREVELOCIDADE 331
10.3	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO PISTÃO DA VÁLVULA 332
10.4	ESTANQUIEDADE DA TUBULAÇÃO DE SOBREVELOCIDADE
10.5	INSPECIONAR AO ESCOVA DE ATERRAMENTO
12	RODA DA TURBINA
12.1	VERIFICAR OCORRÊNCIA DE TRINCAS E CAVITAÇÃO NAS PÁS
12.2	EFETUAR MEDIDA DE FOLGA DA RODA COM PARTES FIXAS
12.3	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
12.4	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
13	ESTABILIZAÇÃO
13.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO

13.2	VERIFICAR ESTADO GERAL DE PINTURA
13.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
13.4	CONFERIR O AJUSTE DAS MOLAS DAS VÁLVULAS DE AERAÇÃO
13.5	VERIFICAR O ESTADO GERAL DA BOIA DA VÁLVULA DE AERAÇÃO
13.6	VERIFICAR A VEDAÇÃO DE EMERGÊNCIA
13.7	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES E VÁLVULAS DO AR DE INJEÇÃO-GA
13.8	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DO SOLENÓIDE DO AR DE INJEÇÃO-GA
	10 ANOS
14	MANCAL COMBINADO E ESCORA
14.1	VERIFICAR O ESTADO DE LIMPEZA E PINTURA DAS TUBULAÇÕES DE CIRCULAÇÃO DE ÓLEO E INJEÇÃO
14.2	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES E VÁLVULAS DE CIRCULAÇÃO E INJEÇÃO
14.3	VERIFICAR O ESTADO DE FUNCIONABILIDADE DOS INSTRUMENTOS DE PRESSÃO, VAZÃO, TEMPERATURA E NÍVEL.
14.4	VERIFICAR O ESTADO DO METAL PATENTE DAS SAPATAS DE ESCORA E PATINS
14.5	VERIFICAR O ESTADO DO BLOCO DE ESCORA
14.6	VERIFICAR A FIXAÇÃO E O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS MANGUEIRAS DE INJEÇÃO
14.7	ENSAIAR AS PROTEÇÕES DE TEMPERATURA E NÍVEL DO MANCAL
14.8	VERIFICAR O ESTADO DAS MEMBRANAS TOROIDAIS
14.9	AJUSTAR A FOLGA DOS PATINS
14.10	FILTRAR O ÓLEO DE CIRCULAÇÃO
14.11	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DOS TROCADORES DE CALOR
14.12	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DOS SELOS MECÂNICOS DAS MOTOBOMBAS AI/AJ
14.13	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS MOTOBOMBAS AG/AH

14.14	INSPECIONAR OS ELEMENTOS FILTRANTES DE CIRCULAÇÃO E INJEÇÃO
14.15	LUBRIFICAR O ACOPLAMENTO DAS MOTOBOMBAS AI/AJ
14.16	LIMPEZA DOS PAINÉIS
14.17	ESTADO GERAL DOS COTADORES DE FORÇA
14.18	REAPERTAR BORNES E CONEXÕES
15	MANCAL GUIA DA TURBINA
15.1	INSPECIONAR O ESTADO DO METAL PATENTE
15.2	VERIFICAR O ESTADO GERAL DO CÂRTER SUPORTE QUANTO A CORROSÃO E O ESTADO DE PINTURA
15.3	VERIFICAR O ESTADO DE PINTURA DA CUBA GIRATÓRIA
15.4	FILTRAR O ÓLEO DA CUBA
16	VEDAÇÃO DO EIXO
16.1	ESTADO GERAL DOS CARVÕES
16.2	ESTADO GERAL DA PISTA DE DESGASTE
16.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE DA JUNTA INFLAVEL
16.4	VERIFICAR O ESTADO GERAL DO PORTA- JUNTA, CARTER SUPORTE, LABIRINTO QUANTO A CORROSÃO
16.5	VERIFICAR O ESTADO GERAL DAS TUBULAÇÕES QUANTO A INCRUSTRAÇÃO.
17	DISTRIBUIDOR
17.1	VERIFICAR ESTADO DAS PALHETAS QUANTO CORROSÃO
17.2	VERIFICAR OCORRENCIA DE CAVITAÇÃO NAS PALHETAS
17.3	CONFERIR TORQUE DOS PINOS DE CISALHAMENTO
17.4	MEDIR O NÍVEL DE DESGASTE DOS MANCAIS DAS PALHETAS
17.5	CONFERIR TORQUE DA S PORCAS DO PARAFUSO DE SUSTENTAÇÃO DAS PALHETAS
17.6	ESTADO GERAL DE CONSERVAÇÃO DAS BIELAS E MANIVELAS
17.7	MEDIR NÍVEL DE DESGASTE DOS MANCAIS DO ANEL DE SINCRONISMO
17.8	VERIFICAR A EXISTENCIA DE CORROSÃO E O ESTADO DE PINTURA DO ANEL DE SINCRONISMO
17.9	VERIFICAR O ESTADO DE CONSERVAÇÃO E LIMPEZA DAS CHAVES FIM DE CURSO

17.10	LEVANTAR AS FOLGAS DAS PALHETAS DIRETRIZES
18	SERVOMOTORES DO DISTRIBUIDOR
18.1	A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES.
18.2	O ESTADO DE GERAL DE LIMPEZA E PINTURA DAS TUBULAÇÕES.
18.3	O ESTADO GERAL DE LIMPEZA E PINTURA DOS SERVOMOTORES E GARFOS DE ARTICULAÇÃO.
18.4	A FIXAÇÃO DOS SERVOMOTORES À BLINDAGEM DO POÇO
18.5	A ESTANQUEIDADE ENTRE CÂMARAS
18.6	A ESTANQUEIDADE DO SERVOMOTOR
18.7	A EXISTÊNCIA DE ARRANHÕES, TRINCAS E EMPENAMENTO DAS HASTES DOS SERVOMOTORES
18.8	O DESGASTE DA BUCHA DA HASTE
18.9	O ESTADO DAS GAXETAS CHEVRON
18.10	O ESTADO DO ANEL RASPADOR
18.11	O ESTADO DO DIAFRÁGMA DA S CÂMARAS DE ABERTURA DOS SERVOMOTORES
18.12	O ESTADO DO DIAFRÁGMA DA S CÂMARAS DE FECHAMENTO DOS SERVOMOTORES
18.13	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TAVAS MECÂNICAS MANUAIS
18.14	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TRAVAS HIDRÁULICAS
18.15	A ESTANQUEIDADE DAS TRAVAS HIDRÁULICAS
18.16	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO LIMITADOR DE ABERTURA MECÂNICA (LH) E (LJ)
18.17	VERIFICAR A FIXAÇÃO DA HASTE DE REALIMENTAÇÃO DOS SERVOMOTORES (315)
18.18	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO VARIÔMETRO (EC) QUE INDICA A POSIÇÃO DE ABERTURA DO DISTRIBUIDOR
18.19	VERIFICAR A FIXAÇÃO ENTRE OS SERVOMOTORES E AS ALAVANCAS DO SISTEMA
18.20	VERIFICAR A FIXAÇÃO DOS CONTATOS DE FIM DE CURSO CC/CD DE INDICAÇÃO DE TRAVA APLICADA OU DESAPLICADA COM DISTRIBUIDOR FECHADO
18.21	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO CONTATO FIM DE CURSO CB DE INDICAÇÃO DE TRAVA APLICADA OU DESAPLICADA COM DISTRIBUIDOR ABERTO
19	TAMPA DA TURBINA
19.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
19.2	VERIFICAR ESTADO GERAL DE PINTURA
19.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
19.4	INPECIONAR AS BOMBAS DE DRENAGEM, TUBULAÇÕES, INSTRUMENTOS, VÁLVULAS
20	EIXO
20.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
20.2	FIXAÇÃO DO SENSOR DE SOBREVELOCIDADE 331
20.3	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO PISTÃO DA VÁLVULA 332
20.4	ESTANQUIEDADE DA TUBULAÇÃO DE SOBREVELOCIDADE
20.5	INSPECIONAR AO ESCOVA DE ATERRAMENTO

21	RODA DA TURBINA
21.1	VERIFICAR OCORRÊNCIA DE TRINCAS E CAVITAÇÃO NAS PÁS
21.2	EFETUAR MEDIDA DE FOLGA DA RODA COM PARTES FIXAS
21.3	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
22	ESTABILIZAÇÃO
22.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
22.2	VERIFICAR ESTADO GERAL DE PINTURA
22.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
22.4	CONFERIR O AJUSTE DAS MOLAS DAS VÁLVULAS DE AERAÇÃO
22.5	VERIFICAR O ESTADO GERAL DA BOIA DA VÁLVULA DE AERAÇÃO
22.7	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES E VÁLVULAS DO AR DE INJEÇÃO-GA
22.8	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DO SOLENÓIDE DO AR DE INJEÇÃO-GA
22.9	VERIFICAR A VEDAÇÃO DE EMERGÊNCIA

4.2 MEDIÇÃO DE VIBRAÇÃO



PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA PERIÓDICA

HIDRÁULICA

MEDIÇÃO DE VIBRAÇÃO

PMP – VI0028

	1			(NOME, NÚMERO, PERIODICIDADE, ATIVIDADE, ROTEIRO, ETC...).
02	AGO/2000	MP-TPM	COG	PADRONIZAÇÃO DOS PROGRAMAS DE INSPEÇÃO ENTRE AS INSTALAÇÕES – TUC / SAM / CN
01	NOV/1999	CTCQE	COG	DIVIDIR AS INSPEÇÕES EM ATIVIDADES PREVENTIVA E PREDITIVA DENTRO DA FILOSOFIA - “TPM”
00	MAR/1997	GAD/GC Q	COG	INTEGRADO AS EQUIPES E OS PROGRAMAS DE INSPEÇÕES E CONTROLE - PIC’S
REVISÃO	DATA	EMISSOR	APROV	ALTERAÇÕES PRINCIPAIS

1 – OBJETIVO

- Captar as condições atuais dos equipamentos, prevendo e antecipando as causas sw futuras anormalidades (falhas ou defeitos).

2 – CAMPO DE APLICAÇÃO

DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	
10010363 - MANCAL COMBINADO - GA01	10010435 - MANCAL COMBINADO - GA02
10010422 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GA01	10010493 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GA02
10010508 - MANCAL DE ESCORA - GP01	10010611 - MANCAL DE ESCORA - GP02
10010509 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP01	10010612 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP02
10010510 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP01	10010613 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP02
10010578 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP01	10010681 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP02
10010580 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP01	10010683 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP02
10010710 - MANCAL DE ESCORA - GP03	10010809 - MANCAL DE ESCORA - GP04
10010711 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP03	10010810 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP04
10010712 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP03	10010811 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP04
10010780 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP03	10010879 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP04
10010782 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP03	10010881 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP04
10010909 - MANCAL DE ESCORA - GP05	10011007 - MANCAL DE ESCORA - GP06
10010910 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP05	10011008 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP06
10010911 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP05	10011009 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP06
10010977 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP05	10011077 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP06
10010979 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP05	10011079 - TRANSFORMATOR 500 KV -

- Verificar quadro de mapeamento de risco.

5 - PERIODICIDADE

- C1 - SEMESTRAL

6 – PLANEJAMENTO

- Realizar análise preliminar de risco.
- Dimensionar satisfatoriamente a equipe.
- Relacionar materiais, ferramentas e equipamentos.
- Analise das atividades em loco.
- Dar feedback ao Centro de Planejamento e propor melhorias

7 - RECURSOS HUMANOS UTILIZADOS

PERIODICIDADE	PLANEJAMENTO	EXECUÇÃO	ANÁLISE
SEMESTRAL	02 X 01:00	02 X 01:00	02 X 01:00

8 - FERRAMENTAS, INSTRUMENTOS, MATERIAIS DE REPOSIÇÃO E DE LIMPEZA A SEREM UTILIZADOS.

PERIODICIDAD E	FERRAMENTAS	INSTRUMENTOS/ EQUIPAMENTOS	MATERIAIS
SEMESTRAL	- Chave de fenda tamanho grande; etc..	- Coletar dados microlog Sec. Microcomputador com acesso a rede.	- Material para limpeza; alcool trapo; etc ...

9 – CUSTOS (R\$)

Os custos do PMP serão estimados no planejamento, e os custos efetivamente realizados serão contabilizados na ORDEM DE MANUTENÇÃO no ambiente R/3.

ITEM
Hxh utilizados
Ferramentas, Instrumentos, Materiais de reposição e de limpeza
Perda por indisponibilidade do equipamento
Gastos com terceiros

10 – INSPEÇÕES E CONTROLE

ITEM	O QUE FAZER ?
	SEMESTRAL
01	UNIDADES GERADORAS PRICIPAIS
1.1	Moto bombas do mancal guia do gerador AX / AY
1.2	Moto bombas do mancal escora AI / AJ
1.3	Moto bombas do mancal guia inferior AK / AL
1.4	Moto bombas do sistema de regulação AE / AF
02	UNIDADES GERADORAS AUXILIARES
2.1	Moto bombas do mancal combinado
2.2	Moto bombas do regulador de velocidade

03	TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA 500 KV
3.1	Sistema de Resfriamento (Moto bombas) Bb-01, Bb-02, Bb-03, Bb-04, Bb-05 e Bb-06.

Denominação	Plno.manutenção	Item manut.	Descrição	Total	
MANCAL COMBINADO	15000502	13238	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000503	13239	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
MANCAL ESCORA	15000463	13200	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000464	13201	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000465	13202	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000466	13203	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000467	13204	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000468	13205	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000469	13206	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000470	13207	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000471	13208	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000472	13209	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000473	13210	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000474	13211	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	MANCAL GUIA DA TURBINA	15000475	13212	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
		15000476	13213	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000477		13214	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000478		13215	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000479		13216	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000480		13217	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000481		13218	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000482		13219	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000483		13220	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000484		13221	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000485		13222	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000486		13223	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	

MANCAL GUIA DO GERADOR	15000510	13055	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000511	13056	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000512	13057	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000513	13058	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000514	13059	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000515	13060	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000516	13241	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000517	13242	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000518	13243	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000519	13244	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000520	13245	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000521	13246	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	REGULADOR HIDRÁULICO	15000487	13224	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
		15000488	13225	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000489		13226	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000490		13227	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000491		13228	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000492		13229	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000493		13230	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000494		13231	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000496		13232	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000497		13233	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000498		13234	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000499		13235	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000500		13236	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000501		13237	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	

TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA 500 KV	15000522	13247	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000523	13248	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000524	13249	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000525	13250	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000526	13251	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000527	13252	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000528	13253	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000529	13254	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000530	13255	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000531	13256	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000532	13257	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000533	13258	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	Total Global			

5. ÁRVORE DE FALHAS – UNIDADE GERADORA HIDRÁULICA (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

Tp.catál.	Grupo...	vaz.	Txt.catálogo..... Descrição.....	Pal.chave... TD Status
S		PT	Árvore Falha	Árvore Falha
	UGH	PT	Unidade Geradora Hidráulica	3
		1 PT	Unidade Geradora Hidráulica	
	UGH-ADE1	PT	Adução	2
		1 PT	Caixa espiral	
		2 PT	Estrutura civil	
		3 PT	Grades	
		4 PT	Guia	
		5 PT	Instrumentação	
		6 PT	Junta elástica	
		7 PT	Pré distribuidor	
		8 PT	Soleira	
	UGH-ADE2	PT	Descarga	2
		1 PT	Anel de descarga	
		2 PT	Estrutura civil	
		3 PT	Guia	
		4 PT	Instrumentação	
		5 PT	Soleira	
		6 PT	Sucção	
	UGH-ARE1	PT	Acumulador	2
		1 PT	Bateria	
		2 PT	Cabos e conectores	
	UGH-ARE2	PT	Retificador	2
		1 PT	Circuito elétrico	
		2 PT	Circuito eletrônico	
		3 PT	Instrumentação	
		4 PT	Painel de comando	
		5 PT	Retificador	
		6 PT	Transformador	
	UGH-ARET	PT	UGH-Acumulador e Retificador	3
		1 PT	Amparímetro	
		2 PT	Bateria	
		3 PT	Chave Seletora	
		4 PT	Comando e Controle	
		5 PT	Contator	
		6 PT	Fusível	
		7 PT	Módulo Indicador	
		8 PT	Paínel	
		9 PT	Retificador	
		10 PT	Sensor de Temperatura	
		11 PT	Transformador	
		12 PT	Voltímetro	
	UGH-ARS1	PT	Sistema de resfriamento	2
		1 PT	Filtro	
		2 PT	Instrumentação	
		3 PT	Trocador de calor	
		4 PT	Tubulações e conexões	

	5	PT	Válvulas	
	6	PT	Ventilador	
UGH-ARS2		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
UGH-ARS3		PT	Moto-compressor	2
	1	PT	Compressor	
	2	PT	Instrumentação	
	3	PT	Motor	
	4	PT	Reservatório	
	5	PT	Tubulações e conexões	
	6	PT	Válvulas	
UGH-ARS4		PT	Acumulador principal	2
	1	PT	Acumulador	
	2	PT	Desumidificador/purgador	
	3	PT	Instrumentação	
	4	PT	Tubulações e conexões	
	5	PT	Válvulas	
UGH-ARSR		PT	UGH-Sistema de Ar de Serviço	3
	1	PT	Acumulador	
	10	PT	Lubrificador	
	11	PT	Manômetro	
	12	PT	Motor Elétrico	
	13	PT	Painel	
	14	PT	PLC	
	15	PT	Polia	
	16	PT	Pressostato	
	17	PT	Purgador	
	18	PT	Relé	
	19	PT	Secador	
	2	PT	Cabeçote	
	20	PT	Solenóide	
	21	PT	Termostato	
	22	PT	Trocador de Calor	
	23	PT	Tubulação	
	24	PT	Válvula	
	3	PT	Chave Seletora	
	4	PT	Compressor	
	5	PT	Contator	
	6	PT	Correia	
	7	PT	Filtro	
	8	PT	Fluxostato	
	9	PT	Fusível	
UGH-CIVI		PT	UGH-Estrutura Civil	2
	1	PT	PAREDES	
UGH-CMCC		PT	UGH-Sistema Comando Controle	2
	1	PT	Anunciador de Alarme	
	10	PT	Módulo de Entrada Digital	

	11	PT	Módulo de Saída Digital	
	12	PT	Módulo Processamento-CPU	
	13	PT	Rede de Comunicação	
	14	PT	Relé Auxiliar	
	15	PT	Software	
	16	PT	Switch	
	2	PT	Botão de Comando	
	3	PT	Botoeira	
	4	PT	Conversor	
	5	PT	Conversor Eletro-Óptico	
	6	PT	Diodo	
	7	PT	Fonte de Alimentação	
	8	PT	Módulo de Comunicação	
	9	PT	Módulo de Entrada Analógica	
UGH-COM1		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator principal	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
	7	PT	Transformador de controle	
UGH-COM2		PT	Sistema de óleo	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Óleo	
	4	PT	Tanque	
	5	PT	Tubulações e conexões	
	6	PT	Válvulas	
UGH-COM3		PT	Servo motor	2
	1	PT	Cilindro	
	2	PT	Fim de curso de segurança	
	3	PT	Guarnições	
	4	PT	Haste	
	5	PT	Válvulas	
UGH-COM4		PT	Comporta vagão	2
	1	PT	Molas	
	2	PT	Painel e tabuleiro	
	3	PT	Roda	
	4	PT	Vedação	
UGH-COM5		PT	Indicador de Posição	2
	1	PT	Fim de curso de posição	
	2	PT	Mecanismo de indicação	
UGH-COMP		PT	UGH-Comporta da Tomada D'água	3
	1	PT	Bomba	
	10	PT	Garfo	
	11	PT	Gaxetas	
	12	PT	Guias	
	13	PT	Haste	
	14	PT	Indicador de Posição	
	15	PT	Manômetro	
	16	PT	Motor Elétrico	
	17	PT	Nivostato	

	18	PT	Painel Elétrico	
	19	PT	PLC	
	2	PT	Borracha de Vedação	
	20	PT	Pressostato	
	21	PT	Purgador	
	22	PT	Relé	
	23	PT	Retentor	
	24	PT	Rodas	
	25	PT	Sistema de Lubrificação das Rodas	
	26	PT	Soleira	
	27	PT	Solenóide	
	28	PT	Tanque	
	29	PT	Tubulação	
	3	PT	Chave Seletora	
	30	PT	Vacuostato	
	31	PT	Válvula	
	4	PT	Cilindro	
	5	PT	Contator	
	6	PT	Embolo	
	7	PT	Filtro	
	8	PT	Fim de Curso	
	9	PT	Fusivel	
UGH-COPR		PT	UGH-Compressor	2
	1	PT	Acumulador de Liquido	
	2	PT	Botoeira	
	3	PT	Cabeçote	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Comando	
	6	PT	Condensador	
	7	PT	Contator	
	8	PT	Correia	
	9	PT	Êmbolo	
	10	PT	Filtro	
	11	PT	Fusível	
	12	PT	Haste	
	13	PT	Lubrificador Automático	
	14	PT	Módulo de Controle	
	15	PT	Motor Elétrico	
	16	PT	Nivostato	
	17	PT	Paínel	
	18	PT	PLC	
	19	PT	Polia	
	20	PT	Pressostato	
	21	PT	Purgador	
	22	PT	Relé	
	23	PT	Reservatório de Ar	
	24	PT	Sensor de Temperatura	
	25	PT	Separador de Condensado	
	26	PT	Sonda Termica	
	27	PT	Trocador de Calor	
	28	PT	Tubo Capilar	
	29	PT	Tubulação	
	30	PT	Válvula	

UGH-CRED	31	PT	Ventilador	2
		PT	UGH-Central Resfrieração	
	1	PT	Bomba	
	10	PT	Disjuntor	
	11	PT	Duto	
	12	PT	Evaporador	
	13	PT	Filtro	
	14	PT	Fusível	
	15	PT	Isolamento Térmico	
	16	PT	Manômetro	
	17	PT	Motor Elétrico	
	18	PT	Painel Elétrico	
	19	PT	Pressostato	
	2	PT	Chave de Fluxo	
	20	PT	Relé	
	21	PT	Reservatório	
	22	PT	Termômetro	
	23	PT	Torre	
	24	PT	Trocador de Calor	
	25	PT	Tubulação	
	26	PT	Ventilador	
	27	PT	Visor de Líquido	
	28	PT	Válvula	
	3	PT	Chave de Nível	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Climatizadora	
	6	PT	Compressor	
	7	PT	Condensador	
8	PT	Contator		
9	PT	Difusor		
UGH-CUB1		PT	Cubículo de neutro	2
	1	PT	Bucha	
	2	PT	Circuito elétrico	
	3	PT	Isoladores	
	4	PT	Resistor	
	5	PT	Transformador de Corrente	
UGH-CUB2	6	PT	Transformador de potencial	2
		PT	Cubículo de surto	
	1	PT	Bucha	
	2	PT	Capacitor	
	3	PT	Circuito elétrico	
	4	PT	Isoladores	
UGH-CUB3	5	PT	Para raios	2
	6	PT	Transformador de Corrente	
		PT	Barramento de saída	
	1	PT	Barramento	
	2	PT	Bucha	
	3	PT	Isoladores	
UGH-DISJ	4	PT	Sistema de pressurização e secagem	2
		PT	UGH-Disjuntor	
	3	PT	Bibina	
	4	PT	Botoeira	
	5	PT	Chave Seletora	

	6	PT	Comando e Controle	
	7	PT	Contato Fixo	
	8	PT	Contato Móvel	
	9	PT	Contatos Auxiliares	
	10	PT	Cubículo	
	11	PT	Disparador de Fechamento	
	12	PT	Eixo	
	13	PT	Filtro	
	14	PT	Fim de Curso	
	15	PT	Gás SF6	
	16	PT	Mecanismo de Comando	
	17	PT	Mola	
	18	PT	Motobomba	
	19	PT	Motoredutor	
	20	PT	Óleo Isolante	
	21	PT	Pólo	
	22	PT	Pressostato	
	23	PT	Reservatório	
	24	PT	Rolamento	
	25	PT	Trava	
	26	PT	Tubulação	
	2	PT	Alavanca	
	3	PT	Balancim	
UGH-DRE1		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator principal	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
	7	PT	Transformador de Controle	
UGH-DRE2		PT	Moto bombas	2
	1	PT	Bomba	
	2	PT	Cabeçote	
	3	PT	Eixo/coluna	
	4	PT	Instrumentação	
	5	PT	Lubrificador	
	6	PT	Motor	
	7	PT	Tubulações e válvulas	
UGH-DRE3		PT	Estrutura civil	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Poço	
UGH-DREN		PT	UGH-Sistema de Drenagem	3
	1	PT	Arandela	
	10	PT	Gaxeta	
	11	PT	Impulsor	
	12	PT	Lubrificador	
	13	PT	Motor Elétrico	
	14	PT	Painél Elétrico	
	15	PT	Poço	
	16	PT	Retentor	
	17	PT	Tubulação	
	18	PT	Válvula	

	2	PT	Cabeçote	
	3	PT	Chave de Nível	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Coluna	
	6	PT	Contator	
	7	PT	Crivo	
	8	PT	Eixo	
	9	PT	Fusível	
UGH-ELEV		PT	UGH-Elevador	2
	1	PT	Amortecedor	
	2	PT	Barra de Reversão	
	3	PT	Botoeira	
	4	PT	Cabo de Aço	
	5	PT	Contator	
	6	PT	Contra-Pêso	
	7	PT	Coxim	
	8	PT	Fim de Curso	
	9	PT	Fita Seletora	
	10	PT	Freio	
	11	PT	Fusível	
	12	PT	Guia	
	13	PT	Máquina de Tração	
	14	PT	Paínel	
	15	PT	Polia	
	16	PT	Porta	
	17	PT	Relé	
	18	PT	Resistor	
	19	PT	Sinalização	
	20	PT	Soleira de Pavimento	
	21	PT	Trinco	
	22	PT	Ventilador	
UGH-ETES		PT	UGH-Estação Tratamento Esgoto	2
	1	PT	Acoplamento	
	10	PT	Manômetro	
	11	PT	Motor Elétrico	
	12	PT	Painél Elétrico	
	13	PT	Redutor	
	14	PT	Reservatório	
	15	PT	Tubulação	
	16	PT	Válvula	
	2	PT	Bomba	
	3	PT	Chave de Nível	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Conexões	
	6	PT	Contator	
	7	PT	Eixo	
	8	PT	Fusível	
	9	PT	Hélice	
UGH-EXC1		PT	Excitação principal	2
	1	PT	Barramento de excitação	
	2	PT	Disjuntor de Campo	
	3	PT	Instrumentação	
	4	PT	Painel elétrico	

	5	PT	Ponte retificadora	
	6	PT	Sistema de controle eletrônico	
	7	PT	Sistema de resfriamento	
	8	PT	Varistor	
UGH-EXC2		PT	Excitação inicial	2
	1	PT	Circuito de comando	
	2	PT	Sistema de Excitação Inicial	
	3	PT	Transformador	
UGH-EXC3		PT	Armário do transformador de excitação	2
	1	PT	Transformador TPAE	
	2	PT	Instrumentação	
	3	PT	Painel elétrico	
	4	PT	Sistema de resfriamento	
	5	PT	Transformador de Aterramento	
	6	PT	Transformador de Corrente	
	7	PT	Transformador de excitação	
UGH-EXCT		PT	UGH-Sistema de Excitação	3
	5	PT	Circuito DT1	
	6	PT	Circuito DT2	
	7	PT	Comando e Controle	
	8	PT	Contator	
	9	PT	Conversor cc	
	10	PT	Disjuntor de Campo	
	11	PT	Excitação Inicial	
	12	PT	Filtro	
	13	PT	Fluxostato	
	14	PT	Fonte de Alimentação	
	15	PT	Módulo CIC-C	
	16	PT	Motor Elétrico	
	17	PT	Relé	
	18	PT	Reostato	
	19	PT	Resistor	
	20	PT	Seccionadora	
	21	PT	Tiristor	
	22	PT	Trafo de Excitação	
	23	PT	Trafo de Excitação Inicial	
	24	PT	Transformador de Aterramento	
	25	PT	Transformador de Corrente	
	26	PT	Transformador TPAE	
	27	PT	Trocador de Calor	
	28	PT	Válvula	
	29	PT	Varistor	
	30	PT	Ventilador	
	1	PT	Barramento	
	2	PT	Botoeira	
	3	PT	Circuito AS	
	4	PT	Circuito ASP	
UGH-FRL1		PT	Sistema de frenagem	2
	1	PT	Acumulador	
	2	PT	Filtro	
	3	PT	Instrumentação	
	4	PT	Pista de frenagem	

	5	PT	Purgador	
	6	PT	Tubulações e conexões	
	7	PT	Válvulas	
UGH-FRL2		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
UGH-FRL3		PT	Sistema de levantamento	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Óleo	
	4	PT	Tanque	
	5	PT	Tubulações e conexões	
	6	PT	Válvulas	
UGH-FRL4		PT	Macaco	2
	1	PT	Cilindro	
	2	PT	Fim de curso	
	3	PT	Guarnições	
	4	PT	Lona	
	5	PT	Mola	
UGH-FRL5		PT	Circuito ar-óleo	2
	1	PT	Tubulações e conexões	
UGH-FRLE		PT	UGH-Sistema de Frenagem e Levantamento	3
	1	PT	Acumulador de Ar	
	10	PT	Pressostato	
	11	PT	Solenóide	
	12	PT	Tanque	
	13	PT	Tubulação	
	14	PT	Válvula	
	2	PT	Bomba	
	3	PT	Chave Seletora	
	4	PT	Contator	
	5	PT	Fim de Curso	
	6	PT	Fusível	
	7	PT	Lona de Freio	
	8	PT	Macaco de freio	
	9	PT	Painel Elétrico	
UGH-GER1		PT	Sistema de resfriamento	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Radiadores	
	3	PT	Tubulações e válvulas	
UGH-GER2		PT	Sistema anti-incêndio	2
	1	PT	Cilindro piloto	
	2	PT	Difusor	
	3	PT	Eletroválvula	
	4	PT	Fim de curso	
	5	PT	Instrumentação	
	6	PT	Tubulações e conexões	
	7	PT	Válvulas	

UGH-GER3	PT	Rotor	2
	1 PT	Anel magnético	
	2 PT	Aranha	
	3 PT	Barramento	
	4 PT	Polo	
UGH-GER4	PT	Anel Coletor	2
	1 PT	Anel Coletor	
	2 PT	Escovas	
	3 PT	Porta escovas	
UGH-GER5	PT	Estator	2
	1 PT	Carcaça	
	2 PT	Enrolamento	
	3 PT	Núcleo magnético	
UGH-GER6	PT	Cruzeta	2
	1 PT	Cruzeta inferior	
	2 PT	Cruzeta superior	
UGH-GERA	PT	UGH-Gerador	3
	16 PT	Radiador	
	17 PT	Resistor de Aquecimento	
	18 PT	Resistor de Aterramento	
	19 PT	Rotor	
	20 PT	Sonda Termo-Elétrica	
	21 PT	Transformador de Aterramento	
	22 PT	Transformador de Corrente	
	23 PT	Tubulação	
	24 PT	Válvula	
	1 PT	Anel Coletor	
	10 PT	Fim de Curso	
	11 PT	Iluminação	
	12 PT	Levantamento e Frenagem	
	13 PT	Mancal	
	14 PT	Núcleo	
	15 PT	Pólo	
	2 PT	Anél Magnético	
	3 PT	Aranha do Rotor	
	4 PT	Barramento	
	5 PT	Cruzeta	
	6 PT	Detetor de Temperatura	
	7 PT	Eixo do Gerador	
	8 PT	Escova	
	9 PT	Estator	
UGH-GGEM	PT	UGH-Grupo Gerador de Emergência	2
	1 PT	Acoplamento	
	10 PT	Cabeçote	
	11 PT	Caixa de Ligação	
	12 PT	Carcaça	
	13 PT	Cárter	
	14 PT	Coletor	
	15 PT	Correia	
	16 PT	Eixo	
	17 PT	Embolo	
	18 PT	Estator	
	19 PT	Excitatriz	

	2	PT	Alternador	
	20	PT	Filtro	
	21	PT	Governador	
	22	PT	Haste de Comando	
	23	PT	Mancal	
	24	PT	Motor de Partida	
	25	PT	Polia	
	26	PT	Pólo	
	27	PT	Ponte Retificadora de Rotativa	
	28	PT	Radiador	
	29	PT	Tampa de Válvula	
	3	PT	Árvore de Manivela	
	30	PT	Termostato	
	31	PT	Trocador de Calor do Óleo	
	32	PT	Tucho	
	33	PT	Válvula	
	34	PT	Ventilador	
	4	PT	Árvore do Comando de Válvula	
	5	PT	Balancim	
	6	PT	Bico Injetor	
	7	PT	Biela	
	8	PT	Bloco	
	9	PT	Bomba	
UGH-ILUM		PT	UGH-Sistema de Iluminação	2
	1	PT	Bocal	
	2	PT	Calha	
	3	PT	Chave Seletora	
	4	PT	Contator	
	5	PT	Fiação	
	6	PT	Fotocélula	
	7	PT	Fusível	
	8	PT	Lâmpada	
	9	PT	Quadro de Distribuição	
	10	PT	Reator	
	11	PT	Transformador	
UGH-MAN1		PT	Sistema de injeção de óleo	2
	1	PT	Filtro	
	2	PT	Instrumentação	
	3	PT	Moto bomba	
	4	PT	Painel elétrico	
	5	PT	Tubulações e conexões	
	6	PT	Válvulas	
UGH-MAN2		PT	Sistema de circulação de óleo	2
	1	PT	Filtro	
	2	PT	Instrumentação	
	3	PT	Moto bomba	
	4	PT	Painel elétrico	
	5	PT	Tanque	
	6	PT	Tubulações e conexões	
	7	PT	Válvulas	
UGH-MAN3		PT	Sistema de resfriamento	2
	1	PT	Filtro	
	2	PT	Instrumentação	

	3	PT	Trocador de calor	
	4	PT	Tubulações e conexões	
	5	PT	Válvulas	
UGH-MAN4		PT	Cuba	2
	1	PT	Bloco de escora	
	2	PT	Instrumentação do mancal	
	3	PT	Óleo Lubrificante	
	4	PT	Pista de guia	
	5	PT	Segmento do mancal	
UGH-MANC		PT	UGH-Mancal	3
	1	PT	Acoplamento	
	2	PT	Bomba	
	3	PT	Chave Seletora	
	4	PT	Comando e Controle	
	5	PT	Contator	
	6	PT	Cuba	
	7	PT	Filtro	
	8	PT	Fusível	
	9	PT	Manômetro	
	10	PT	Motor Elétrico	
	11	PT	Nívostato	
	12	PT	Óleo Lubrificante	
	13	PT	Painel	
	14	PT	Patins	
	15	PT	Pressostato	
	16	PT	Relé	
	17	PT	Seccionadora	
	18	PT	Sonda Termo-Elétrica	
	19	PT	Termostato	
	20	PT	Trocador de Calor	
	21	PT	Tubulação	
	22	PT	Válvula	
			UGH-Medidor Nivel	
UGH-MNMJ		PT	Montante/Jusante	2
	1	PT	Balança	
	10	PT	Válvula	
	2	PT	Chave Seletora	
	3	PT	Compressor	
	4	PT	Contator	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Mangueira	
	7	PT	Painél Elétrico	
	8	PT	Régua	
	9	PT	Reservatório	
UGH-PROL		PT	UGH-Pórtico e Ponte Rolante	2
	1	PT	Acoplamento	
	10	PT	Fusível	
	11	PT	Iluminação	
	12	PT	Mancal	
	13	PT	Moitão	
	14	PT	Motor Elétrico	
	15	PT	Painél Eletrico	
	16	PT	Pantogáfo	

		17	PT	Polia	
		18	PT	Redutor	
		19	PT	Roda	
		2	PT	Cabine	
		20	PT	Sistema de Lubrificação	
		21	PT	Tambor	
		22	PT	Trava	
		3	PT	Cabo de Aço	
		4	PT	Chave Seletora	
		5	PT	Contator	
		6	PT	Escova	
		7	PT	Estrutura	
		8	PT	Fim de Curso	
		9	PT	Freio	
UGH-QM01	X		PT	UGH-Quadro de Manobras	2
UGH-RTEN			PT	UGH-Regulador de Tensão	2
		1	PT	Módulo RH	
		2	PT	Módulo CIC-C	
		3	PT	Módulo RM	
		4	PT	Circuito de Potência	
		5	PT	Circuito de Comando	
		6	PT	Cartela	
		7	PT	Gaveta Comutadora	
UGH-RVEL			PT	UGH-Regulador de Velocidade	2
		28	PT	Servomotor	
		29	PT	Tanque	
		30	PT	Termômetro	
		31	PT	Trocador de Calor	
		32	PT	Tubulação	
		33	PT	Válvula	
		34	PT	Válvula de Alívio	
		35	PT	Válvula de Intermitência	
		36	PT	Válvula Distribuidora	
		37	PT	Válvula Pilotada	
		1	PT	Acoplamento	
		10	PT	Circuito de Partida e Parada	
		11	PT	Comando e Controle	
		12	PT	Compressor	
		13	PT	Contator	
		14	PT	Diafragma de Fechamento	
		15	PT	Dispositivo de Sobre Velocidade	
		16	PT	Filtro	
		17	PT	Fim de Curso	
		18	PT	Fusível	
		19	PT	Indicador de Nível	
		2	PT	Acumulador	
		20	PT	Labirinto	
		21	PT	Manômetro	
		22	PT	Motor Elétrico	
		23	PT	Pá do Distribuidor	
		24	PT	Painél Elétrico	
		25	PT	Pino de Cisalhamento	

	26	PT	Pressostato	
	27	PT	Releamento Interno	
	3	PT	Alavanca	
	4	PT	Atuador	
	5	PT	Bomba	
	6	PT	Bucha	
	7	PT	Chave de Fluxo	
	8	PT	Chave Seletora	
	9	PT	Circuito Carga Frequência	
UGH-RVH1		PT	Sistema de resfriamento	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Trocador de calor	
	3	PT	Tubulação e conexões	
	4	PT	Válvulas	
UGH-RVH2		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
UGH-RVH3		PT	Sistema de alimentação de óleo	2
	1	PT	Instrumentações	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Óleo de regulação	
	4	PT	Tanque sem pressão	
	5	PT	Válvula de intermitência	
	6	PT	Válvula de isolamento	
	7	PT	Válvula detetora de pressão	
	8	PT	Filtro	
UGH-RVH4		PT	Sistema de comando hidráulico	2
	1	PT	Acumulador ar/óleo	
	2	PT	Atuador/válvula proporcional	
	3	PT	Dispositivo de Sobre Velocidade	
	4	PT	Eletroválvula	
	5	PT	Instrumentações	
	6	PT	Sistema de amortecimento da palheta	
	7	PT	Válvula distribuidora	
UGH-RVH5		PT	Sistema de ar de regulação	2
	1	PT	Acumulador	
	2	PT	Compressor	
	3	PT	Eletroválvula	
	4	PT	Instrumentações	
	5	PT	Painel elétrico	
	6	PT	Válvulas	
UGH-SAI1		PT	Sistema CO2	2
	1	PT	Bateria elétrica	
	2	PT	Garrafas de CO2	
	3	PT	Painel elétrico	
	4	PT	Tubulações e conexões	
	5	PT	Válvulas	
UGH-SAI2		PT	Sistema água	2
	1	PT	Canhão	

	2	PT	Hidrantes	
	3	PT	Instrumentação	
	4	PT	Moto bombas	
	5	PT	Painel elétrico	
	6	PT	Tubulações e conexões	
	7	PT	Válvulas	
UGH-SAUX		PT	UGH-Serviço Auxiliar	2
	1	PT	Corrente Contínua	
	2	PT	Corrente Alternada	
UGH-SCO2		PT	UGH-Sistema Anti-Incêndio	3
	1	PT	Baterias	
	2	PT	Garrafas	
	3	PT	Rede de despressurização	
	4	PT	Válvulas	
UGH-SDT1		PT	Servomotor	2
	1	PT	Cilindro	
	2	PT	Guarnições	
	3	PT	Haste	
	4	PT	Instrumentação	
	5	PT	Válvulas	
UGH-SDT2		PT	Palheta diretriz	2
	1	PT	Bucha	
	2	PT	Palheta	
	3	PT	Vedações	
UGH-SDT3		PT	Mecanismo de acionamento	2
	1	PT	Anel de sincronismo	
	2	PT	Biela	
	3	PT	Fim de curso	
	4	PT	Manivela	
	5	PT	Pino de cisalhamento	
	6	PT	Travas	
UGH-SEB1		PT	Compartimentos	2
	1	PT	Compartimento	
	2	PT	Módulos de supervisão	
	3	PT	Seccionadora de terra	
	4	PT	Sistema de SF6	
UGH-SEB2		PT	Disjuntor	2
	1	PT	Circuito de comando	
	2	PT	Circuito hidráulico	
	3	PT	Contatos	
	4	PT	Módulos de supervisão	
	5	PT	Sistema de SF6	
UGH-SEB3		PT	Seccionadoras	2
	1	PT	Acionamento eletromecânico	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contatos	
	4	PT	Sistema de SF6	
UGH-SEB4		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	

UGH-SEBL	6	PT	Relés	3		
		PT	UGH-Subestação Blindada 500KV			
	1	PT	Compartimentos M,D,R e T			
	2	PT	Seccionadoras			
	3	PT	Disjuntor			
UGH-SMED	4	PT	Barramentos	2		
	5	PT	Painéis			
		PT	UGH-Sistema Medição			
	1	PT	Conversor Eletro-Óptico			
	10	PT	Software			
	11	PT	Transdutor			
	2	PT	Fonte de Alimentação			
	3	PT	Indicadores			
	4	PT	Medidores			
	5	PT	Modem			
	6	PT	Módulo de Comunicação			
UGH-SPRO	7	PT	Módulo de Entrada Analógica	2		
	8	PT	Módulo Processamento-CPU			
	9	PT	Rede de Comunicação			
		PT	UGH-Sistema Proteção			
	1	PT	Conversor Eletro-Óptico			
	10	PT	Módulo de Entrada Digital			
	11	PT	Módulo de Relé de Entrada			
	12	PT	Módulo de Relé de Saída Desligamento			
	13	PT	Módulo de Saída Desligamento			
	14	PT	Módulo de Saída Digital			
	15	PT	Módulo de Saída Sinalização			
	16	PT	Módulo de Teste			
	17	PT	Módulo GPS			
	18	PT	Módulo Injeção			
	19	PT	Módulo Processamento-CPU			
	2	PT	Distribuidor Óptico			
	20	PT	Monitor Vídeo			
	21	PT	Rede de Comunicação			
	22	PT	Relé			
	23	PT	Servidor de Impressão			
	24	PT	Software			
	UGH-SRES	3	PT		Drivers CD Room/Dat/Disco Flexivel	2
		4	PT		Fonte de Alimentação	
		5	PT		Hub	
6		PT	Impressora Deskjet			
7		PT	Impressora Matricial			
8		PT	Módulo Comunicação			
9		PT	Módulo de Entrada Analógica			
		PT	UGH-Sistema de Resfriamento			
1		PT	Atuador			
2		PT	Cesta			
3		PT	Eixo			
4		PT	Filtro			
5		PT	Fluxostato			
6		PT	Manostato			
7		PT	Motor Elétrico			
8		PT	Pressostato			

	9	PT	Redutor	
	10	PT	Solenóide	
	11	PT	Tubulação	
	12	PT	Válvula	
UGH-SSCP		PT	UGH-Sistema Superv/Contr/ProT/Med	3
	1	PT	Comando e Controle	
	2	PT	Proteção Interna	
	3	PT	Proteção Externa	
UGH-SVE1		PT	Sistema de vedação	2
	1	PT	Cuba da junta	
	2	PT	Junta de manutenção	
	3	PT	Junta de vedação	
	4	PT	Pista de desgaste	
	5	PT	Sistema de resfriamento	
UGH-SVE2		PT	Sistema de drenagem	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Painel elétrico	
	4	PT	Tubulações e conexões	
	5	PT	Válvulas	
UGH-SVEX		PT	UGH-Sistema Ventilação Exaustão	2
	1	PT	Base	
	10	PT	Fusível	
	11	PT	Mancal	
	12	PT	Motor Elétrico	
	13	PT	Painél Elétrico	
	14	PT	Polia	
	15	PT	Proteção da Correia	
	16	PT	Relé Térmico	
	2	PT	Chave Seletora	
	3	PT	Contator	
	4	PT	Correia	
	5	PT	Coxim	
	6	PT	Difusor	
	7	PT	Duto	
	8	PT	Eixo	
	9	PT	Filtro	
UGH-TRAF		PT	UGH-Transformador	2
	1	PT	Bucha de Alta	
	10	PT	Indicador de Nível	
	11	PT	Módulo de Supervisão de Umidade	
	12	PT	Módulo de Supervisão de Gás	
	13	PT	Moto-Bomba	
	14	PT	Moto-Ventilador	
	15	PT	Núcleo	
	16	PT	Óleo Isolante	
	17	PT	Painél	
	18	PT	Radiador	
	19	PT	Relé de Gás	
	2	PT	Bucha de Baixa	
	20	PT	Relé Auxiliar	
	21	PT	Relé Termico	

	22	PT	Tanque de Expansão	
	23	PT	Tanque Principal	
	24	PT	Termostato	
	25	PT	Transformador de Corrente	
	26	PT	Trocador de Calor	
	27	PT	Tubulação	
	28	PT	Válvula	
	29	PT	Válvula de Alívio	
	3	PT	Bucha de Neutro	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Comutador de TAP	
	6	PT	Disjuntor	
	7	PT	Enrolamento	
	8	PT	Fluxostato	
	9	PT	Fusível	
UGH-TUR1		PT	Sistema de estabilização	2
	1	PT	Sistema de injeção de ar	
	2	PT	Válvula de aeração	
UGH-TUR2		PT	Turbina kaplan	2
	1	PT	Cabeçote kaplan	
	2	PT	Eixo	
	3	PT	Pás	
	4	PT	Roda kaplan	
	5	PT	Tampa	
UGH-TUR3		PT	Turbina francis	2
	1	PT	Eixo	
	2	PT	Pás	
	3	PT	Roda francis	
	4	PT	Tampa	
UGH-TURB		PT	UGH-Turbina	3
	1	PT	Eixo	
	2	PT	Fluxostato	
	3	PT	Junta de Vedação do Eixo	
	4	PT	Mancal	
	5	PT	Pás	
	6	PT	Roda Turbina	
	7	PT	Termostato	
	8	PT	Tubulações	
UGH-VER1		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator principal	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
	7	PT	Transformador de Controle	
UGH-VER2		PT	Sistema de acionamento hidráulico	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Óleo	
	4	PT	Tanque	
	5	PT	Tubulações e conexões	
	6	PT	Válvulas	

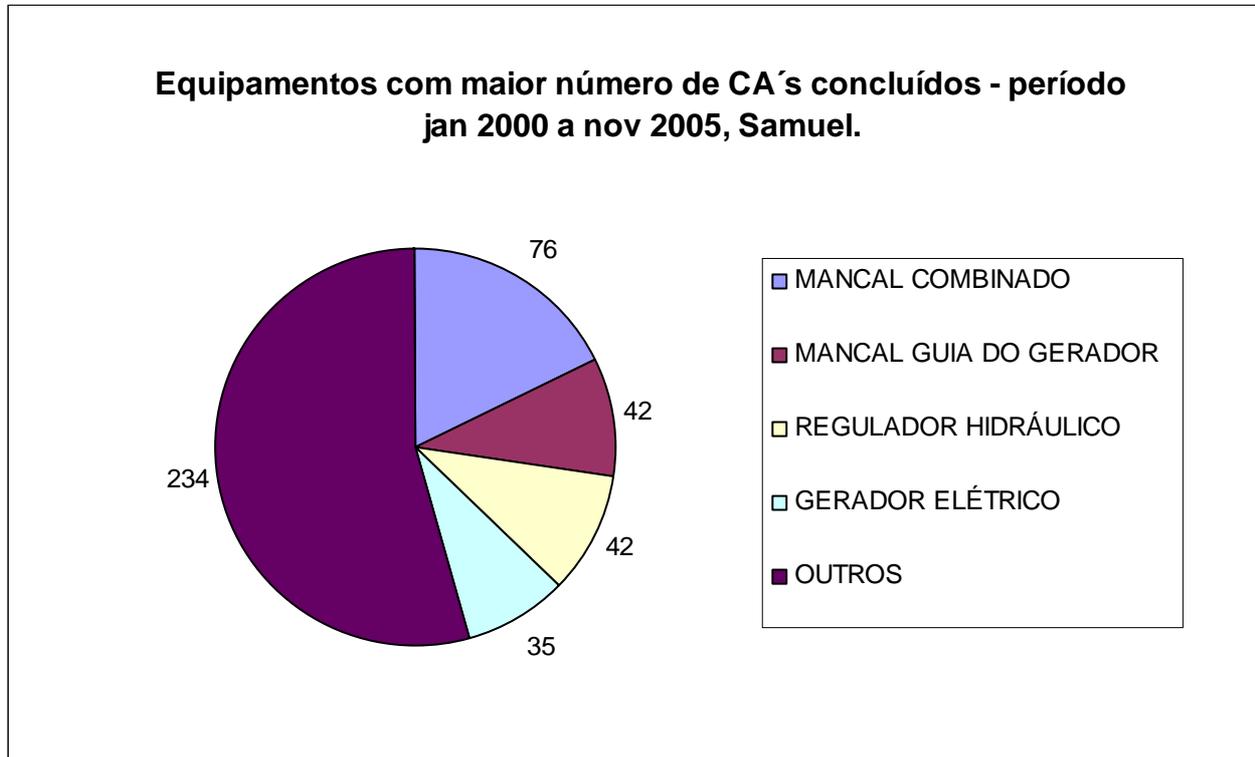
UGH-VER3	PT	Sistema de acionamento mecânico	2
	1 PT	Cabo de aço	
	2 PT	Freio	
	3 PT	Motor Elétrico	
	4 PT	Redutores	
UGH-VER4	PT	Servo motor	2
	1 PT	Cilindro	
	2 PT	Garfo	
	3 PT	Guarnições	
	4 PT	Haste	
	5 PT	Rotulas	
	6 PT	Válvula	
UGH-VER5	PT	Comporta setor	2
	1 PT	Braço	
	2 PT	Munhão	
	3 PT	Painel e tabuleiro	
	4 PT	Roda/patim	
	5 PT	Vedação	
UGH-VER6	PT	Indicador de Posição	2
	1 PT	Fim de curso de posição	
	2 PT	Mecanismo de indicação	
UGH-VER7	PT	Estrutura civil do vão da comporta	2
	1 PT	Base do mecanismo de acionamento	
	2 PT	Guia	
	3 PT	Soleira	
UGH-VERT	PT	UGH-Comportas do Vertedouro	3
	1 PT	Borrachas de Vedações	
	10 PT	Gaxetas	
	11 PT	Purgador	
	12 PT	Tomada Rotativa	
	13 PT	Retentor	
	14 PT	Tubulações	
	15 PT	Motobomba	
	16 PT	Tanque	
	17 PT	Valvula	
	18 PT	Solenóide	
	19 PT	Filtro	
	2 PT	Patins	
	20 PT	Nivostato	
	21 PT	Pressostato	
	22 PT	Manometro	
	23 PT	Vacuostato	
	24 PT	Fim de Curso	
	25 PT	Indicador de Posição	
	26 PT	Contator	
	27 PT	Relé	
	28 PT	Fuzivel	
	29 PT	Chave Seletora	
	3 PT	Guias	
	30 PT	Painel Elétrico	
	4 PT	Soleira	
	5 PT	Garfo	
	6 PT	Rotulas	

7 PT	Haste
8 PT	Embolo
9 PT	Cilindro

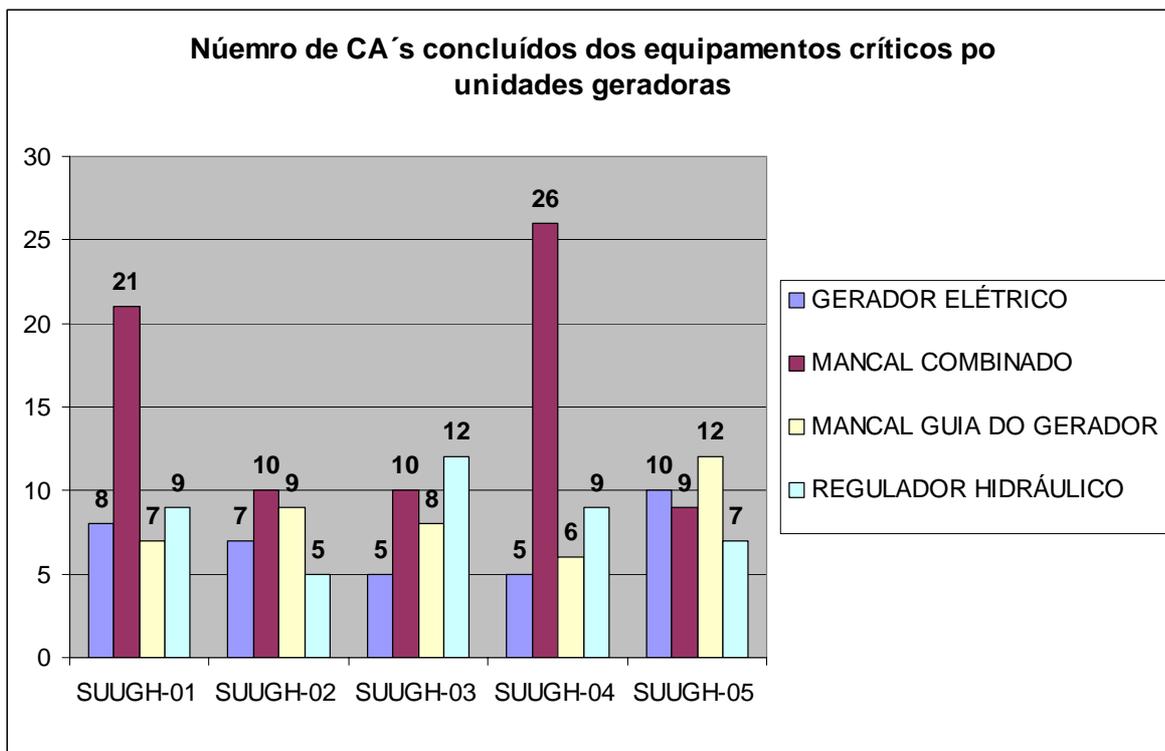
6. LEVANTAMNTO CA'S PARA USINA DE SAMUEL DE 2000 A NOV 2005 (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

Levantamento de CA's concluídos para Usina de Samuel para o período de janeiro de 2000 a novembro de 2005

A seguir tem-se o gráfico com o número de CA's concluídos em Samuel. No gráfico explicita-se os equipamentos com maior número de CA's concluídos.



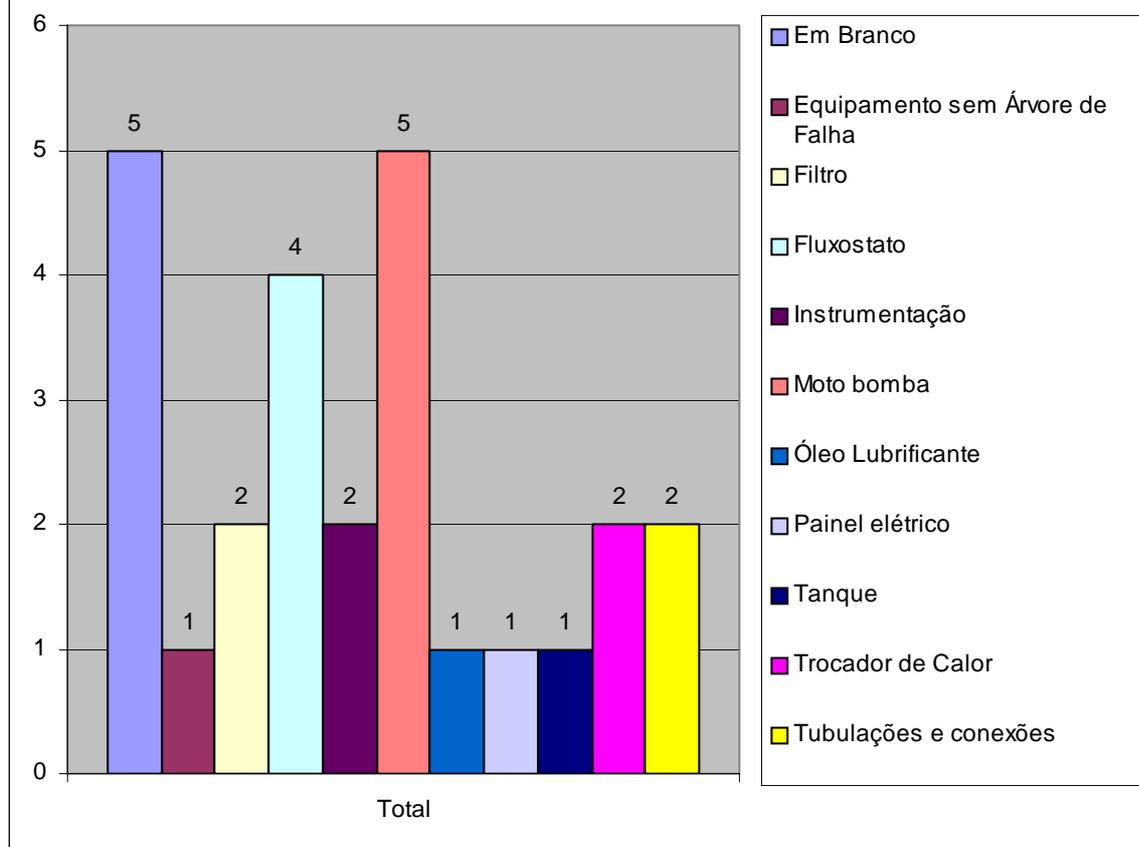
No gráfico abaixo, tem-se os equipamentos críticos para cada máquina de Samuel para se identificar em qual delas existe o maior número de CA's concluídos para cada equipamento crítico.



Nos gráficos e tabelas a seguir serão abertos os componentes dos equipamentos das máquinas com maior número de CA's concluídos, ou seja, serão abertos os componentes do equipamento Mancal Combinado da máquina 4, Mancal Guia do gerador da máquina 5, Regulador hidráulico da máquina 3 e Gerador elétrico da máquina 5.

No gráfico que se segue, vê-se o número de CA's concluídos para cada componente do mancal combinado da máquina

Número de CA's concluídos para os componentes do mancal combinado da máquina 4.



Na tabela a seguir pode-se ver as causas e soluções adotadas para os três componentes com maior número de CA's concluídos do mancal combinado da máquina 4 de Samuel.

Tabela 1 CA's Concluídos na máquina hidráulica 4 para equipamento mancal combinado.

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-04
NOME DO EQUIPAMENTO	MANCAL COMBINADO
SITUAÇÃO DO CA	CONCLUIDO

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA
	ANOMALIA ENTRE COMUTAÇÃO MOTOBOMB. AI/AJ	Defeito		
	corrigir vaz.óleo selo mec.motob.AI ugh4	Defeito	falta de ajuste no selo mec., oring..	feito novo ajuste no selo mec. subst. or
	Retirar ponto quente motob AJ ugh04	Defeito	Mau contato	Reaperto as conexoes
	Retirar ponto	Defeito	Mau contato	Reapertadas

	quente pnl AI/AJ ugh04			conexões
	Vazamento selo mec. motob. ai ugh04	Defeito	desgaste do oring	substituido oring 6mm diametro
Fluxostato	Atuação fluxost. m. combinado ugh04	Defeito	fluxostato com haste danificada	substituido fluxostato
	Completar nivel oleo m.c. ugh04	Defeito	tempo de utilização	Completado com 200lt TR86
	vazamentos no sist. inj. m.c. ugh04	Defeito	defeitos nas conexões	troca das conexões
			falta de aperto	reaperto e preparacao de superficie
Moto bomba	EFETUAR A TROCA DA BOTOEIRA (DESLIGADA)	Defeito	BOTOEIRA COM DEFEITO	SUBSTIUIÇÃO BOTOEIRA
	Ruido anormal e vaz. selo mecanico	Defeito	ruido e vaz. no selo mecanico	troca do selo mec. e ñ havia ruido
	RUIDO ANORMAL MOTOBOMBA AI UGH04	Defeito	SUBSTITUIÇÃO DOS ROLAMENTOS	
	SANAR VAZAM. OLEO SELO MEC MOTOB AI UGH4	Defeito	VAZAM. OLEO SELO MEC MOTOB AI UGH4	SUSBSTITUIÇÃO DO SELO MEC MOTOB AI
	SANAR VAZAMENTO OLEO MOTOB AJ/MC UGH04	Defeito	SANAR VAZAMENTO OLEO MOTOB AJ/MC UGH04	

Tabela 2 CA´s Concluídos na máquina hidráulica 5 para equipamento Mancal guia do gerador.

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-05
NOME DO EQUIPAMENTO	MANCAL GUIA DO GERADOR
SITUAÇÃO DO CA	CONCLUÍDO

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA	DATA CRIAÇÃO	DATA DES
Barramento	LIMPEZA TROC. CALOR 1 E 2 MGS UGH05	Defeito	sujeira no trocador de calor do MGS	efetuada limpeza nos trocadores de calor	14/11/2002	14/1
	Motob.02 MGS ugh05 c/ ruido/aquec.anorm.	Defeito	ROLAMENTO DANIFICADO	SUBSTITUIDO ROLAMENTO	11/11/2003	12/1
	Retirar p.quente MGS pnl born.375 ugh05	Defeito	folga conexoes	reaperto conexoes	22/12/2003	23/1
	Retirar p.quente MGS pnl born.582 ugh05	Defeito	folga conexoes	reaperto conexoes	22/12/2003	23/1

	Vaz. oleo cuba indic. nivel mgs ugh05	Defeito	Provavel vibraçao	Reaperto	14/7/2003	18/
Botão de Comando	Ugh05 - atuação 80gmo fluxo de oleo mgs	Defeito	fluxostato fora de ajuste	efetuado ajuste no fluxostato	8/12/2003	8/1
Equipamento sem Árvore de Falha	falha de partida e parada ugh 05	Defeito	sensor de fluxo de oleo mgs danificado	sensor foi recuperado e reinstalado	3/6/2003	3/
Filtro	Limpeza filtro 01 mgs ugh05	Defeito	FILTRO SUJO	limpeza do filtro	20/1/2004	19/
	LIMPEZA NO FILTRO N° 2 MGS DA UGH05	Defeito	SUJERIA NO FILTRO UGH05.	LIMPEZA COM QUEROSENE E JATO DE AR.	22/2/2005	22/
Indicador de Nível	Completar nivel oleo mgs ugh05	Defeito	tempo de utilização	Completado com 120lts oleo tr86	5/1/2004	5/
Pressostato	VAZ.AGUA SONDAS ENTR.TROC.CALOR UGH 5			raperto na base o instrumento	15/3/2004	16/
Trocador de Calor	LIMPEZA TROCADO CALOR MGS UGH05	Defeito	LIMPEZA TROCADO CALOR MGS UGH05	FOI FEITA LIMPEZA	28/6/2005	28/

Tabela 3 CA's Concluídos na máquina hidráulica 3 para equipamento Regulador hidráulico.

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-03
NOME DO EQUIPAMENTO	REGULADOR HIDRÁULICO
SITUAÇÃO DO CA	CONCLUÍDO

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA	DATA CRIAÇÃO	DATA DESE
	Motob. AE ugh03 atuação rele térmico			Feito inspeção e encontra-se normal	24/11/2003	28/
Bucha	Retirar ponto quente motob. AE ugh03	Defeito	folga conexao	Reaperto	22/12/2003	22/
	RETIRAR VAZ. SERVOMOT. DO R.V. UGH03	Defeito	vazamento na haste do servo motor	troca da vedação	22/7/2002	25/
Chave Seletora	Completar nivel oleo tq.s/pressao RV 03	Defeito	vazamento	Completado oleo 400 litros essoS77	22/12/2003	
Circuito de Partida e Parada	LIMPEZA TROC.CALOR 1 E 2 R.V. UGH03	Defeito	sujeira	Efetuada limpeza	23/12/2003	23/
	Ver. ruido anor. Mb. AE rv. ugh - 03	Defeito	FALTA LUBRIFICAÇÃO	EFETUADA LUBRIFICAÇÃO	28/7/2003	29/
Eixo	VAZ.BUCHAS INFER.PALH DISTRIBUIDOR UGH03	Defeito	Desgaste do retentor	Substituido os retentores	17/12/2002	18/

Tanque sem pressão	Filtrar óleo tq.s/pressão rv.ugh-03	Defeito	oleo sujo	oleo filtrado e limp de valvu e filtro	13/8/2004	18
Trocador de Calor	LIMPEZA TROCADOR DE CALOR 1 E 2 RV UGH3	Defeito	SUJEIRA NO REGULADOR DE VELOCIDADE.	LIMPEZA COM JATO DE AR.	3/12/2004	3/
	SANAR VAZAMENTO AR E LIMPEZA MGS UGH03	Falha	SANAR VAZAMENTO NO ORINGUE	SUBSTITUIÇÃO DO ORINGUE	13/6/2005	15
Válvula de isolamento	PERDA VOLUME AR RESEVATORIO 40BAR UGH03	Falha	PERDA VOLUME AR RESEVATORIO 40BAR UGH03		25/5/2005	4
Válvula distribuidora	Substituir Valv. Intemitencia Reg.Veloc.	Falha	Substituir Valv. Intemitencia Reg.Veloc.		12/11/2005	12/

Tabela 4 CA´s Concluídos na máquina hidráulica 5 para equipamento Gerador elétrico.

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-05
NOME DO EQUIPAMENTO	GERADOR ELÉTRICO
SITUAÇÃO DO CA	CONCLUIDO

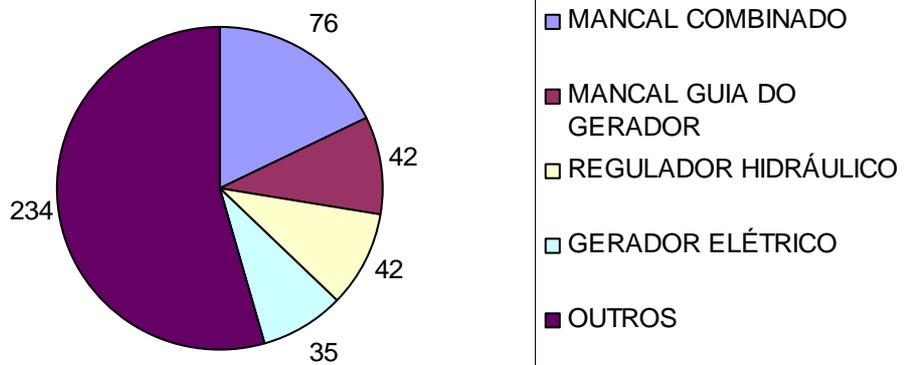
COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA	DATA CRIAÇÃO
	Limpeza anel coletor ugh05		sujeira	realizada limpeza	20/2/2003
		Defeito	desgaste escova e vapor de oleo	LIMPEZA COM AR COMPRIMIDO	9/2/2004
Anel Coletor	LIMPEZA ANEL COLETOR DO GERADOR UGH05	Defeito	SUJEIRA NO ANEL COLETOR DO GERADOR.	LIMP. COM JATO DE AR E COM O PRODUTO EDS	11/1/2005
	Limpeza anel coletor ugh05	Defeito	sujeira no anel coletor	LIMPEZA DO ANEL COLETOR COM JATO DE AR	3/11/2004
	LIMPEZA ANEL COLETOR UGH5	Defeito	SUJEIRA NO ANEL COLETOR UGH5	LIMPEZA COM JATO DE AR.	17/12/2004
	Limpeza/medição anel coletor ugh05	Falha	SUJEIRA NO ANEL COLETOR UGH05	LIMPEZAREALIZADA E MEDIÇÃO DO ANEL	9/11/2004
Aranha do Rotor	Limpeza anel coletor ugh05	Defeito	sujeira	Limpeza dos aneis	16/12/2003
Equipamento sem Árvore de Falha	Centelham.escovas anel coletor ugh05	Defeito	Distancia porta-escova / anel não confor	Padronizada as distancias porta escova/a	22/1/2003
	Limpeza dos radiadores ugh05	Defeito			16/12/2002
Escova	conectar tomada solta no cxtg ugh05	Defeito	fio solto na tomada	foi conectado fio da tomada	16/6/2003

CAs Usina Samuel:

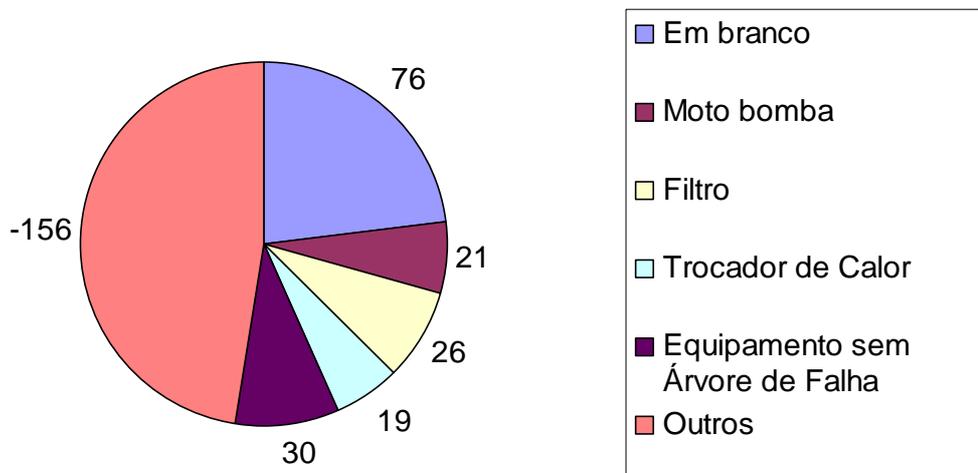
NOME DO EQUIPAMENTO	Total
	5
ARMÁRIO DE EXCITAÇÃO	13
ARMÁRIO DO TRANSFORMADOR DE EXCITAÇÃO	2
BARRAMENTO BLINDADO	3
CENTRO DE CARGA DA UNIDADE - CCU1	2
CENTRO DE CARGA DA UNIDADE - CCU3	1
CENTRO DE CARGA DA UNIDADE - CCU4	1
CENTRO DE CARGA DA UNIDADE - CCU5	2
COMANDO/MONITORAÇÃO/MEDIÇÃO/PROTEÇÃO	2
COMPORTA TOMADA D'ÁGUA	24
CUBÍCULO DO DAG 04	1
DESCARGA	8
GERADOR ELÉTRICO	35
MANCAL COMBINADO	76
MANCAL GUIA DA TURBINA	11
MANCAL GUIA DO GERADOR	42
REGULADOR DE TENSÃO	12
REGULADOR ELETRÔNICO	2
REGULADOR HIDRÁULICO	42
SISTEMA DA TURBINA	3
SISTEMA DE CONTROLE	29
SISTEMA DE FRENAGEM E LEVANTAMENTO	8
SISTEMA DE MEDIÇÃO	20
SISTEMA DE PROTEÇÃO	4
SISTEMA DE RESFRIAMENTO DA UNIDADE	20
SISTEMA DE VEDAÇÃO DO EIXO DA TURBINA	29
SISTEMA DO DISTRIBUIDOR	6
SISTEMAS AUXILIARES DA UNIDADE	1
TURBINA HIDRÁULICA	25
Total geral	429

MANCAL COMBINADO	76
MANCAL GUIA DO GERADOR	42
REGULADOR HIDRÁULICO	42
GERADOR ELÉTRICO	35
OUTROS	234

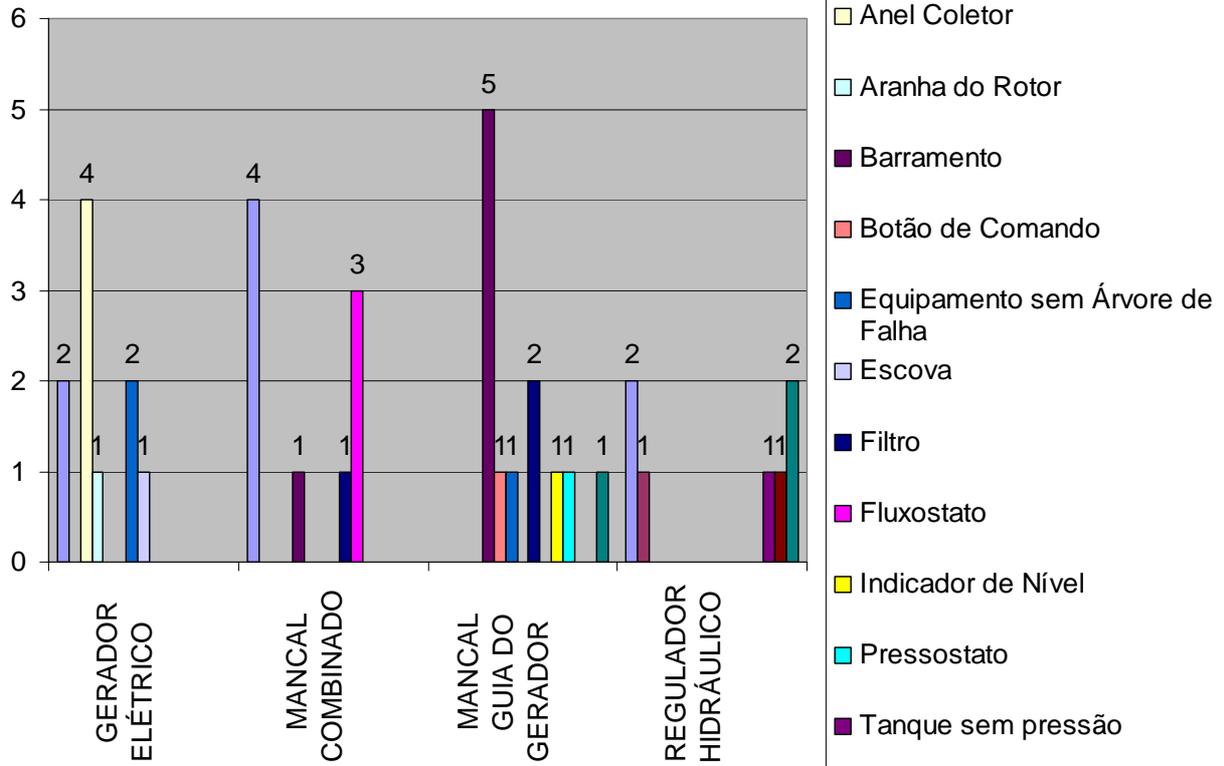
**Equipamentos com maior número de CA's concluídos - período
jan 2000 a nov 2005, Samuel.**



**Número de CA's concluídos por componente.
(total de componentes = 93)**



Número de CA's concluídos para os componentes da máquina 5.



SAMUEL CAs

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-01
NOME DO EQUIPAMENTO	(All)
SITUAÇÃO DO CA	(All)

Contagem de Nº DA NOTA			
COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA A
	Aferição da instrument. med. freq. QLC3	Defeito	instrumen
	Ajuste m.g intermed e fecham cuba ugh01		Recupera
	ATUAÇÃO DEFEITO TIRISTORES ARM.1 UHG01		INSP. TIF
	CCU1-Entradas 1 e 2 não aceitam comando		
	Centraliz. maq.01 p/ ajuste mancais		ugh01 de
	Corr.vaz.agua munhões sup. palhetas ugh1		
	corrigir indicação tensão de excitação		
	CORRIGIR INDICAÇÃO NIVEL ÓLEO MC UGH 01		
	DEF MANOMETRO ENT TROCADOR CALOR UGH01	Defeito	
	DEFEITO BOTOEIRA DE SINALIZAÇÃO FILTRO A	Defeito	BOTOEIF
	Defeito indic.digital temp.metal mgi ug3	Defeito	mau cont
	Desmontagem sistema ved. do eixo ugh01		desmonta
	Fechamento guias ar inferior gerador 01		MANUTE
	Fechamento guias ar superior gerador 01		MANUTE
	Inst.med. de nivel oleo cuba m.c. ugh01		
	Inst.transdut.grand.eletr. QLC ugh01		
	Limpeza filtros duplex 1/2 mgc ugh01		
	Limpeza troc. calor 02 mgc ugh01		
	Medição entreferro gerador 01		MANUTE
	Montagem anel sincronismo palhetas ugh01		desmonta
	Montagem das camisa m. combinado ugh01		Desmonta
	Normalizar automat. válv. 20 bv ugh-01		em condi
	Reposição oleo da ogiva e eixo turb. 01		Retirado
	RUIDO NOS VENTILAD. OSCIL. 803 UGH03		não foi er
	SANAR FUGA TERRA UGH01	Defeito	
	VALVULA ALIVIO SIST CIRC OLEO MC UGH01	Defeito	VALVULA
	Varímetro ugh01 QCC inoperante		
	vaz. em geral m. combinado ugh01		
	vaz. excessivo munhões ugh01		
	vaz. m.c., sist.inj.,filtro duplex ugh01		
	Vaz. óleo selo filtro 02 m.g.c ugh-01		
	Vaz.óleo selo volante filtro 01 m.c.ugh1		
Acoplamento	Montagem das talas anel regul. R.V ugh01		
Acumulador	RETIRAR OLEO DO R.V. UGH01 PARA TRATAMEN		
	VAZ. ACUMULADOR AR DE REGULAÇÃO UGH01	Defeito	VAZ. ACU
Acumulador ar/óleo	PONTOS DE VAZAMENTO ÓLEO RV UGH01	Defeito	CONEXÕ
Anél Magnético	Balanceamento ugh01	Defeito	maquina
Aranha do Rotor	Inspeção no anel coletor ugh-02	Defeito	sujeira
	Limpeza anel coletor ugh01	Defeito	sujeira
	Montagem anel coletor gerador 01	Defeito	montager
Barramento	Montagem do m. guia superior ugh01	Defeito	montager
Botão de Comando	Erro leitura no med. energ. ativa ugh03	Defeito	medidor c
Cartela	Oscilação tensão excit.qdo c/ 13,8 ugh03	Defeito	cartela de

Circuito de comando	Não abertura durante parada parcial ugh1	Defeito	v	
	Verif.funcionamento painel CHTA ugh01	Defeito	Eletrovalv	
Comando e Controle	Recuper.cx passagem cabeçote kaplan ugh1	Defeito	QUEBRA	
Contator	verif.func. motob. AE/AF ugh01	Defeito	mecanisc	
Conversor Eletro-Óptico	Relés Temp.fase A trafo excit. danif.	Defeito		
Corrente Alternada	ccu-1 não aceita comutação	Defeito	rele falta	
Corrente Continua	Queima botoeira disj. entra 1 CCU1	Defeito	Aquecime	
Cruzeta	Montagem da cruzeta gerador 01	Defeito	montager	
Cuba	Subst. oleo do mgi ugh01	Defeito	contamin	
Eixo	Retirar ponto quente pnl mgs ugh01	Defeito	PAFUZO	
Eixo do Gerador	Vaz. oleo valv. troc. calor 01 ugh01	Defeito	parafusos	
Eletroválvula	Filtrar óleo insp. válvulas R.V. UN-01	Defeito	oleo cont	
Equipamento sem Árvore de Falha	AJUSTE INDIC. POTENCIA ATIVA UGH03 QCC	Defeito	transd. po	
	Colocar em funcionamento da UTR03	Defeito	...	
	Reparar valv./mont.novo troc.02 mgc ugh1	Defeito	BORRCH	
Filtro	DEF. BOTOEIRA FILTRO ALTO LIMPANTE UGH01	Defeito	DEF. BO	
	LIMP. FILTRO N° 1/2 CENTRALINAS MGS UGH1	Defeito	LIMP. FIL	
	Limpeza filtro 02 mgc ugh01	Defeito	excesso c	
	Limpeza filtro duplex m.c. ugh01	Defeito	excesso c	
				sujeira do
	IIMPEZA FILTRO DUPLEX M.G.C UGH01	Defeito	sujeira	
	LIMPEZA FILTRO N° 1 OLEO MGS UGH01	Defeito	LIMPEZA	
	Limpeza filtro oleo m.g.c ugh01	Defeito	impureza	
	Limpeza filtro oleo mgs ugh01	Defeito	Limpeza	
	Limpeza filtro sist. resfr.mgs ugh01	Defeito	Isujeira	
	Limpeza troc. calor 1 e 2 mgc ugh01	Defeito	ECESSO	
	SANAR VAZAMENTO ÓLEO NO FILTRO DUPLEX UG	Defeito	VAZAME	
Fluxostato	SINALIZAÇÃO FILTRO OBSTRUÍDO-MC UGH01	Defeito	FILTRO S	
	Ajuste disposit.med. espelho M.C. ugh01	Defeito	Fora de a	
	Filtro duplex mont. sujo m.comb. ugh01	Defeito	FILTRO S	
	Fluxostato 80GAR ugh01 com defeito	Defeito	Fluxostat	
	Levantamento cone suporte ugh01			
	Montagem das sapatas ugh01	Defeito	Montager	
	Montagem mancal combinado ugh01	Defeito	montager	
ttVAZ.AGUA SONDAS ENTR.TROC.CALOR UGH 1	Defeito	vazamen		
Fonte de Alimentação	NORMALIZAR ALIMENTAÇÃO 220 VCA CLP UGH1	Defeito	FONTE D	
	Retirar ponto quente motob. AJ ugh01	Defeito	FOLGA M	
Fusível	FALTA SINALIZAÇÃO COMPORTA ABERTA UGH01	Defeito	FALTA S	
Indicadores	Defeito indic. tensão excit. ugh01	Defeito	FALHA N	
Instrumentação	INSERIR TRIP FASE V RELE 49TE UGH01	Defeito	INSERIR	
Instrumentação do mancal	CORRIGIR INDICAÇÃO DE NIVEL DE ÓLEO MC	Defeito	placa ele	
Junta de vedação	FAZER AJUSTE NA GAXETA MOTOBOMBA AL UGH1	Defeito	FAZER A UGH1	
Junta de Vedação do Eixo	Ajuste m.g superior e fecham cuba ugh01	Defeito	estava se	
Medidores	SIST. MEDIÇÃO TEMPERATURA GERADOR UGH01	Defeito	SIST. ME	
Moto bomba	Motob.al não succiona val.saída não veda	Defeito	VALV.ISC	
	motor queimado motob. AL ugh01	Defeito	motor que	
	Perda escorva vaz.gaxeta motb.ak ugh01	Defeito	VIDA ÚTI	
	REG. VEL. MOTOB. AE/AF UGH01	Defeito	REG. VE	
	RUIDO ANORMAL MOTOBOMBA AL	Defeito	fim da vic	

Óleo Lubrificante	COMPLETAR NIVEL BAIXO OLEO MGS UGH01	Defeito	NIVEL BA
	Reposição do oleo mgc ugh01	Defeito	foi trocad
	Subst. oleo m.g.i ugh01	Defeito	ENTRAD
Painel e tabuleiro	SANAR FUGA TERRA COMP TOMADA D'ÁGUA UGH1	Defeito	FUGA TE
Painel elétrico	FALTA SINALIZAÇÃO TENSÃO EXCITAÇÃO UGH01	Defeito	FALTA S
	SUBST CONTATÓRA ARM VENT TIRITÓRES UGH01	Falha	SUBST C UGH01
Pás	Acoplamento eixo intermed. gerador 01	Defeito	acoplar a
	Alinhamento ugh01	Defeito	alinhar ei
Pressostato	Inst.termôm./pressost. dig.tg. R.V ugh1	Defeito	defeito pr
Purgador	SUBS.PURG.DRENO BALÃO AR FRENAGEM UGH01	Defeito	QUEIMA
Rede de Comunicação	FALTA COMANDO NA COMUTAÇÃO CCU1 UGH01	Defeito	FALTA C
Relé	ATUAÇÃO RELE 49TE UGH01	Defeito	ATUAÇÃ
Relé Auxiliar	Defeito Secador de ar barram. blindado	Defeito	pressosta
Roda Turbina	Med, folga anel descarga e pas turb 01	Defeito	efetuado
Tampa	Soldar tubo blind.t.superior poço tub 01	Defeito	VAZAME
Tanque	COMPLETAR NIVEL OLEO CENTRALINA UGH01	Falha	COMPLE
	Tampa piso do gerador 01 solta	Defeito	tampa se
Tanque sem pressão	FILTRO OLEO TRANSDUTOR REG VEL UGH01	Defeito	FILTRO C
	TANQUE SEM PRESSÃO DA UGH01	Defeito	TANQUE
Termostato	Ajuste med. nivel m.g.c ugh01	Defeito	medidor f
	Ajuste med. nivel m.g.s ugh01	Defeito	Dispositiv
	Defeito sinal./limpez boia tampa turb.01	Defeito	contatos
Trocador de Calor	LIMP RADIADORES GER ELE PRINCIPAL UGH01	Falha	LIMP RA
	LIMPEZA NOS TROCADORES DE CALOR UGH01	Defeito	LIMPEZA
	Limpeza troc. calor 1 mgc ugh01	Defeito	temperatu
	LIMPEZA TROCADOR DE CALOR 1 E 2 MGS UGH1	Defeito	SUJEIRA
	LIMPEZA TROCADOR DE CALOR 1 E 2 RV UGH1	Defeito	LIMPEZA
	Montagem placas corrugadas M.C UGH 1 e 3		
Subst. oleo cuba m.combinado ugh01	Defeito	contamin	
Tubulação	RETIRADA TROCADOR CALOR AVARIADO UGH01	Defeito	RETIRAD
Tubulações	Montagem cabeçote kaplan e tubulações	Defeito	foi desmo
	Revisar motoboma ak e al ugh01	Defeito	Desgaste
Unidade Geradora Hidráulica	Ensaio elétrico/abri link gerador 01	Defeito	retorno d
	Med. tensao polo a polo gerador 01	Defeito	retorno u
	Mont. parte eletr. anel coletor gerad 01	Defeito	Retorno c
	Retornar com oleo na orgiva	Defeito	
Válvulas	BAIXO RENDIMENTO MOTOBOMBAS AK/AL UGH 01	Defeito	valvula de
	Subst. valv.isolad.troc. calor m.c.ugh01	Defeito	Falta ved
Grand Total			

7. TAXA DE FALHAS (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

7.1 TAXA DE FALHAS BALBINA

	2003	2004	2005	jan	fev	mar	abr	mai
Realizado Acumulado								
Meta Anual								
Realizado Mensal				4,37	3,75	4,45		
Meta Mensal				4,88	4,51	3,97	4,26	4,57
Anos Anteriores			4,58					

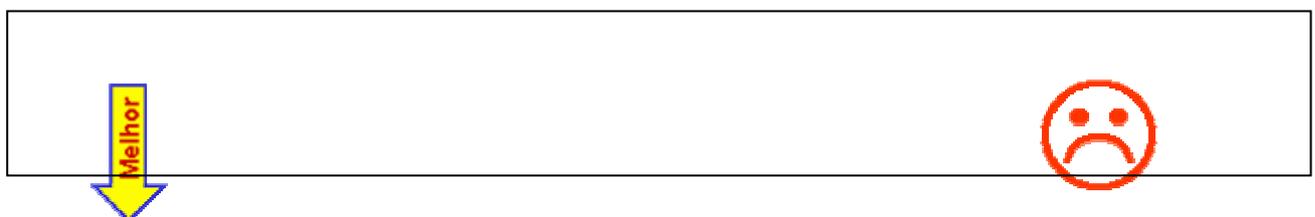
Meta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------

Realiz.			
	0,00	0,00	0,00

2003	2004	2005	2006 Acumulado
0,00	0,00	0,00	0,00

jun	jul	ago	set	out	nov	dez	2006
							4,45
							4,58
4,71	4,94	5,31	4,80	4,10	4,31	4,58	

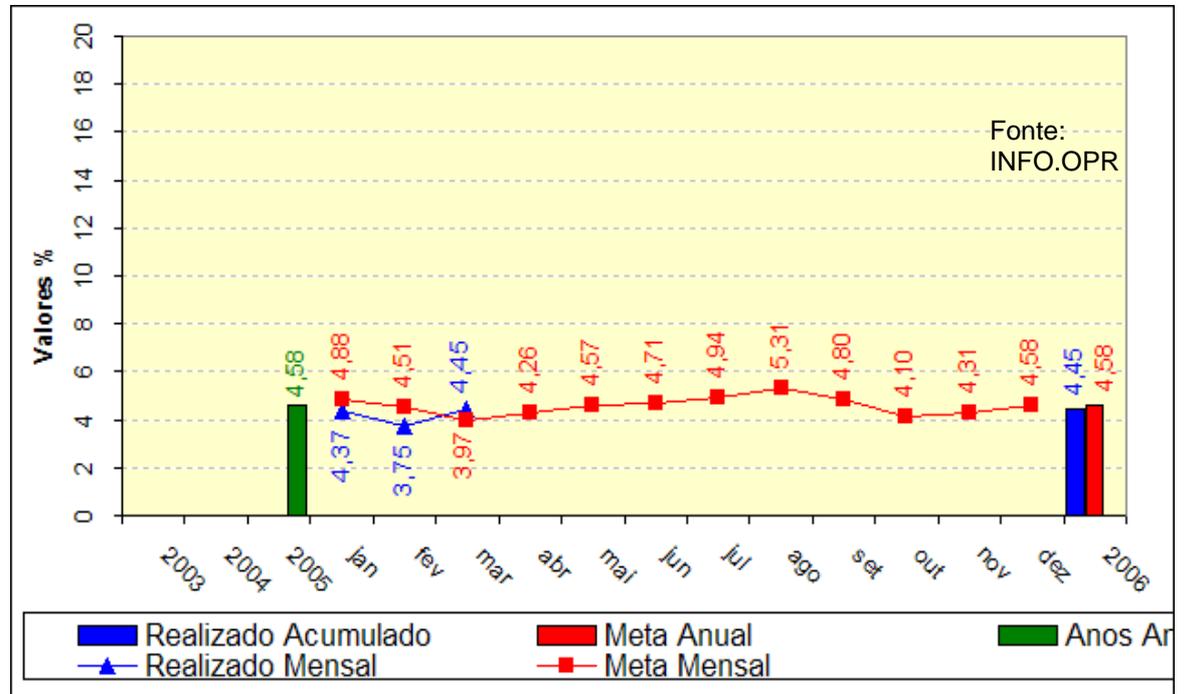
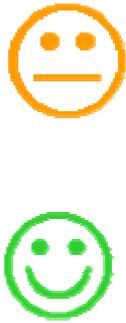
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------	------





TF – TAXA DE FALHA

TF – Taxa de Falha da UHE Balbina



7.2 TAXA DE FALHAS SAMUEL

	2003	2004	2005	jan	fev	mar	abr	mai
Realizado Acumulado								
Meta Anual								
Realizado Mensal				13,53	12,16	11,22		
Meta Mensal				12,33	13,00	13,54	10,12	10,64
Anos Anteriores	6,29	5,92	14,55					

Meta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------

Realiz.			
	0,00	0,00	0,00

2003	2004	2005	2006 Acumulado

0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------

jun	jul	ago	set	out	nov	dez	2006
							11,22
							8,30
9,31	9,17	9,20	9,14	9,25	8,30	8,30	

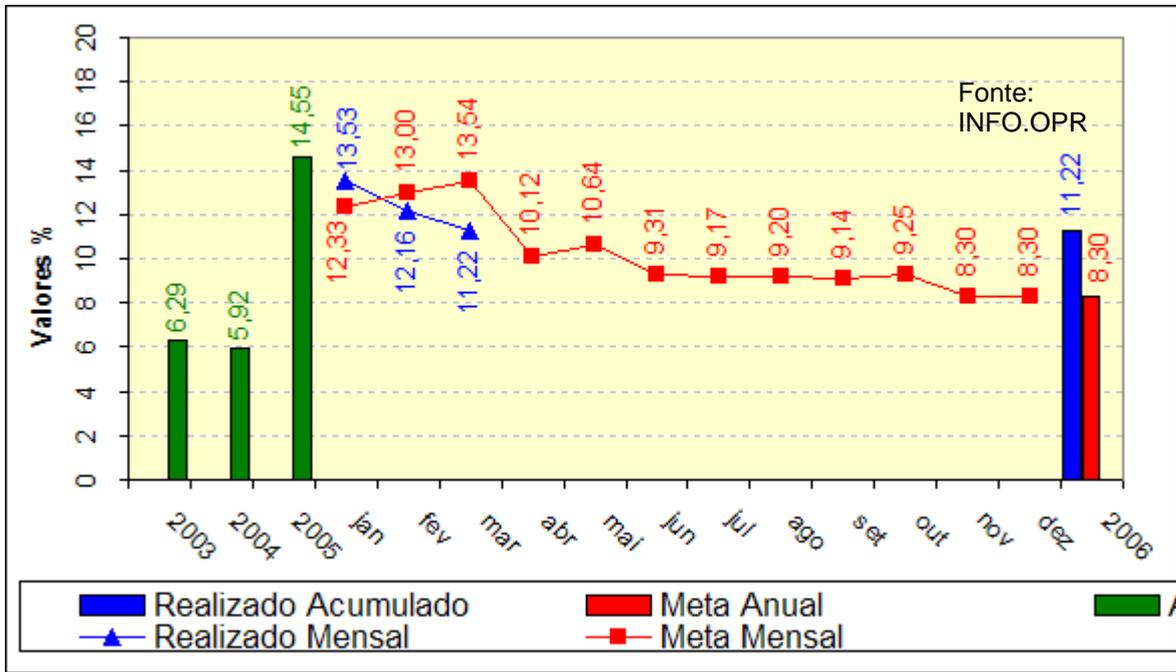
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------	------



TF – TAXA DE FALHA

TF – Taxa de Falha da UHE Samuel





7.3 DADOS BRUTOS TAXA DE FALHA

$$TF = (NFacum*HPacum)/Hsacum$$

		HPmes	HPacum	NFmes	NFacum	DURmes	DURacum	HSmes	HSacum	TF	
SAMUEL	2002	JAN	744,00		3	32,55		3356,10			
		FEV	672,00		0	0,00		1542,58			
		MAR	744,00		0	0,00		2981,00			
		ABR	720,00		0	0,00		1521,15			
		MAI	744,00		2	95,27		1956,93			
		JUN	720,00		0	3,83		1956,07			
		JUL	744,00		1	0,58		2129,87			
		AGO	744,00		1	1,77		1688,20			
		SET	720,00		0	0,00		1442,13			
		OUT	744,00		1	0,77		2057,47			
		NOV	720,00		3	14,20		2498,35			
		DEZ	744,00		2	1,50		2253,23			
	2003	JAN	744,00	8760,00	1	11	23,63	141,55	3365,27	25392,25	3,79
		FEV	672,00	8760,00	3	14	186,57	328,12	3103,80	26953,47	4,55
		MAR	744,00	8760,00	1	15	0,22	328,34	2226,42	26198,89	5,02
		ABR	720,00	8760,00	0	15	0,00	328,34	2146,08	26823,82	4,90
		MAI	744,00	8760,00	2	15	43,67	276,74	2919,85	27786,74	4,73
		JUN	720,00	8760,00	3	18	1,52	274,43	2526,40	28357,07	5,56
		JUL	744,00	8760,00	1	18	1,37	275,22	1194,80	27422,00	5,75
		AGO	744,00	8760,00	1	18	0,60	274,05	1282,12	27015,92	5,84
		SET	720,00	8760,00	0	18	0,00	274,05	2307,22	27881,01	5,66
		OUT	744,00	8760,00	1	18	732,05	1005,33	1521,45	27344,99	5,77
		NOV	720,00	8760,00	2	17	11,90	1003,03	2007,95	26854,59	5,55
		DEZ	744,00	8760,00	4	19	167,03	1168,56	1857,73	26459,09	6,29
	2004	JAN	744,00	8760,00	3	21	0,00	1144,93	3001,63	26095,45	7,05
		FEV	696,00	8784,00	0	18	0,00	958,36	2408,77	25400,42	6,22
		MAR	744,00	8784,00	0	17	19,87	978,01	1839,20	25013,20	5,97
		ABR	720,00	8784,00	0	17	170,22	1148,23	2733,85	25600,97	5,83
		MAI	744,00	8784,00	3	18	0,00	1104,56	1603,13	24284,25	6,51
		JUN	720,00	8784,00	0	15	186,98	1290,02	1856,53	23614,38	5,58
		JUL	744,00	8784,00	1	15	0,08	1288,73	2094,90	24514,48	5,37
		AGO	744,00	8784,00	1	15	0,00	1288,13	294,47	23526,83	5,60
		SET	720,00	8784,00	0	15	0,50	1288,63	1561,25	22780,86	5,78
		OUT	744,00	8784,00	1	15	0,00	556,58	473,18	21732,59	6,06
		NOV	720,00	8784,00	3	16	0,00	544,68	1770,75	21495,39	6,54
		DEZ	744,00	8784,00	2	14	29,33	406,98	1125,85	20763,51	5,92
	2005	JAN	744,00	8784,00	5	16	48,30	455,28	1454,72	19216,60	7,31
		FEV	672,00	8760,00	1	17	34,20	489,48	2262,90	19070,73	7,81
		MAR	744,00	8760,00	0	17	0,00	469,61	1415,13	18646,66	7,99
		ABR	720,00	8760,00	10	27	70,72	370,11	2885,62	18798,43	12,58
		MAI	744,00	8760,00	1	25	0,70	370,81	2050,92	19246,22	11,38

BALBINA		JUN	720,00	8760,00	4	29	81,02	264,85	1576,25	18965,94	13,39
		JUL	744,00	8760,00	1	29	0,05	264,82	869,48	17740,52	14,32
		AGO	744,00	8760,00	0	28	0,00	264,82	229,98	17676,03	13,88
		SET	720,00	8760,00	1	29	16,70	281,02	1001,57	17116,35	14,84
		OUT	744,00	8760,00	0	28	0,00	281,02	427,92	17071,09	14,37
		NOV	720,00	8760,00	4	29	31,63	312,65	1729,38	17029,72	14,92
		DEZ	744,00	8760,00	0	27	0,00	283,32	349,80	16253,67	14,55
	2006	JAN	744,00	8760,00	3	25	1,12	236,14	1390,82	16189,77	13,53
		FEV	672,00	8760,00	0	24	0,00	201,94	3360,00	17286,87	12,16
		MAR	744,00	8760,00	0	24	0,00	201,94	2868,18	18739,92	11,22
		ABR	720,00	8760,00		14		131,22		15854,30	
		MAI	744,00	8760,00		13		130,52		13803,38	
		JUN	720,00	8760,00		9		49,50		12227,13	
		JUL	744,00	8760,00		8		49,45		11357,65	
		AGO	744,00	8760,00		8		49,45		11127,67	
		SET	720,00	8760,00		7		32,75		10126,10	
		OUT	744,00	8760,00		7		32,75		9698,18	
		NOV	720,00	8760,00		3		1,12		7968,80	
		DEZ	744,00	8760,00		3		1,12		7619,00	
		2002	JAN								
	FEV										
	MAR										
	ABR										
	MAI										
	JUN										
	JUL										
	AGO										
	SET										
	OUT										
	NOV										
	DEZ										
	2003	JAN									
		FEV									
		MAR									
		ABR									
		MAI									
		JUN									
		JUL									
		AGO									
		SET									
OUT											
NOV											
DEZ											
2004	JAN	744,00	744,00								
	FEV	696,00	1440,00								
	MAR	744,00	2184,00								
	ABR	720,00	2904,00								
	MAI	744,00	3648,00								
	JUN	720,00	4368,00								
	JUL	744,00	5112,00								

	AGO	744,00	5856,00							
	SET	720,00	6576,00							
	OUT	744,00	7320,00							
	NOV	720,00	8040,00							
	DEZ	744,00	8784,00							
2005	JAN	744,00	8784,00	0	0	307,22	307,22	1919,85	1919,85	0,00
	FEV	672,00	8760,00	2	2	50,18	357,40	1500,67	3420,52	5,12
	MAR	744,00	8760,00	3	5	39,33	396,73	2131,90	5552,42	7,89
	ABR	720,00	8760,00	0	5	9,38	406,11	1865,18	7417,60	5,90
	MAI	744,00	8760,00	0	5	0,00	406,11	2106,57	9524,17	4,60
	JUN	720,00	8760,00	1	6	0,17	406,28	2865,77	12389,94	4,24
	JUL	744,00	8760,00	1	7	48,67	454,95	3353,18	15743,12	3,90
	AGO	744,00	8760,00	0	7	0,00	454,95	2409,67	18152,79	3,38
	SET	720,00	8760,00	3	10	7,53	462,48	2458,02	20610,81	4,25
	OUT	744,00	8760,00	4	14	4,93	467,41	3183,55	23794,36	5,15
	NOV	720,00	8760,00	1	15	2,35	469,76	3283,52	27077,88	4,85
	DEZ	744,00	8760,00	0	15	0,00	469,76	1633,08	28710,96	4,58
2006	JAN	744,00	8760,00	0	15	0,00	162,54	3252,18	30043,29	4,37
	FEV	672,00	8760,00	0	13	0,00	112,36	1816,42	30359,04	3,75
	MAR	744,00	8760,00	6	16	65,53	138,56	3246,08	31473,22	4,45
	ABR	720,00	8760,00		16		129,18		29608,04	
	MAI	744,00	8760,00		16		129,18		27501,47	
	JUN	720,00	8760,00		15		129,01		24635,70	
	JUL	744,00	8760,00		14		80,34		21282,52	
	AGO	744,00	8760,00		14		72,81		18872,85	
	SET	720,00	8760,00		11		67,88		16414,83	
	OUT	744,00	8760,00		7		65,53		13231,28	
	NOV	720,00	8760,00		6		65,53		9947,76	
	DEZ	744,00	8760,00		6		65,53		8314,68	

8. INFORMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

8.1 HISTÓRICO

A interação da Manutenção com sua evolução pode ser demarcada nos seguintes períodos, segundo Tavares (2002):

A partir dos anos 60

Com a difusão dos computadores, a área de manutenção passou a utilizar métodos de planejamento e controle de manutenção automatizados, reduzindo os encargos burocráticos dos executantes de manutenção. Esta atividade implicou em novas setorizações como: área de estudos de ocorrências, área de planejamento de controle entre outras.

A partir dos anos 80

Com o desenvolvimento dos microcomputadores a custos reduzidos e linguagem simples, os órgãos de manutenção tiveram opção de se desenvolver e processar seus próprios programas, eliminando os inconvenientes da dependência de disponibilidade humana e de equipamentos, para o atendimento às suas prioridades de processamento das informações pelo computador central, além das dificuldades de comunicação na transmissão de suas necessidades para o analista de sistemas, nem sempre familiarizados com a área de manutenção.

A partir dos anos 90

Com as exigências do aumento de qualidade dos produtos e serviços pelos consumidores, a manutenção passou por grandes aprimoramentos na sua gestão. Passou a ser um elemento importante no desempenho dos equipamentos em grau de importância aos já praticados na operação, começando a fazer parte do planejamento estratégico das empresas onde informatização é a condição para existir em mercados competitivos. Este quadro gerou enorme profusão de software e o aparecimento e desenvolvimento de empresas especializadas em software para manutenção.

Na atualidade, a título de facilidade e compreensão, podem ser identificadas três linhas de convergência de softwares de manutenção, baseado nas classificações de Lacerda (1997, TT064).

- ✓ Softwares de gestão: com módulos para gerenciamento de mão-de-obra, materiais, controle de custos, emissão de relatórios gerenciais e outras facilidades de tomadas de decisão. Enquadram-se na linha de gestão empresarial de ativos (EAM-Enterprise Asset Management) e gestão da manutenção (CMMS -Computerized Maintenance Management Software).
- ✓ Softwares específicos ou especializados: enquadram-se neste bloco, softwares de manutenção específica por equipamento, por fabricante, normalmente envolvendo diagnósticos. Engloba também os sistemas especialistas em franca ascendência, bem como softwares específicos empregando outras técnicas de inteligência artificial.
- ✓ Softwares de apoio: enquadram-se neste bloco todos os outros softwares que não forem de gestão ou específicos.

É possível um software apresentar características de mais de uma convergência, principalmente se tiver sido desenvolvido modularmente, como no caso de um sistema de gestão, que tenha módulo para movimentação e outro de sistema especialista. O enquadramento de um software dar-se-á pela convergência dominante.

Atualmente existe uma ampla gama de softwares de manutenção sendo comercializados, oferecendo soluções em função do produto, tecnologia, mercado e estratégia das diversas empresas. Este mercado, segundo Tavares (2002), representou, em 1997, mais de 900 milhões de dólares de faturamento, dos quais 56,6% na América do Norte, 27,5% na Europa, 10,3% na Ásia e Oceania e 5,7% na América Latina.

O SMRP (2002) dos Estados Unidos, em sua última pesquisa, registrou entre 2000 e 2001, que 90% das plantas pesquisadas têm um Sistema de Gerenciamento Computadorizado de Manutenção (CMMS) para gerenciar equipamento, material de trabalho e dados de custo, de forma a gerenciar a manutenção como a chave da operação total.

Os softwares CMMS mais comumente usados são: MÁXIMO (18%), SAP (13%), MP2 (13%) e o WOMANS (5,3%). O MP2 é o mais extensivamente usado em pequenas plantas, enquanto o SAP é largamente usado em grandes plantas.

A análise do SMRP também indica que, apesar dos CMMS fornecerem um sistema de facilidades e estrutura de informações para integração das melhores práticas no processo de manutenção, só alcançam sucesso na sua utilização, em organizações comprometidas com planos estratégicos de longo prazo. Caso contrário, o CMMS cai em desuso e somente 23% das plantas planejam e programam todas suas atividades de manutenção de sistema. Uma análise mais detalhada do problema pode ser encontrada em Dunn (2001).

No Brasil, a oferta de softwares de gerenciamento da manutenção é grande e atende a uma variada gama de requisitos, porém ainda é substancial o desconhecimento das potencialidades da área de softwares especializados, segundo atesta MyQ. (1999, p.31).

A seguir (tabela 8.1) apresentam-se alguns softwares especializados de gerência de manutenção mais difundidos:

Tabela 8.1: Softwares mais difundidos Fonte: MyQ, (1999, p.31) e MyQ (2000, p.34-35).

<i>FABRICANTE</i>	<i>SOFTWARE</i>
Datastream (SP)	MP5, MP2Enterprise, MP2Professional, Maintainit
Protam Eng. de Manutenção (SP)	Coswin
SAM SERVICE (SP)	MAC ACTIVE (FULL) e LITE
ASTREIN Informática (SP)	SIM
Maximiza Consultoria Sistema (SC)	Sadege
MiDS Sistemas (SP)	Máximo
SPES Eng. De Sistemas	SMI

No Documento Nacional de 1995:

- ✓ o percentual de 90% de carência de treinamento;
- ✓ aplicação de recursos de manutenção em 32,8% para corretiva e 18,65% de preditiva;
- ✓ 12,7% não monitoram equipamentos, 47,6% fazem monitoração manual, 29,1% fazem monitoramento com coletor de dados e softwares e 10,6% fazem monitoramento on-line.

No Documento Nacional de 1995:

- ✓ em 74% das empresas existem programas de treinamento para o pessoal de manutenção;
- ✓ aplicação de recursos de manutenção em 25,53% para corretiva e 18,54% de preditiva;
- ✓ ferramentas utilizadas para controle da qualidade: RCM (2,53%), 5S (40,51%), CCQ (10,63%), IPM (16,20%) e outras (17,72%);
- ✓ 10,17% não monitoram equipamentos, 30,51% fazem monitoramento manual, 50,85% fazem monitorização com coletor de dados e software;
- ✓ 10,17% fazem monitoramento automático on-line.

No Documento Nacional de 2001: Conforme apresentado no capítulo 2, o custo da manutenção em relação ao faturamento das empresas continuava representando parcela significativa do PIB brasileiro fornecido pela FGV:

- ✓ 2001: 4,47%-US \$ 26,0 bilhões
- ✓ 1999: 3,56%-US \$ 27,6 bilhões
- ✓ 1997: 4,39%-US \$34,0 bilhões
- ✓ 1995: 4,26%-US \$ 23,1 bilhões
- ✓ Média: 4,2% do PIB. US \$ 28 bilhões

Comparando-se com a análise do SMRP americano, atualmente custos de manutenção está na ordem de 9 a 15% das vendas e em outra estatística na ordem de 8 a 12% do custo dos produtos destas empresas.

Estes dados são importantes para se ter uma idéia do desafio que as empresas ainda devem enfrentar para sua informatização e conseqüente automação de procedimentos de manutenção.

Há ainda muito por fazer na integração da manutenção com outros setores da organização, no desenvolvimento de técnicas preditivas, entre outras, e todas estas mudanças acompanhadas da evolução das técnicas de computação em termos de Inteligência Artificial, redes de computadores e internet. Um pequeno ensaio deste contexto pode ser visto em Lacerda (1997, TT064).

A Eletronorte utiliza o SAP-R3 em suas instalações, em especial de Samuel. Em Balbina será utilizado o software Maximo e os dados relativos aos cartões de anomalias, para efeito deste trabalho, são utilizados do SAP-R3 associado a usina de Samuel, já que Balbina não tem SAP.

8.2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO DA MANUTENÇÃO

Inserida no contexto computacional, a Inteligência Artificial (IA), segundo análise de Barreto (1998, p.04) nasceu em 1956 na conferência histórica de Dartmouth, New Hampshire. Este encontro foi também o primeiro entre os quatro pesquisadores de IA nos Estados Unidos durante duas décadas: Mc Carthy, Minsky, Newell e Simon. Deste encontro nasceram os dois paradigmas da inteligência artificial: simbólica e conexionista, e uma definição de IA atribuída a John McCarthy, como sendo o campo da Ciência da Computação que se dedica ao estudo e modelagem da inteligência humana.

Na IAS (Inteligência Artificial Simbólica) o comportamento inteligente global é simulado, sem considerar os mecanismos responsáveis por este comportamento. Na IAC (Inteligência Artificial Conexionista) acredita-se que construindo máquina que imite a estrutura do cérebro ela apresentará inteligência. (Barreto, 1998, p.04). Progressivamente as duas correntes separam-se e só se reencontraram a partir do final da década de 80.

Muito se evoluiu desde Dartmouth e, na atualidade, existe uma diversificação expressiva de disciplinas de IA, conforme pode-se constatar no quadro evolutivo da IA (tabela 8.2) e pelas referências que servem de exemplos, a seguir:

- ✓ Medsker (1995, p.298) analisa a contribuição da IA, em que os sistemas inteligentes tendem a utilizar, sempre que necessário, várias filosofias e tecnologias diferentes como Redes Neurais, Lógica Fuzzy, Algoritmos Genéticos, Raciocínio Baseado em Casos, Multimídia, Agentes, Técnicas de busca e filtragem para Data Mining e Sistemas Especialistas.
- ✓ Brooks (1999) explica o objetivo intelectual do laboratório de IA do MIT, que é entender como trabalha a mente humana. Acredita-se que a visão, robótica e linguagem são as chaves para entendimento da inteligência, e neste sentido o laboratório do MIT faz mais investimentos do que muitos laboratórios de Inteligência Artificial. As linhas de pesquisa são:
 - Aprendizagem
 - Inteligência Artificial
 - Gestão de Informação
 - Visão Médica
 - Visão Geral
 - Visão Aplicada a Pessoas & Atividades
 - Robótica Medica
 - Arquitetura Cognitiva
 - Linguagem
 - Novos Modelos de Computação

Tabela 8.2: Evolução da IA A divisão em épocas foi adaptação de Barreto (1998, p.05-06)

Fim da 2ª Guerra						
1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Modelo Neuronal (McCulloch e Pitt)	Teórico Lógico (Simon, Newell)	Inteligência Artificial J.McCarty M.Minsk	Solucionador geral de Problemas (Newell)	Agentes IA Distribuída (C.Hewitts)	Shells de Inteligência	Sistemas Híbridos
Cibernética (Máquinas de Feedback de wiener)	ciência da informação	Perceptron (Rosenblatt)	Sistemas especialistas (E.Feigenbaum)	Software de Reconhecimento de padrões	Reconhecimento de Imagens	Raciocínio baseado em casos (R.Schank)
Conjuntos Difusos (L.Zadeh)	Algoritmos Genéticos (J.Holland)	Rede de Hoepfield	Software de Linguagem	Reconhecimento de Imagens	Sistemas de Conhecimento (ESPRIT II)	Sistemas de Conhecimento (ESPRIT II)
ÉPOCA PRÉ-HISTÓRICA ATÉ 1966	ÉPOCA CLÁSSICA (1956-1970)	ÉPOCA ROMÂNTICA (1970-80)	ÉPOCA MODERNA (1980-90)	ÉPOCA CONTEMPORÂNEA (1990-atual)		

- ✓ Laudon (1999, p.329) discorre sobre a Inteligência Artificial mostrando que ela não é um fenômeno isolado, mas uma família de atividades por vezes relacionadas, em que cada uma busca capturar algum aspecto da inteligência dos seres humanos e de seu modo de ver. Os cientistas da computação, engenheiros eletrônicos, psicólogos, lingüistas, fisiologistas e biólogos estão envolvidos nesta busca, que os leva a pesquisar a linguagem natural, a robótica, os sistemas perceptivos, os sistemas especialistas, as redes neurais e o software inteligente.
- ✓ Simpósio patrocinado pela AAAI – Associação Americana de IA objetivou mostrar a relevância das técnicas de IA em manutenção de equipamentos, evidenciando áreas como:
 - planejamento da manutenção;
 - planejamento de ações corretivas;
 - agentes inteligentes via internet para tarefas de monitoração;
 - máquina de aprendizado para reconhecer e classificar novos comportamento do sistema, entre outras (AIES, 1999).
- ✓ O quarto evento da Conferência Internacional de Aplicação de Sistemas Inteligentes em Sistemas de Potência. Esta conferência é dedicada para aplicação de técnicas de sistemas inteligentes, como redes neurais artificiais, sistemas fuzzy, algoritmos genéticos, raciocínios baseado em casos, sistemas de conhecimento e outras técnicas, no desenvolvimento de novos aplicativos a serem utilizados nas diversas áreas dos sistemas de potência, incluindo desde de projeto, planejamento, operação, manutenção até o equipamento elétrico propriamente dito (ISAP, 1999).
- ✓ Conferência Internacional de Inteligência Artificial patrocinada pelo IEEE dos Estados Unidos fomenta o desenvolvimento de técnicas de IA em diversos segmentos: como Engenharia Elétrica, Engenharia Eletrônica, Telecomunicações, processos industriais, medicina e entre outros (IEEE AIS, 2002). Muitas outras referências poderiam ser citadas, porém, em síntese, o objetivo da IA segundo Bittencourt (1998, p.15): “É a criação de modelos para a inteligência e a construção de sistemas computacionais baseados nesses modelos. O caráter dual deste objetivo levou, naturalmente, a pesquisa e o desenvolvimento em IA e cristalizaram-se em torno de três tipos de atividades:
 - Desenvolvimento de modelos para a inteligência humana, tema da ciência cognitiva (psicologia computacional);
 - Desenvolvimento de aplicações educacionais, comerciais ou industriais utilizando técnicas de IA.
 - Desenvolvimento de técnicas computacionais que apresentem potencial para a simulação de comportamento inteligente.”

8.3 A IA NA MANUTENÇÃO E SISTEMA DE POTÊNCIA

Na Manutenção, os primeiros exemplos mais conhecidos de aplicabilidade de IA ficam por conta do setor da Aviação, conforme Botelho (1991, p.08). Uma publicação de Richardson, 1985, intitulada “Artificial Intelligence in Maintenance”, pelo Instituto de Denver, da Universidade do Colorado, EUA, relaciona uma série de trabalhos desenvolvidos pelo segmento militar industrial e comercial da aviação norte-americana envolvendo sistemas especialistas.

A partir deste ponto até os dias atuais de 2002, houve uma ampla profusão de pesquisas, trabalhos e centros desenvolvedores de técnicas de IA tanto em Manutenção quanto em Sistemas de Potência.

Grande parte deste esforço concentraram-se, entre outros exemplos, em institutos como o IEEE dos EUA, IEE do Japão, EPRI dos EUA; de associações como o AAAI dos EUA; conferências como CIGRÉ, ISAP e IEEE-AIS; no Brasil como o SNPTEE, ELARC E ABRAMAN.

Desta profusão ficou evidenciado que as técnicas de IA mais difundidas em sistemas de manutenção e em especial sistemas de potência são:

- ✓ sistemas especialistas
- ✓ redes neurais
- ✓ algoritmos genéticos
- ✓ agentes inteligentes

Neste trabalho não se diferenciou aplicação de IA em manutenção e operação, pois RCM analisa função e não o equipamento propriamente dito, ela só tem sentido quando integrada com a operação.

Especificamente, a CBM (Condition Based Maintenance) apresenta um campo promissor para aplicação das técnicas de IA, em que se destacam na atualidade sistemas especialistas e redes neurais.

As referências ajudam a corroborar as constatações em epígrafe e apontam também tendências para tempos futuros:

- ❖ Lin (1992, p.1141-1147) apresenta um sistema especialista baseado em conhecimento para auxiliar na tomada de decisão da manutenção programada de gerador na Taiwan Power Company.
- ❖ Botelho (1991) revela esforços de aplicação de IA no processo decisório para análise de falha de aviões da Força Aérea Brasileira. Neste trabalho, destacaram-se entre outros benefícios da aplicação de sistemas especialistas no gerenciamento da manutenção como: redução de erros de diagnósticos, melhoria na tecnologia de treinamento com sistemas tutoriais e a otimização do manuseio da informação técnica da manutenção.
- ❖ Tomsovic (1994, p.363-370) sugere vários métodos para extração de informações de dados de teste para monitoração da condição de equipamento usando conjuntos fuzzy e redes neurais artificiais.
- ❖ Archon (1998, p.01-03) O projeto Archon é um dos principais projetos de inteligência artificial distribuída, podendo ser usado em domínios industriais reais. Atualmente empregado em concessionária na Espanha para gerenciamento de transporte de energia.
- ❖ Ribeiro (1995, ELARC) utilização de sistema especialista no restabelecimento inteligente de subestações.
- ❖ Tiburcio (1995, GrupoX) avalia o estado operativo de sistemas de potência, sua segurança e quais ações são adequadas para intensificar esta segurança empregando redes neurais.
- ❖ Martino (1995, grupo XIII) apresenta diagnóstico de transformadores de potência utilizando redes neurais.
- ❖ Belchior (1995, p.219-233) desenvolvimento de sistema especialista para diagnóstico de motores diesel visando manutenção preditiva.
- ❖ Kobaccy (1995, p.831-853) apresenta uma proposta de sistema de suporte à decisão inteligente para avaliação e desenvolvimento de rotinas de manutenção aplicadas a grandes sistemas técnico e complexo. A concepção deste trabalho foi a incorporação de uma base de conhecimento (regras de produção) que permite ao DSS (Decision Support System), baseado em computador, selecionar entre bases de modelos de políticas de manutenção, qual a mais adequada a ser empregada aos dados de um determinado contexto
- ❖ Lacerda (1997, TT064) analisa a informatização integrada da manutenção industrial com a manufatura e aplicações de sistemas especialistas na manutenção.

- ❖ AIES (1999) – 1999 AAAI Spring Symposium on AI in Equipment Maintenance Service. Uma Referência para IA aplicada na manutenção de equipamentos das seguintes áreas: indústria automotiva, aeronaves, turbinas a gás, bombas, inclusive projeto para a manutenabilidade.
- ❖ Técnicas de IA exploradas: Clustering, sistemas especialistas, redes neurais, redes bayesianas, redes de crença, raciocínio baseado em casos, entre outros.
- ❖ Reis (2000, p.102-107) discute sistemas especialistas para diagnósticos de máquinas e manutenção baseada em condição, seu desenvolvimento nos laboratórios das universidades americanas, sua aplicação na indústria e reconstrução de softwares no Japão.
- ❖ Hiyama (2002) apresenta um survey de 1991 a 1999 sobre a aplicação de sistemas fuzzy em sistemas de potência no Japão, e detalhando sua aplicabilidade em cada área de um sistema de potência com indicação de dezenas de referências bibliográficas a nível mundial.
- ❖ SNPTEE (2001) 16º Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (aplicações) de IA em trabalhos do: Grupo VIII – Grupo de estudo de subestação e equipamentos elétricos – GSE: novos dispositivos inteligentes em antigas subestações; - critérios para aplicação de sistemas especialistas para diagnóstico de falhas em equipamento de subestações técnicas de sistemas; inteligentes (redes neurais/lógica fuzzy) aplicadas na identificação do envelhecimento de transformadores; - monitoramento e sistema especialista para diagnóstico de equipamentos de subestações; e - reconhecimento de defeitos em equipamentos elétricos de alta tensão utilizando a Teoria Fractal e as Redes Neurais Artificiais.
- ❖ AANN (2002) reúne um pool de dezenas de autores que apresentam aplicações de redes neurais, algoritmos genéticos e lógica fuzzy em sistema de potência. Envolvem trabalhos apresentados entre 1993 a 1995 em fóruns como

8.4 A ENGENHARIA DE CONHECIMENTO COMO DISCIPLINA EMERGENTE DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS

A raízes dos sistemas especialistas estão alicerçadas em muitas disciplinas, uma das maiores é a área do processamento humano de informações, chamado ciência cognitiva. Cognição é o estudo de como os humanos processam informações, em outras palavras, é o estudo de como os humanos pensam, especialmente quando resolvem problemas. O estudo da cognição é importante quando se quer fazer os computadores emularem os especialistas humanos.

Na considerada era clássica, um dos projetos mais ambiciosos foi o desenvolvimento do GPS (General Problem Solver), programa criado por Newell e Simon com o objetivo de resolver problemas em geral.

Um dos mais significativos resultados demonstrados por Newell e Simon era o de que a maioria das resoluções dos problemas humanos ou cognição poderia ser expresso por regras de produção do tipo IF-THEN. A regra correspondia a uma pequena coleção modular de conhecimento chamado bloco (chunk).

Exemplo: Se o carro “não dá partida” e o ponteiro do combustível indica “vazio”, então encha o tanque. Os dois autores popularizaram o uso das regras para representar o conhecimento humano e mostraram como o raciocínio podia ser feito através de regras.

A idéia básica, de como era feito o processamento humano (figura 8.1), consiste na entrada sensorial que estimula o cérebro. O estímulo dispara regras apropriadas da memória de longo prazo, as quais produzem respostas adequadas.

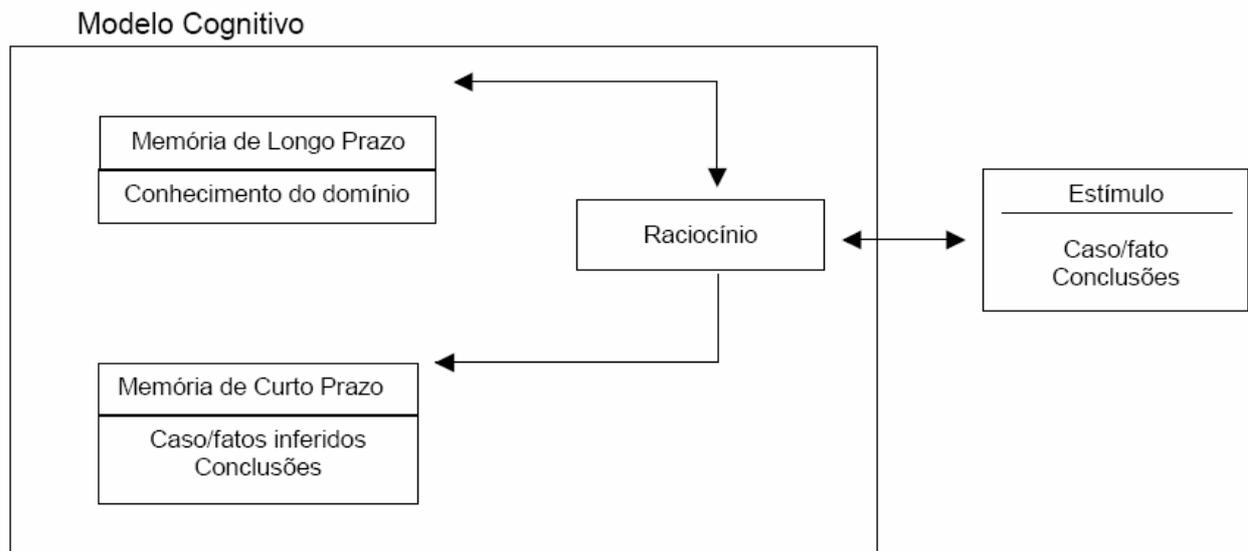


Figura 8.1: Solucionando o problema humano.

Até meados dos anos 60, a maioria das utilizações consistia em produzir sistemas inteligentes com pequenos domínios de conhecimento e poderosos métodos de raciocínio em áreas muito diversificadas. Porém, o GPS mostrou sua debilidade para problemas complexos não demonstrando o mesmo desempenho dos especialistas humanos.

Com o nascer dos anos 70 e, principalmente, balizado pela elaboração do programa DENDRAL, cujo desenvolvimento começou em 1965 na Universidade de Stanford por solicitação da NASA, tornou-se claro que o conhecimento do domínio era a chave para a construção das máquinas solucionadoras de problemas, as quais poderiam funcionar no nível dos especialistas humanos. Embora os métodos de raciocínio fossem importantes, os estudos mostravam que os especialistas utilizavam inicialmente um vasto conhecimento de heurísticas e experiências que acumulavam ao longo dos anos. A habilidade de raciocínio de um especialista não é, geralmente, melhor do que uma pessoa mediana na resolução de um problema não familiar. Tal percepção conduziu os pesquisadores de Stanford a introduzir tais heurísticas no DENDRAL e obter um programa que operava tão bem quanto um especialista humano.

Esta ênfase no conhecimento levou Ed Feigenbaum, um dos idealizadores de DENDRAL, a reivindicar: 1) “no conhecimento reside o poder” e 2) “o processo de construção de tais sistemas deveria ser a Engenharia de Conhecimento”. E, também, conduziu para o paradigma do sistema baseado no conhecimento ou sistema especialista (Durkin, 1994, p.06).

Com aceitação deste paradigma, muitos sistemas de sucesso foram construídos, entre eles: DENDRAL (podia interpretar espectômetros de massa para identificar constituintes químicos); MYCIN (diagnóstico de doenças), DIPMETER (análise de dados geológicos para petróleo); PROSPECTOR (para análise de minerais), XCON/R1 (para configuração de computadores), entre outros.

Este foi o ramo da IA que nasceu na década de 50 como um estudo do processamento humano da informação e que, agora, crescera para atingir o sucesso comercial pelo desenvolvimento de problemas práticos do mundo real.

No final dos anos 70, três conceitos eram convergentes para a maioria dos sistemas desenvolvidos:

as regras, a Shell e o conhecimento (figura 8.2).

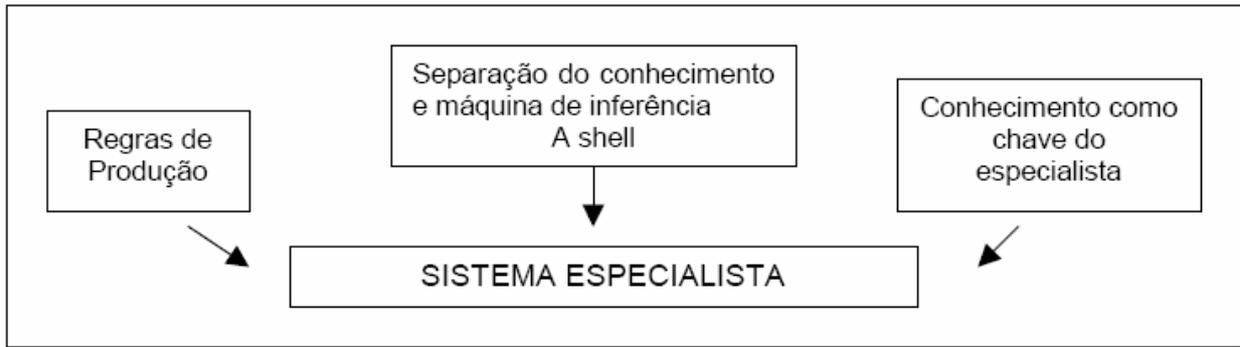


Figura 8.2: Sistemas especialistas.

Até meados dos anos 80, o campo foi dominado pelos sistemas baseados em regras. Contudo, a partir do final dos anos 80, identificou-se um eixo com direção aos sistemas orientados a objetos. (Sistemas especialistas baseados em frames com técnicas oriundas da programação orientada à objetos). Frames é uma estrutura de dados, proposta por Minski (1975), para codificar conceitos numa informação típica computacional.

As idéias apresentadas até aqui corresponderam à primeira geração de sistemas de conhecimento, conforme figura 8.3:

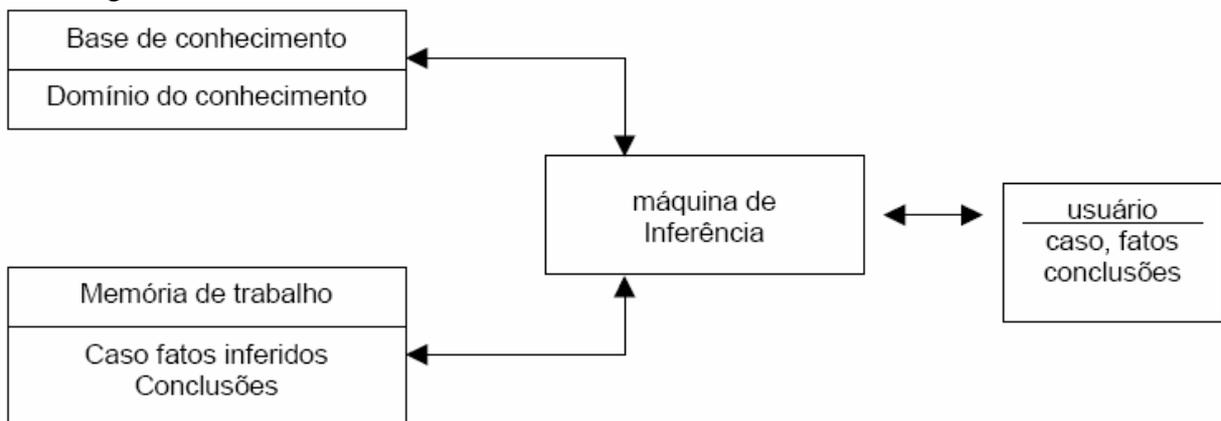


Figura 8.3: Sistema Especialista de 1º Geração

A máquina de inferência interagindo numa base de conhecimento, usualmente regras de produção. Clancey (1985) mostrou em sua análise do Mycin, que a base de conhecimento escondia várias e importantes propriedades do processo de raciocínio e da estrutura do conhecimento no domínio de aplicação. Certas regras, ou partes das regras, que preenchem certos papéis no processo de raciocínio, ficam implícitas na organização do sistema de conhecimento, prejudicando-o em termos de aquisição, refinamento e reutilização.

Este problema não é específico do sistema de conhecimento, ocorre também na área de representação do conhecimento. Tais fatos também ficaram evidentes no trabalho de Brachman (apud Schreiber, 2002).

Ocorreu na época uma variedade de opiniões e explicações, que convergiram para o AAI80, quando Newell apresentou a “hipótese do nível de conhecimento”. (SCHREIBER, 2002). Esta hipótese tinha por propósito realizar a descrição de um sistema inteligente em termos de seu comportamento racional, independente de sua representação simbólica, em regras, frames ou lógica (o nível simbólico).

Durante os anos 80, esta idéia conduziu à pesquisa da engenharia do conhecimento para resolver os problemas mencionados. O objetivo do modelo do nível de conhecimento de um sistema de conhecimento é fazer a organização do conhecimento um sistema explícito. Surgia, então, o movimento da 2ª geração de sistemas de conhecimento.

Muito se pesquisou e se desenvolveu até os dias atuais, culminando em sistemas de conhecimento como o CommonKADS, terminado em 1995, fruto de um expressivo investimento europeu, o projeto ESPRIT. Este sistema sintetiza os últimos avanços em análise de sistemas, orientação a objetos, gerenciamento da informação, entre outras disciplinas. Permite apreender, então, o conhecimento de qualquer área de uma organização, inclusive o gerencial, na forma de tarefas de conhecimento intensivo.

A RCM é um método científico de realizar manutenção e está centrada no elemento humano, em que no estabelecimento das tarefas de manutenção, o computador é simplesmente usado para armazenar e ordenar o conteúdo gerado durante a análise de RCM. Possui um poderoso sistema de aquisição de conhecimento, tanto explícito, como tácito, em que uma tarefa estabelecida pode possuir um conhecimento intensivo integrado de várias especialidades, conforme figura 4.4: área elétrica(EE), mecânica(EM), econômica(EEc), de confiabilidade(EC), produção(EP) e gerencial(G). A Figura 8.4 a seguir sintetiza a concepção:

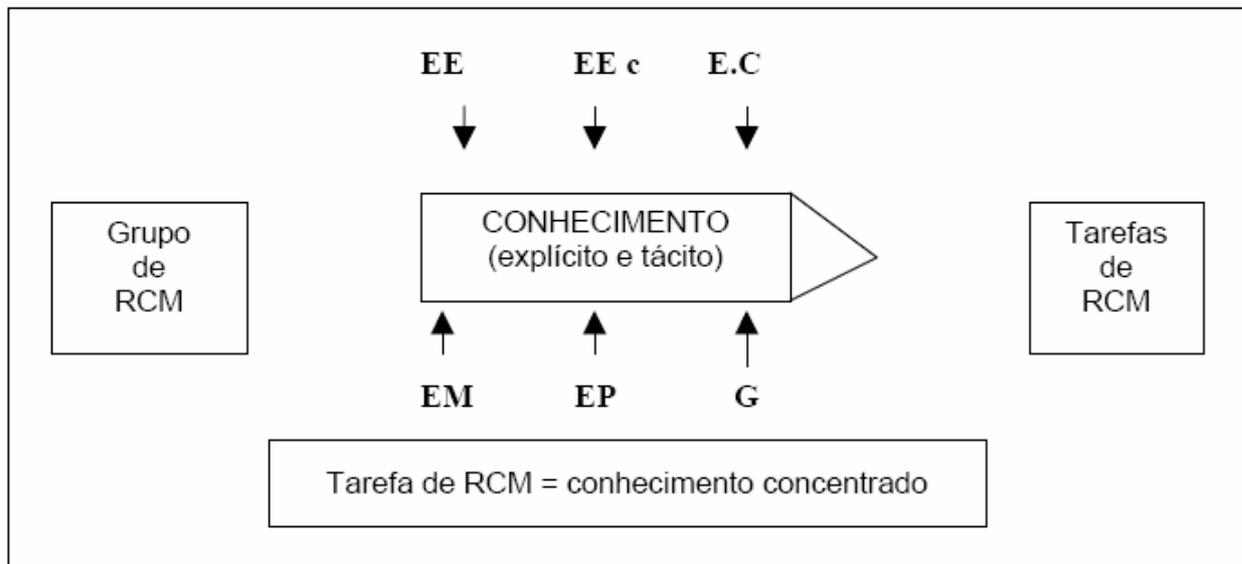


Figura 8.4: Conhecimento x RCM

Após o estabelecimento das tarefas de RCM, elas são integradas aos planos de manutenção existentes e transformadas em rotina.

As técnicas de IA empregadas na manutenção de sistemas, em especial sistemas de potência, são de abordagens limitadas e ficam restritas a domínios específicos. São enfatizadas, principalmente, para manutenções preditivas, em forma de sistemas especialistas, redes neurais e lógica fuzzy.

A emergência dos sistemas de conhecimento de 2ª geração, conforme citado no item anterior, permite apreender o conhecimento de qualquer área da organização na forma de tarefas de conhecimento intensivo, sendo representado em camadas ou níveis conforme Figura 8.4. Permite significativa flexibilização e facilidade de tratamento do conhecimento, sendo por exemplo, o CommonKADS desenvolvido no seio do projeto ESPRIT da comunidade Européia, com proposta de ser sistema padrão para o Leste Europeu.

8.5 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS UTILIZADAS

Neste trabalho serão utilizadas as seguintes ferramentas computacionais: Relex, ReliaSoft e Jess.

8.5.1 RELEX: ANÁLISE DE CONFIABILIDADE

O Relex FMEA foi desenvolvido para manipular suas análises FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha) com poder e flexibilidade. A metodologia contida no Relex FMEA lhe permite, de maneira fácil e rápida, analisar as modos de falhas potenciais do seu sistema e os efeitos para estas falhas.

Várias indústrias possuem seu próprio modelo de FMEA, que são totalmente suportados pelo Relex. As indústrias Aeroespacial e de Defesa utilizam geralmente o padrão MIL-STD-1629 FMECA (o C em FMECA representa o cálculo de Criticalidade) ou o padrão SAE ARP5580 FMEA. Fornecedores da indústria Automotiva usam o padrão SAE J1739, ou eles podem utilizar as metodologias automotivas AIAG (Automotive Industry Action Group), Daimler Chrysler, Ford, ou GM. Outras indústrias geralmente adotam um destes padrões, algumas vezes customizando os para atender a seus próprios requerimentos. O Relex suporta estes vários padrões e também lhe permite customizá-los ou criar combinações e atender suas necessidades.

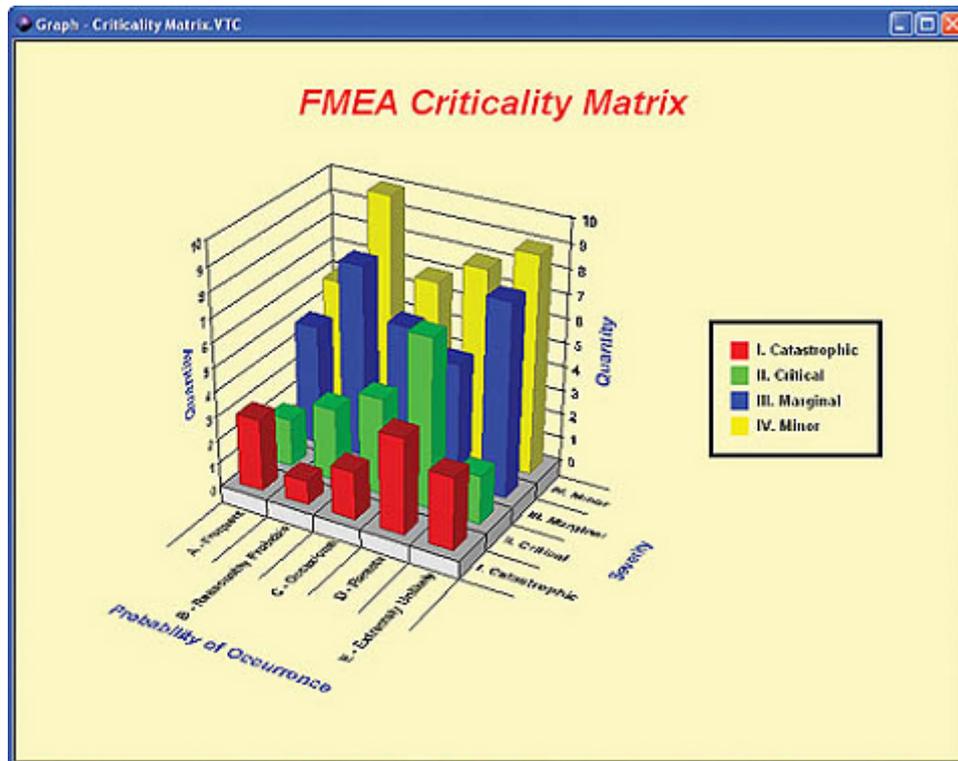
SUPPORTED FMEA TYPES	
• Process	• SAE ARP 5580
• Design	• AIAG
• Piece-Part	• Ford
• Automotive	• GM
• MIL-STD-1629	• Daimler Chrysler

O Relex FMEA suporta FMEAs de processo e projeto. FMEAs de projeto são usados para analisar um sistema e determinar como os vários modos de falha afetam a operação do sistema. O projeto pode consistir de hardware e software, e a análise pode ser feita em qualquer nível, dos componentes ao sistema. FMEAs de Processo, em contraste, são usados para analisar como as falhas na manufatura ou outros processos afetam a operação do sistema.

Ligado Automaticamente com outros Módulo do Relex

O Relex FMEA pode ser usado como um pacote isolado ou em conjunto com outros módulos do Relex. Devido aos produtos Relex dividirem a mesma Base de Dados, informações geradas em outros módulos podem ser imediatamente disponibilizadas no Relex FMEA. Como você determina uma hierarquia de sistema e adiciona componentes, estes dados são reconhecidos em todos os módulos do Relex.

O Relex FMEA também acessa taxas de falha calculadas no módulo Relex Reliability Prediction. Qualquer alteração nestes valores são automaticamente atualizadas no Relex FMEA. Usando a inovativa integração entre os módulos Fault Tree e FMEA, você pode gerar árvores de falha mostrando os modos de falha que contribuem para o efeito final.



Matriz de Criticalidade – A matriz de Criticalidade lhe permite identificar a maioria modos de falha críticos e suas distribuições!

Em adição, como você adiciona componentes ao Relex FMEA, modos de falha são automaticamente acrescentados usando as bibliotecas de modos de falha (built-in modes libraries). Isto não só prove um tremendo ganho de tempo, mas também aumenta a consistência em suas análises.

O Incomparável Relex FMEA

O Relex FMEA organiza sua informação para minimizar qualquer redundância nos seus registros através de uma tabela de visualização sempre disponível. Campos de Dados podem receber até 32.000 caracteres.

O Relex FMEA suporta falhas equivalentes. Você pode encontrar para modos de falha múltiplos os resultados com as mesmas conseqüências de falha. Com o Relex FMEA, você define as conseqüências de falha e então você pode agrupar os modos de falha similares.

As bibliotecas de modos de falha são também fornecidas com o Relex FMEA. Estas bibliotecas editáveis contém modos de falha de uma grande variedade de fontes e inclui uma extensa base de dados com eletrônicos e mecânicos.

O Relex FMEA suporta avaliações de criticalidade através do número RPN (risk priority number), categorias de criticalidade, níveis de risco, matrizes de criticalidade, e cálculos de probabilidade de modos de falha. Adicionalmente, o Relex FMEA suporta exportar em formatos compatíveis com LSAR. E também inclui um verificador ortográfico com um dicionário com mais de 100.000 palavras (Inglês), proteção por senha, e um poderoso gerenciador de macros VBA (Visual Basic for Applications).

O Relex FMEA leva as análises de modos e efeitos de falha a novas alturas. Seus recursos extremamente compreensíveis e sua flexibilidade sem paralelo fazem do Relex FMEA um componente necessário da sua caixa de ferramentas.

Relex RBD (Reliability Block Diagram)

Análise de Sistemas Redundantes Complexos

O Relex Reliability Block Diagram (RBD) é um avaliador completo, com diversos recursos gráficos para a análise de Diagrama de Blocos. A interface de usuário é muito intuitiva e lhe permite desenhar o seu sistema na tela. Depois de entrar os parâmetros do seu sistema, a máquina de cálculo do Relex RBD faz o resto – gerando resultados precisos rapidamente de confiabilidade e manutenibilidade. O Relex RBD calcula uma larga diversidade de medidas, incluindo confiabilidade, disponibilidade, MTBF, taxas de falha, número esperado de falhas, indisponibilidade média, total downtime, frequências, e taxas de risco. O Relex RBD também determina os caminhos críticos do seu sistema.

A Força por trás do Sistema: A Máquina de Cálculo Monte Carlo

O coração do Relex RBD é uma poderosa máquina de cálculo. Quando você analisa seu diagrama, a máquina de cálculo primeiro determina se os resultados podem ser obtidos através de uma solução analítica. Se for o caso, o Relex RBD calcula estes resultados de maneira muito rápida e eficiente. Entretanto, se seu sistema requer uma solução por simulação, o Relex RBD automaticamente utiliza a máquina de Monte Carlo para completar a análise. Esta construção inteligente garante que o Relex RBD emprega a melhor técnica para analisar cada diagrama individualmente.

A máquina de cálculo Monte Carlo é focada na performance, sendo assim as simulações são feitas de maneira muito eficiente. Primeiro, máquina de cálculo mantém a precisão computacional o tempo todo. Então, os calculos são otimizados em velocidade e performance, garantindo que os resultados estarão disponíveis quando você precisar deles. O time de matemáticos da Relex Software estão continuamente trabalhando para garantir que as ultimas técnicas de simulação de Monte Carlo estejam sendo empregadas. O RBD suporta distribuições de falha e reparo incluindo: exponencial, lognormal, normal, Rayleigh, time-independent, Weibull, e uniform. A máquina de cálculo Monte Carlo também suporta uma larga variedade de diagramas incluindo: séries simples, operações em paralelo, redundante passivos, redes em ponte (bridge networks), e qualquer tipo de configuração randômica de redes. Esta combinação poderosa significa que o Relex RBD pode lidar com as mais complexas configurações.

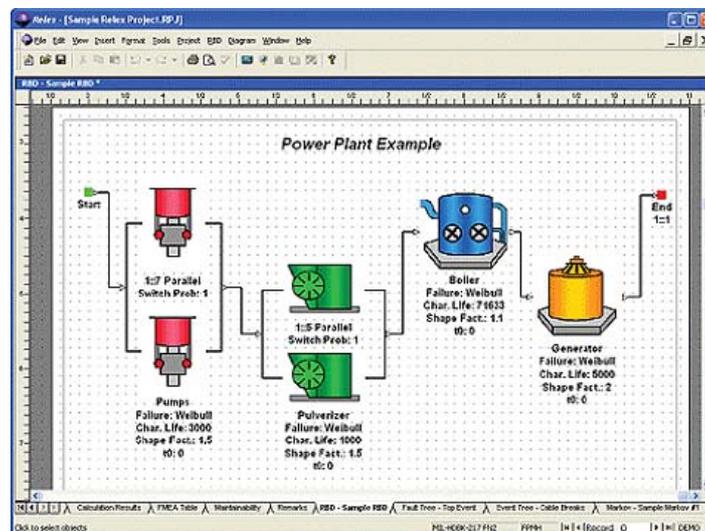
Customização é a Chave

Como em todos os módulos do Relex, flexibilidade é um componente chave do Relex RBD. Você pode customizar cada aspecto dos seus diagramas para atender as suas necessidades. A interface de usuário suporta blocos simples assim como imagens complexas de fontes externas. Fontes, Cores e especificações da interface estão em suas mãos. O Relex RBD a também lhe permite especificar cálculos de acordo com suas necessidades. Você tem controle dos parâmetros de cálculo que irão afetar os seus resultados.

Integração do RBD

O Relex RBD é totalmente integrado com outros módulos do Relex. Por exemplo, seus diagramas RBD podem ser ligados diretamente com itens do Relex Reliability Prediction. Usando este recurso, o blocos do Relex RBD são automaticamente atualizados com os dados de falha que sofreram alterações no Relex Reliability Prediction. Também, informações de reparo podem ser associadas com o Relex Maintainability Prediction. O Relex Fault Tree pode ser usado in conjunção com o Relex RBD ligando árvores de falha diretamente aos blocos RBD. Um dos pontos de integração mais poderosos é a habilidade de ligar figures do RBD co dados do Relex Weibull. Esta completa integração de produtos é unicamente encontrada no Relex, e acrescenta grande flexibilidade, agilidade e eficiência na análise do seu sistema.

O Relex RBD modela sistemas de extrema complexidade! Utilizando a fantástica máquina de cálculo Monte Carlo e uma Interface amigável.



Interface Gráfica do RBD – o Relex RBD lhe permite criar de maneira rápida e fácil modelos de sistemas.

Relex Maintainability Prediction

Ferramenta de Análises de Predição de Manutenibilidade e Cálculos de MTTR

Predições de Manutenibilidade lhe permitem analisar medidas de reparo do seu sistema ou processo. Oferecendo uma abordagem organizada para definir propriedades de reparo do seu sistema, o Relex Maintainability Prediction prove uma sólida base para geração de análises de manutenibilidade. Através da avaliação de estatísticas de reparo, você pode trabalhar para minimizar tempos de reparo, reduzindo o tempo de equipamento parado e aumentando a disponibilidade.

O Relex Maintainability Prediction lhe permite definir suas tarefas de reparo e facilmente o reuso desta informação em seus projetos. Usando estas medidas, o Relex Maintainability Prediction calcula uma série de parâmetros de manutenção incluindo MTTR (Tempo médio de reparo), tempo médio de manutenções corretivas, tempo médio de manutenções preventivas, e tempo máximo de manutenções corretivas.

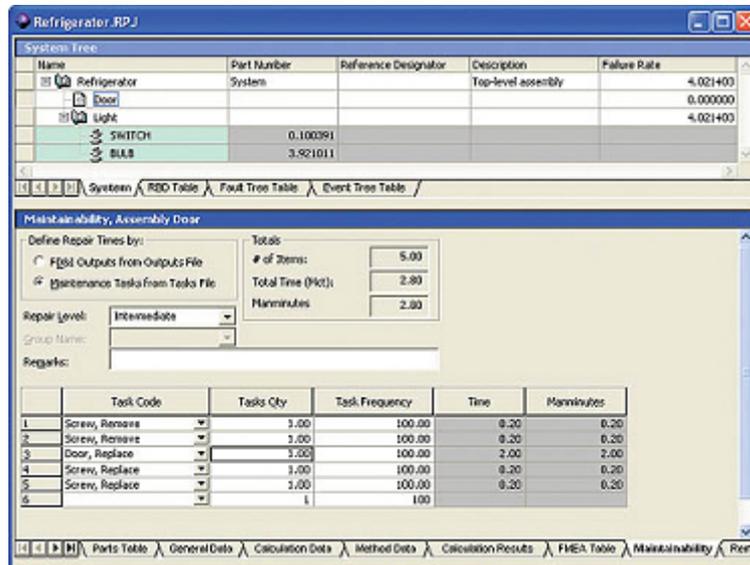
Estrutura Intuitiva para a Entrada de Dados e Cálculo de Tempos de Reparo

O Relex Maintainability Prediction está baseado no padrão mais aceito para predições de manutenibilidade - MIL-HDBK-472, Procedimentos 2, 5A, e 5B. O Relex Maintainability Prediction organiza suas análises incorporando estas metodologias em uma base fácil de usar. Você pode definir tarefas de reparo desde um nível funcional baixo até um nível funcional alto. O Relex Maintainability Prediction também suporta o conceito de saídas FD&I (Fault Detection and Isolation), então você identificar a lista de passos necessários para identificar os primeiros sinais para a detecção da falha e então quais ações para isolá-la e evitar danos maiores ao sistema. O Relex Maintainability Prediction pode avaliar parâmetros de manutenção de sistemas através de suas tarefas de reparo, características FD&I, ou uma combinação dos dois.

O Relex Maintainability Prediction inclui uma biblioteca de tarefas advinda diretamente da norma MIL-HDBK-472. Você pode adicionar tarefas nesta biblioteca ou criar suas próprias bibliotecas. Você pode também criar e definir seu próprio modelo de níveis de reparo, em adição os níveis já suportado são depot, intermediate, e organizational, para refletir melhor os processos em sua organização.

Integração Dinâmica em seus Cálculos de Manutenibilidade

O Relx Maintainability Prediction é totalmente integrado com outros módulos do Relx. O Relx Maintainability Prediction pode ser usado independentemente ou associado com os módulos, Relx Reliability Prediction e Relx FMEA para dados de taxas de falha e definições do sistema. Este nível de interatividade possibilita uma troca de dados de confiabilidade gerando grande flexibilidade e produtividade.



Informações de Manutenibilidade - o Relx Maintainability Prediction lhe permite entrar tempos de reparo ou saídas FD&I para cada item reparável.

Inúmeros Cálculos e Apresentações de Resultados

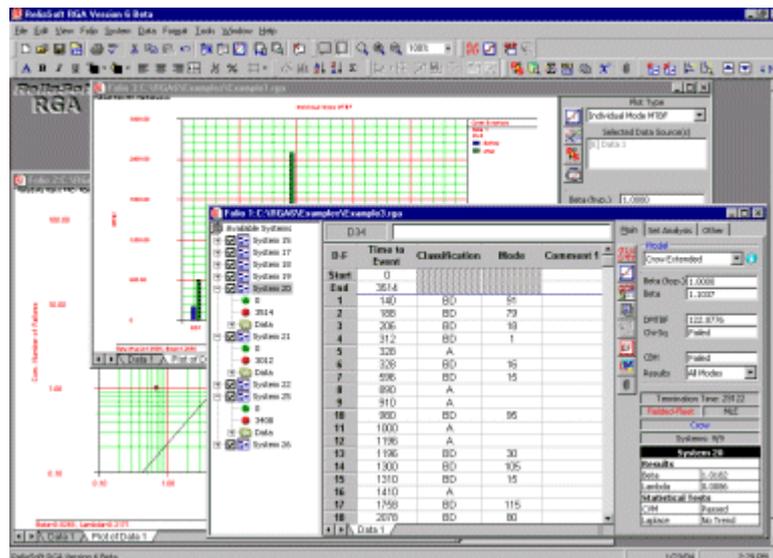
O Relx Maintainability Prediction pode efetuar vários cálculos incluindo Tempo Médio de Reparo, Percentual de Isolamento de item reparável, Homem-Horas médio por Reparo, Homem-Horas médio por hora de operação, Tempo máximo de manutenção Corretiva e muito mais. Os resultados do Relx Maintainability Prediction podem levar em conta dados de disponibilidade do Relx Reliability Prediction.

O Relx Maintainability Prediction inclui os recursos do Relx como, relatórios padrão, um poderoso customizador de relatórios, uma flexível ferramenta de exportação e importação de dados (CAD Import/Export Wizard™). Você pode exportar dados do Relx Maintainability Prediction no formato MIL-STD-1388 2B LSAR. Projetado visando a engenharia simultânea, o Relx Maintainability Prediction é uma excepcional ferramenta de análise.

8.5.2 RELIASOFT:

O **RG 6** possui incomparável capacidade de analisar dados de crescimento da confiabilidade, fazer projeções e analisar sistemas reparáveis com grande flexibilidade para entrada de dados e diversas opções de análise dependendo dos dados e do tipo de análise.

Trabalhando em conjunto com [Dr. Larry Crow](#), um dos maiores conhecedores no assunto de Análise do Crescimento da Confiabilidade e consultor em diversas indústrias e entidades governamentais. A ReliaSoft desenvolveu o **RG 6** como a próxima geração de softwares para análise de crescimento da confiabilidade e dados de campo (sistema reparáveis).



Análise de Crescimento da Confiabilidade e Resultados

Tanto o **RGA 6** quanto o **RGA 6 PRO** possui os modelos tradicionais para análise do crescimento da confiabilidade: [Crow-AMSAA \(N.H.P.P.\)](#), [Duane](#), [Standard Gompertz](#), [Lloyd Lipow](#), [Modified Gompertz](#) e [Logistic](#). Você pode utilizar esses modelos para análise do tempo até falha (contínuo), sucesso/falha (discreto) e dados de confiabilidade de uma variedade de tipos de teste de desenvolvimento (crescimento de confiabilidade). Os resultados da análise incluem:

- Intensidade de Falha;
- Número de Falhas Esperadas;
- Tempo/Estágio para alcançar um determinado MTBF.

Projeções, Planejamento e Gerenciamento do Crescimento da Confiabilidade

RGA 6 PRO possui todas as metodologias desenvolvida pelo Dr. Larry Crow para analisar diferentes tipos de estratégias de desenvolvimento que podem ser empregadas: [test-fix-test](#), [test-find-test](#) or [test-fix-find-test](#). Esta metodologia permite fazer projeções do crescimento de confiabilidade e criar estratégias para avaliar e gerenciar esse crescimento. Os resultados da análise incluem:

- MTBF Demonstrado;
- MTBF Projetado;
- Crescimento Potencial do MTBF ou Intensidade de Falha;
- Modos de Falhas Ocultos.

Análise de Dados de Campo (Sistemas Reparáveis)

RGA 6 PRO possui todas as metodologias desenvolvida pelo Dr. Larry Crow para analisar dados de campo de sistemas reparáveis, que pode ser usado para estimar o tempo ótimo de troca (*overhaul*) e outras medidas de interesse **sem grande detalhes do conjunto de dados que geralmente é necessário**.

Características Incomparáveis

O **RGA 6** possui todas as características esperadas de um software da ReliaSoft, bem como todas as características para especificar requisitos de crescimento de confiabilidade e análise de sistemas reparáveis. Possui uma interface com o usuário muito amigável e intuitiva, relatórios automáticos em Word e Excel, Ferramentas de análises customizadas (General Spreadsheet, Function Wizard), documentação completa sobre o uso do software e teoria, suporte técnico gratuito e muito mais.

8.5.3 JESS

É um engenho de regra e ambiente de scripting semelhante ao CLIPS desenvolvidos pela NASA. Jess é totalmente escrito em plataforma Java. Jess é um sistema de cadeia de produção com encadeando para frente que usa algoritmo RETE. É grátis para propósito acadêmico e pode ser carregado de <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>. Não há nenhuma necessidade para instalar Jess em sua máquina, só necessitando de uma máquina Java. Você poderia usar o ambiente via Web (applet java) ou simplesmente conectando a máquinas como via terminal remoto. Maiores informações na URL :

<http://students.cs.tamu.edu/ganeshr/cpsc625/jess/tutorial.html#1>

<http://graco.unb.br/alvares/Jess60/>
<http://graco.unb.br/alvares/Jess60/console.html> (figura 8.1)

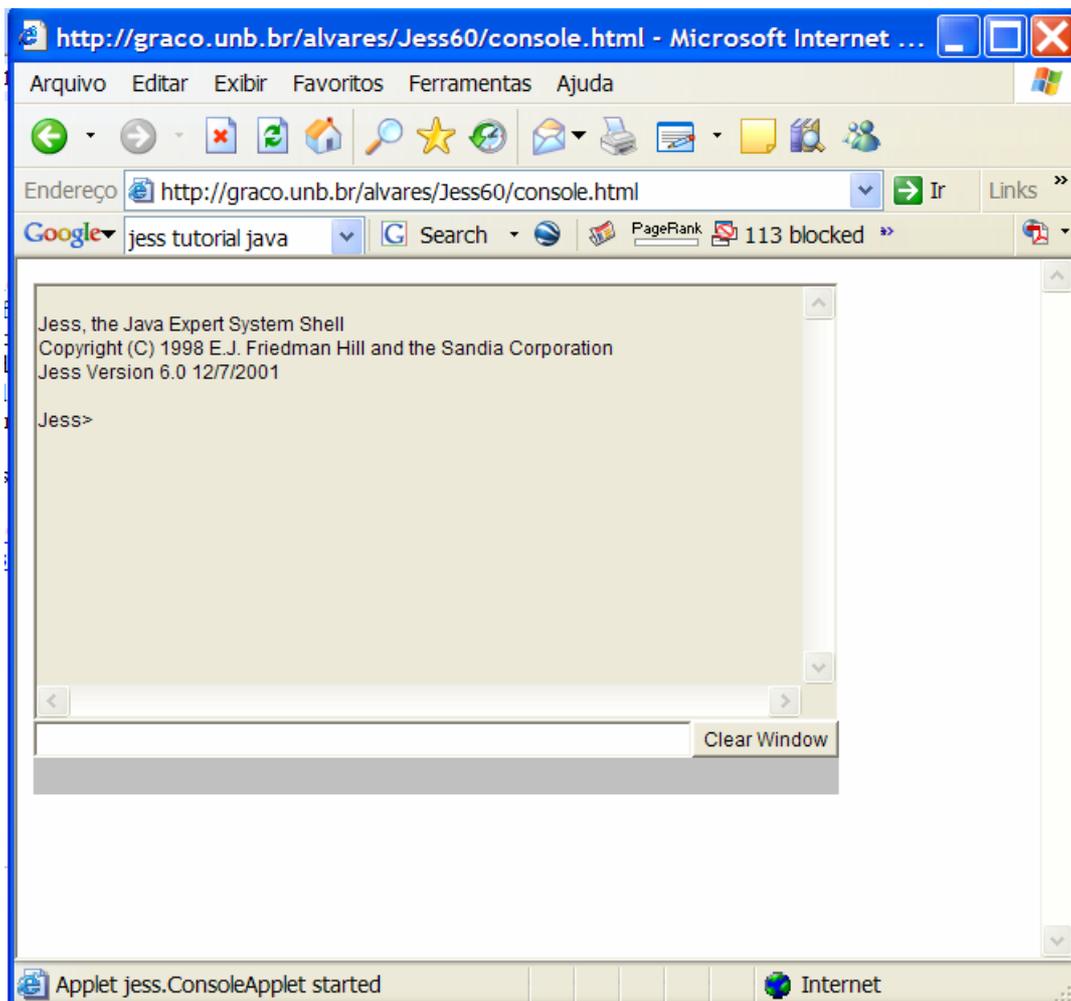


Figura 8.1 – Jess 6.0 sendo acessado via applet java.

JESS Tutorial

Author: [Ganesh Rajagopalan](mailto:ganeshr@cs.tamu.edu) (ganeshr@cs.tamu.edu)
Teaching Assistant, [CPSC-625 Artificial Intelligence](#)
Department of Computer Science
Texas A&M University
Example code: [cat.clp](#)

1.1. -----

- 1.2.
 1. [WHAT IS JESS?](#)
 2. [INVOKING JESS](#)
 3. [PROGRAMMING IN JESS](#)
 4. [IDENTIFIER AND DATATYPES](#)
 - 4.1 [ATOMS](#)
 - 4.2 [NUMBERS](#)
 - 4.3 [STRINGS](#)
 - 4.4 [LISTS](#)
 5. [VARIABLES](#)
 - 5.1 [BINDING](#)
 - 5.2 [MULTI-FIELD VARIABLES](#)
 - 5.3 [GLOBAL VARIABLES](#)
 6. [TYPE CHECKING AND CONVERSION](#)
 - 6.1 [TYPE CHECKING](#)
 - 6.2 [TYPE CASTING](#)
 7. [OPERATORS](#)
 - 7.1 [ARITHMETIC](#)
 - 7.2 [COMPARISON](#)
 - 7.3 [LOGICAL](#)
 8. [FACTS](#)
 - 8.1 [ADD FACTS](#)
 - 8.2 [REMOVE FACTS](#)
 - 8.3 [USING TEMPLATES](#)
 9. [RULES](#)
 10. [FUNCTIONS](#)
 11. [I/O OPERATIONS](#)
 - 11.1 [STANDARD I/O](#)
 - 11.2 [FILE I/O](#)
 12. [DEBUGGING](#)

1.3. 1. WHAT IS JESS?

Jess stands for Java Expert System Shell. It was developed by Ernest Friedmal-Hill at Sandia National Lab. It's a rule engine and scripting environment similar to CLIPS developed by NASA. Jess is totally written in Java platform of Sun Microsystems. Jess is a forward chaining production system that uses RETE algorithm. It's free for academic purpose and can be downloaded from <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>. There is no need for your to install Jess in your machine as it is installed already in CS UNIX machines. You could use it by simply connecting to machines like alice,dogbert and dogbert through telnet. This tutorial covers most of the things that you need to know to implement the project. But, not all the functionalities/functions in Jess are covered in this tutorial. You are recommended to read the user's manual in the above webpage also.

1.4. 2. INVOKING JESS

Jess is located in the folder `/share/jess`. For your convenience you could add this classpath in your `.rc` file.

```
> setenv CLASSPATH ./share/jess
```

To run JESS, just type

```
> java jess.Main
```

(If you already have some CLASSPATH defined in your `.rc` file, append this classpath to them, otherwise you might overwrite it)

Typing the above command, will put you in "*Jess>*" prompt. This is the shell that you are going to interact with. To exit from this shell, you should type and for any command, remember those brackets!

```
Jess> (exit)
```

```
>
```

You can use your UNIX system commands even from the Jess prompt by the following way.

```
Jess> (system pwd)
```

```
/user/ganeshr/teaching/cpsc625/jess
```

```
<External-Address:java.lang.UNIXProcess>
```

1.5. 3. PROGRAMMING IN JESS

Though you can write Java programs and use the rete engine of Jess, it is sufficient that you interact with Jess shell alone. You don't need to know Java to program in Jess. You basically need to know only the Jess scripting language. You can define facts and rules from the command prompt. Jess stores them in its internal knowledge base, but never gives you access after you clear the memory. So, type your script in a separate file and call that file from Jess prompt. You can use whatever editor you want to edit your file. If the file name is `cat.clp`, you can load it by

```
Jess> (batch cat.clp)
```

The comments/documentation can be written by preceding it with a ";" character.

```
:: Agent moves forward
```

All the facts that you give gets an id and goes into the knowledge base. The rules go to the rule base. When you run a Jess program, it runs as long as it doesn't find any rule to fire or gets a termination signal which is (halt) equivalent to `exit()/System.exit()` in other languages. In a sense, execution of a Jess program is basically firing of rules that keeps modifying the KB until the goal is reached. After you load your program using `batch` command, you should use the command `reset` to clear the working memory and load the facts into it. To run your program, use the command `run`. You can use `clear` to clear the working memory, but you should consult (`batch`) your file again after using this command.

```
Jess> (batch cat.clp) ;; loads the facts and rules into knowlege base
```

```
Jess> (reset) ;; clear the working memory loads them into working memory
```

```
Jess> (run) ;; runs the script
```

```
Jess> (clear) ;; clears Jess (after this reset or run will not work)
```

1.6. 4. IDENTIFIERS AND DATATYPES

4.1 Atoms

The atoms is the basic unit in Jess representation. It can contain letters or numbers or characters like \$, *, =, +, /, <, >, _, ?, #. The most important thing to note is that everything in Jess is CASE SENSITIVE. This might be the major source of errors when you start programming in Jess. The boolean values in Jess are TRUE and FALSE (again, they are case sensitive). The Jess equivalent of C's NULL or Java's null is *nil*.

4.2 Numbers

Jess allows floating point and integer numbers. They are like any other language that you would have programmed with.

4.3 Strings

The strings should be enclosed between double quotes. You can use the escape character if you want Jess to ignore double quotes. *str-length* can be used to find the length of a string. *str-cmp* will let you compare two strings. It returns 0 if the two strings are identical, else a negative/positive value.

```
Jess> (str-length "howdy")
5
Jess> (str-length "how\"dy")
6
Jess> (str-compare "Aggie" "Aggie")
0
```

4.4 Lists

List is a collection of one or more atoms, strings, numbers or lists between parentheses. As you can see, list is the base for the whole syntax of Jess.

```
Jess> (+ 1 2)
3
```

1.7. 5. VARIABLES

5.1 Binding

The variables should be denoted with a preceding "?". You can use *bind* to associate something to a variable.

```
Jess> (bind ?x "Howdy")
```

You don't have to declare variables before using them.

```
Jess> (bind ?x 1)
1
Jess> (= ?x 1)
TRUE
Jess> (> ?x 2)
FALSE
```

5.2 Multi-field Variables

Multi-field variables are special variables with \$ sign preceding them and they refer to a special kind of list. The following functions can be used with these variables.

```
Jess> (bind $?courses (create$ 625 629 613 606))      ;; creates a multi-field list and assign to
multi-field variable
(625 629 613 606)
Jess> $?courses
(625 629 613 606)
Jess> (first$ $?courses)                            ;; returns the first element
(625)
Jess> (rest$ $?courses)                             ;; returns rest of the elements
(629 613 606)
Jess> (complement$ $?courses (create$ 601 602 603 604 605 629 613)) ;; returns all elements
of second multi-field not in first one
(601 602 603 604 605)
Jess> (delete$ (create$ 100 101 102 103 104) 2 4)    ;; deletes between the range 2 and 4
(between 2nd and 4th element in list)
(100 104)
```

5.3 Global Variables

All local variables that you might create will be destroyed when you execute the command *reset*. You can also have global variables. The global variables will persist even after using (*reset*) (i.e. even if you assign the variable to something else, it will still remain the initial one after reset). If you want the global variable to reflect the change even after reset, use (set-reset-globals nil)

```
Jess> (defglobal ?*a* = 100)
TRUE
Jess> ?*a*
100
Jess> (bind ?*a* 50)
50
Jess> (reset)
TRUE
Jess> ?*a*
100
```

1.8. 6. TYPE CHECKING AND CONVERSION

The following functions help in type checking (to see whether the variable is an integer etc and to cast a variable to another type. The examples below would be self explanatory.

6.1 Type checking

- (eq <expression> <expression>+) ;; returns true if 1st exp is of the same type as others
- (neq <expression> <expression>+) ;; returns true if 1st exp is of the same type and value as others
- (integerp <expression>) ;; returns true if the exp is an integer
- (numberp <expression>) ;; returns true if the exp is a number

```
Jess> (bind ?x 1.4)
```

```
1.4
Jess> (eq ?x 1)
FALSE
Jess> (integerp ?x)
FALSE
```

6.2 Type casting

It's similar to Java's typecasting. Generally, the use of casting in Jess won't be that common in your code.

- (float <numeric-expression>) ;; casting to float
- (integer <numeric-expression>) ;; casting to integer

```
Jess> (bind ?x 1.4)
1.4
Jess> (= ?x 1)
FALSE
Jess> (= (integer ?x) 1)
TRUE
```

1.9.

7. OPERATORS

7.1 Arithmetic

The arithmetic operators are the same in Jess as any other standard programming language. But, you have to represent them in prefix form. If you want to say `x++` somewhere in your program, you should say

```
(bind ?x (+ ?x 1))
```

7.2 Comparison

For testing equality/inequality, you can use the operators in the same way. Remember, `=` is a comparison operator. For assignment, you should use `bind`.

```
Jess> (bind ?x 1)
1
Jess> (= ?x 1)
TRUE
Jess> (> ?x 2)
FALSE
```

7.3 Logical

There are three logical operators available in Jess. They are *and*, *or* and *not*. The following example will help you understand their usages and functionalities.

```
Jess> (bind ?x 1)
1
Jess> (and (= ?x 1) (< ?x 0))
FALSE
Jess> (or (= ?x 1) (< ?x 0))
TRUE
Jess> (not (= ?x 5))
```

TRUE

As any other programming language, Jess allows the use of if-then-else statements and while loops.

- (if <expression> then <action>+ else <action>+)
- (while <expression> do <action>+)

1.10.8 FACTS

The facts are stored in the knowledge base. You can do following things with facts.

8.1 Add Facts

You can use *assert* to add a fact to the KB. Assert is especially helpful when you want to add a fact to a KB when a rule is fired or during the execution of the program. The examples are from the example code *cat.clp*.

```
(assert (Room (x 5) (has-milk TRUE))) ;; asserts that 5th room has milk
```

However, to definite the initial condition of the world, it would be easy to use *deffacts* to assert all facts in one shot.

```
(deffacts init-room  
  (Room (x 1))  
  (Room (x 2))  
  (Room (x 3))  
  (Room (x 4))  
  (Room (x 5) (has-milk TRUE))  
)
```

8.2 Remove Facts

You can remove facts using *retract*. However, the usage of retract isn't that simple as you have to first get the fact-id of the fact the concerned fact that you want to remove from KB and then remove it.

```
....  
?room <- (Room (x 5) (has-milk TRUE)) ;; gets the fact id  
=>  
(retract ?room) ;; removes the fact
```

8.3 Using templates

You can roughly compare templates to a struct in C or Class in C++/Java. This is a very handy tool in representing different worlds. The fields inside a template are called slots. You should use *deftemplate* to define a template. The following example would be self explanatory on it's usage.

```
(deftemplate Cat  
  (slot x (type integer) (default 1))  
  (slot status (default hungry) )  
  (slot smells-milk (default FALSE))  
)
```

You can use *modify* to change the values of a slot. Look at the following example.

```
...
?cat <- (Cat(x 5))
=>
(modify ?cat (smells-milk TRUE))
```

1.11.9 RULES

Rules are responsible for taking actions based on the facts in the KB. The rules have a left-hand-side part and a right-hand-side part with the "implies" operator in between. In a sense, all rules can be compared to a if-else statement in procedural languages. In procedural languages, the statements are executed line by line and only once. But, Jess fires all the rules continuously as long as it's left-hand-side is satisfied. You should use *defrule* to define a rule. The following example defines the rule for moving the cat from current room to the next room.

```
(defrule move
  ?cat <- (Cat(x ?x) (smells-milk FALSE))
=>
  (modify ?cat (x (+ ?x 1) ))
  (printout t "Cat moves to ["?x"]." crlf)
)
```

The above rule would be fired whenever the cat doesn't smell milk. Assume, we defined the initial states using *deffunction* and I want to ask the user whether he is ok with the default values of the location of milk. Now, we might have a conflict of which of these two rules should be executed? In procedural languages, it is easy as the code is executed line by line in a timely fashion. Here, if we have two or more rules with all preconditions satisfied, you should assign some priority (referred as salience) to each rule. The salience should be assigned while you define the rule and it is just a simple integer value. So, in a conflicting scenario, a rule with higher salience would be always executed. We can add the salience value as follows.

```
(defrule move
  (declare (salience 50))
...
=>
....
)
```

1.12.10. FUNCTIONS

In the above discussions, we went through several inbuilt functions in Jess. In addition, you can also define your own function so that you don't have to dump everything inside rules. You should use *deffunction* to define a function. You can call the following function by calling (*change-default*)

```
(deffunction change-default ()
  .....
  (assert (Room (x ?x) (has-milk TRUE)))
)
```

1.13.11. I/O OPERATIONS

11.1 Standard I/O

There are two functions available for taking input from Standard input (your terminal). You can use *read* to read a single atom or string or number. You can also use *readline* to read an entire line as a string.

- (read <router-identifier>) ;; router-identifier has to be *t* for standard input - specifying *t* is optional
- (readline <router-identifier>) ;; --same--

```
Jess> (read t)
or inside the code
(if (eq (read) y) then
  (retract ?room)
  (change-default)
)
```

To write to the terminal, you can use *printout*. As we saw for read, you would specify the router-identifier which is again *t* as you are printing to the standard output (your terminal).

- (printout <router-identifier> <expression>)

```
Jess> (printout t "Howdy!" crlf)
Howdy!
```

11.2 File I/O

File I/O is easy in Jess. Use the *open* function with a <router-identifier> to open a file with read/write/append mode. Then, to read the contents of the file, you can use the *read/readline* function using the same router-identifier that you used for opening the file. Similarly, to write to a file, you can use *printout* function using the same router-identifier that you used for opening the file.

- (open <file-name> <router-identifier> [r or w or a])

The following example would clearly illustrate the usages of the above functions.

```
Jess> (open temp.txt id w)           ;; open a file temp.txt in write mode
id                                   ;; returns the router-identifier
Jess> (printout id "Howdy!!" crlf)  ;; writes the string "Howdy!!" into the file corresponding to
the router-identifier id
Jess> (open temp.txt id r)           ;; opens the file temp.txt in read mode
id
Jess> (read id)                       ;; reads the stuff from the file opened using the router-
identifier
Howdy!!
Jess> (system cat temp.txt)          ;; just double-checking - reading the contents using unix
command cat
Howdy!!
<External-Address:java.lang.UNIXProcess>
```

To take the output of your program, you can use the unix command "script <output-file>". After executing this command, do all your stuff with Jess (run your program) and then come back to % prompt and say "exit". This will write all your transactions into the output file. Please follow the following sequence and avoid using screenshots

```
> script output.txt
%java jess.Main
Jess> (run)
..
...
Jess> (exit)
%exit
>more output.txt
```

1.14.12 DEBUGGING

Debugging is a challenging task in any language. In procedural languages, printing the variables would help a lot. In Jess, you can use `printout` function to print stuffs to the terminal. But, it won't be sufficient. You will be interested in seeing which rule fires, what are the current facts in the KB? etc.

The function `(watch all)` would tell you the different states as the program executes. (equivalent to running in debug mode). Also you can use `(facts)` command that would list the functions in the knowledge base. (you should use `reset` before using `facts`). Also you can use `(rules)` command that would list the rules from the rule base. You can try the following sequence.

```
Jess> (watch all)
Jess> (batch cat.clp)
Jess> (reset)
Jess> (facts)
Jess> (rules)
```

`pretty print` is another nice utility that would print the concerned rule/function/template. The respective functions are `ppdefrule`, `ppdeffunction` and `ppdeftemplate`. The following example shows the usage of `ppdeftemplate`.

```
Jess> (ppdeftemplate Cat)
(deftemplate Cat extends __fact ""
(slot x (default 1) (type 4))
(slot status (default hungry))
(slot smells-milk (default FALSE)))
```

Since, Jess has been developed in Java, it would throw an exception when something goes wrong. Read the exception message carefully as it will give an idea of the problem and the line number corresponding to that.

9. FMEA UGH DE BALBINA (PRODUTO ETAPA 2 ANO 1)

10. MONTAGEM PLANTA DIDÁTICA III FIELDBUS DA SMAR (PRODUTO ETAPA 4 ANO 2)

Com a compra da planta didática III da Smar, que foi entregue na UnB/Graco em 16/05/2006, antecipamos as atividades associadas ao Ano2 Número/Etapa 4 Montagem Planta Didática Smar para treinamento e desenvolvimento. A planta instalada no Graco pode ser vista on-line através da URL (figura 10.1): <http://serpens.enm.unb.br/serpens-java-video.html>.

Está previsto a realização do treinamento Smar em Junho. A data prevista é 19-23 de junho, aguardando confirmação da Eletronorte e Smar, onde teremos a participação de quatro técnicos da Eletronorte. Assim antecipamos a geração deste produto, adiando a sua entrega em sete meses. A sua disponibilização no momento atual é muito importante para o desenvolvimento de várias atividades do projeto.



SMAR Comercial Ltda - Filial Uberlândia
Praça Cicero Macedo, nº 03 - Centro - CEP: 38.400-216
Fone: (34) 3231-2011 / Fax: (34) 3231-2092
Web: www.smar.com.br / E-mail: smar.uberlandia@smar.com.br

smar

Proposta U-50484-C



Figura 10.1 – Planta Didática Smar montada no Graco e detalhes da planta.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

AUGUST, J. **Applied reliability-centered maintenance**. USA: PennWell, 1999.

AUPIED, J.; SANCHIS, G.; GIRARD, A. Experience feedback and implementation of the RCM method in EDF substations. **Doble Company**, [S.I.], ref.62PAIC97, Testing & Maintenance, sec 1-4.1.1997.

AZEVEDO, C. A. Otimização da manutenção pela confiabilidade na indústria europeia. In: II Seminário Brasileiro de Confiabilidade na Manutenção, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Engenharia, 1998. p.44-51.

BARROSO, A. C. O.; GOMES, E. B. P. Tentando entender a gestão do conhecimento. **Revista de Administração Pública**, São Paulo, v.33, n.2, p.147-170, mar./abr. 1999.

BRANCO FILHO, G. RCM -manutenção centrada em confiabilidade. In: VI Curso de gerência de manutenção, set. 2000. **Notas de Aula**. Rio de Janeiro. Impresso. 43p.

BRANCO FILHO, G. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1996.

BRAUER, D. C.; BRAUER, G. D. Reliability-Centered Maintenance. **IEEE Transactions on Reliability**, [S.I.], v.36, n.1, p.17-24, abril. 1987.

CASTRO, D. A. Confiabilidade, mitos e realidades. In: 12º Congresso Brasileiro de Manutenção. 1997, São Paulo. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1997. CD-ROM.

CHAVEZ, L. M. C. G.; MEDEIROS, F. E. de. Engenharia de manutenção: fator de mudança. In: 13º Congresso Brasileiro de Manutenção. 1998, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1998. CD-ROM.

COTNAREANU, T. Equipment FMEA - old tools new uses: a tool for preventive maintenance. **Revista Quality Progress**, [S.I.], v. 32, n.12, p.48-52, dez. 1999.

DIAS, A.; SANTOS, C. M. P. dos. O desenvolvimento tecnológico e a gestão da manutenção. In: XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM/UNICAMP. **Anais...** Aguas de Lindóia, SP. Nov. 1999. CD-ROM.

ELETROBRÁS. **Plano decenal de expansão: 2000/2009**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000.

FLEMING, P. V.; OLIVEIRA, L. F. S. de; FRANÇA, S. R. Aplicações de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em instalações da Petrobrás. In: V Encontro Técnico sobre Engenharia de Confiabilidade e Análise de Risco. 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Petrobrás, 1997.

FERREIRA, A. A. **Gestão empresarial de Taylor aos nossos dias: evolução e tendências da moderna administração de empresas**. São Paulo: Pioneira, 2000.

GRUPO COORDENADOR DE OPERAÇÃO INTERLIGADA/SUBCOMITÊ DE MANUTENÇÃO (GCOI/SCM). **Manual do usuário do sistema estatístico de manutenção**. Rio de Janeiro, 1998.

HELMAN, H.; ANDEREY, P. R. .P. **Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

ITAIPU BINACIONAL. **Sistema de operação e manutenção (SOM) - manual de descrição geral do SOM: manual G01**. Foz do Iguaçu - PR, 1998. 38p.

ITAIPU BINACIONAL. **Sistema de operação e manutenção (SOM) codificação de equipamentos e estruturas: manual G04**. Foz do Iguaçu PR, 1998. 468p.

ITAIPU BINACIONAL. Sistema de operação e manutenção (SOM): **inspeção e controle: manual M01**. Foz do Iguaçu - PR, 1998. 750 volumes.

ITAIPU BINACIONAL. **Principais características técnicas**. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2001.

MATA FILHO, J. N. *et al.* Manutenção Baseada em Confiabilidade e Controle de Custos de manutenção: um time de sucesso na Indústria Aeronáutica. In: 13º Congresso Brasileiro de Manutenção. 1998, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRAMAN,1998. CD-ROM.

MOBLEY, K.; CASTRO, D. de. Análise da dinâmica operacional. **Revista Manutenção** - ABRAMAN, Rio de Janeiro, n.71, p.17-19, mar./abr. 1999.

MONCHY, F. **A função manutenção**. São Paulo: EBRAS/DURBAN, 1989.

MOORE, R.; RATH, R. Combining TPM and RCM–SMRP: case study. Disponível em: <http://www.smrp.org/VI/case_study/rcm_index.html>.

MOSS, M. A. Designing for minimal maintenance expense: the practical application of reliability. New York: Marcel Dekker Inc., 1985.

MOUBRAY, J. RCM II: manutenção centrada em confiabilidade. Grã Bretanha: Biddles Ltd., Guilford and King's Lynn, 2000. Edição Brasileira.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance. São Paulo: IM & C - Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NEIVA, F. A. A importância da manutenção no novo setor elétrico brasileiro. Revista Manutenção - ABRAMAN, Rio de Janeiro, n.73, p.4-6, jul./ago. 1999.

NEPOMUCENO L. X. Técnicas de manutenção preditiva. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

NETHERTON, D. Um novo padrão SAE para RCM–SMRP: case study. Disponível em: <<http://www.sqlbrasil.com.br/SQL-RCM2-Casos.html>>.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. Reliability centered maintenance. National Technical Information Service, USA, Report n.AD/A066-579, 1978.

NUNES, E.L.; Souza, J.R.R. de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) – Ênfase para Falhas Ocultas. In: XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE. 2001, Campinas – SP. Anais... Rio de Janeiro: SNPTEE, 2001. CD-ROM.

OLIVEIRA, L. F. S.; DINIZ, F. L. B. Apostila do curso manutenção centrada em confiabilidade – DNV Principia, Foz do Iguaçu, abr. 2001. 102p. Notas de aula. Impresso.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Operação do sistema interligado nacional: dados relevantes de 1999. Rio de Janeiro: ONS, 2000.

PALADY, P. FMEA – Análise dos modos de falhas e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. São Paulo: IMAN, 1997.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Quality Mark, 1998.

POSSAMAI, O.; Nunes, E. L. Falhas Ocultas e a Manutenção Centrada em Confiabilidade. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. 2001, Salvador – BA. Anais... Porto Alegre: ABEPRO, 2001. CDROM.

POSSAMAI, O.; Nunes, E. L.; Moreira E. A Prevenção de Falhas e as Macrofunções de um Método de Manutenção. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. 2001, Salvador – BA. Anais... Porto Alegre: ABEPRO, 2001. CD-ROM.

SARMENTO, I. J. D. Estratégia e resultados da implantação da "Manutenção Baseada em Confiabilidade" na Geração da CEMIG. I Seminário Nacional de Manutenção no Setor Elétrico. 2001, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABRAMAN. 2001. CD-ROM.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, INC.(SAE). JA1011: evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes. USA: SAE, 1999.

SLACK, N. et al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1997.

SMITH, A. M. Reliability-centered maintenance. California-USA: McGraw-Hill, 1992.

SOUZA, M. S. de; MÁRQUEZ, D. C. Estimativa de Ganhos com a Implantação da MBC na Copel. In: II Seminário Brasileiro de Confiabilidade na Manutenção. 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: Instituto de Engenharia, 1998. p.63-75.

VENTURA FILHO, A. A opção hidrelétrica no Brasil: aspectos ambientais, tecnológicos e econômicos. In: 17º Congresso do Conselho Mundial de Energia. 1998, Houston- USA. Anais... London: World Energy Council, 1998. division 1, book 1, v. 2. p.317- 331.

VIZZONI, E. Manutenção centrada em confiabilidade: avaliação de sua aplicabilidade e adaptação a subestações de energia elétrica. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

AAMODT, Agnar. Knowledge Acquisition and Learning by Experience. The Role of Case - Specific Knowledge. 1994. [on line]. Disponível < <http://www.ifi.ntnu.no/~agnar/eng.html> >.

ABEL, Mara. Sistemas de Conhecimento . [on line]. Disponível < <http://www.marabel.inf.ufrg.br/Publico/Disciplinas/inf1039.htm> > .

ABRAMAN. Documento Nacional – Situação da Manutenção no Brasil no Ano de 2001. [on line] . Disponível na Internet < <http://www.abraman.org.br> >.

AIES 1999. AAAI Spring Symposium on AI in Equipment Maintenance Service and Support . [on line]. Disponível < <http://best.me.berkeley.edu/~goebel/ss99/aies.html> >

ALADON. Disponível na Internet < <http://www.aladon.co.uk> >

ALTWEGG , J. et al . Aplicação de Sistemas Eletrônicos de Monitoramento do Estado e do Comando de Disjuntores de Alta Tensão. XIV SNTPEE: GMA/019, 1997, Belém, PA.

ALVARENGA, Rogério. Disciplina: fundamentos de inteligência artificial. [on line]

Disponível: < <http://www.mestradoinfo.ucb.br/prof/rogerio/fia/fundia.htm>

AKKERMANS, J. M., GUSTAVSSON, R. and YGGE, F.. An Integrated Structured Analysis Approach to Intelligent Agent Communication. Proceedings IFIP World Computer Congress. London.1998.

ANGELE, J. , FENSEL, D. and STUDER, R. . Developing Knowledge –Based Systems with MIKE. Journal of Automated Software Engineering, 1998.

ANGELONI, Maria Terezinha. Organizações do Conhecimento – Infraestruturas, Pessoas e Tecnologias. São Paulo: Saraiva, 2002.

ARCHON . Architecture for Cooperative Heterogeneous ON-line Systems . [on line]. Disponível < http://www.elec.qmw.ac.uk/daí/projects/archon/test_1.html > .

ARL. Applied Research Laboratory at the Pennsylvania State University. [on line]. Disponível < <http://www.art.psu.edu/areas/soa/conditionmaint.html> > .

AUGUST, Jim. Applied Reliability-Centered Maintenance. Tulsa, Oklahoma: Penn Well, 1999.

AZEVEDO, Celso de. Tendências da Manutenção Industrial no Mundo. Manutenção - revista da ABRAMAN nº 82 -jul/ago 2001.

BARRETO, Jorge M. Redes Neurais Artificiais. Apostila do Curso de Redes Neurais, UFSC – Pós – Graduação, 1998.

BASSO, Walter Antonio e PEREIRA, Luiz Texeira do. Introdução à Engenharia. 6ª edição. Florianópolis: UFSC, 2000.

BELCHIOR, Carlos R. P. e BAPTISTA, Luiz A. R. Manutenção Preditiva de Motores Diesel por Monitoração de Tendências de Parâmetros Operacionais. ABRAMAN – 10º Congresso Brasileiro de Manutenção: p.219-233, 1995, Rio de Janeiro, RJ.

BENJAMINS, V. Richard. Problem Solving Methods for Diagnosis. Ph.D. thesis, University of Amsterdam, 1993.

BENJAMINS, V. Richard et al. Knowledge Engineering: Principles and Methods. Revista: Data & Knowledge Engineering, nº25, 1998, p.161-197.

BILLINTON , Roy . Power System Reliability Evaluation. New York: Gordon and Breach, Science Publishers, 1970.

- BITTENCOURT, Guilherme. Inteligência Artificial. Florianópolis: UFSC , 1998.
- BOMAN, Paul. GSU (Generator Step Up Transformer) Monitoring and Diagnostics: The Achilles Heel of the Power Plant ? [on line]. Disponível na Internet < http://www.electricpowerexpo.com/archive/ep2000/track_6.asp >.
- BOOCH , G. et al. The Unified Modelling Language User Guide . Reading , MA : Addison Wesley , 1998 .
- BOTELHO, Edmilson José A. Inteligência Artificial na Manutenção. ABRAMAN -6º Congresso Brasileiro de Manutenção: p.08-26, 1991, Rio de Janeiro, RJ .
- BRAVO, Ron. Condition-Based Maintenance at Southern California Edison. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/OnAnalysis/ao-com.htm> >.
- BRAZIER, Francis M. T. et al . Modelling an Elevator Design Task in DESIRE: The VT Example. International Journal of Human-Computer Studies, 44(3/4), p.469-520, 1996.
- BRAZIER , Francis M. T. e WIJNGAARDS , Nick J.E. . A Purpose Driven Methods for the Comparison of Modelling Frameworks . 1998. [on line] . Disponível na internet < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW98/brazier1/> > .
- BREUKER, J. A. et al. Model Driven Knowledge Acquisition: Interpretation Models. ESPRIT Project P1098 Deliverable D1, University of Amsterdam AND STL Ltd, 1987.
- BREUKER, J. A. and VAN de VELDE, W. The CommonKADS Library for Expertise Modelling. Amsterdam: IOS Press, 1994.
- BROOKS, Rodney A. MIT Artificial Intelligence Laboratory – Research Abstracts. [on line]. Disponível na Internet < [http:// www.ai.mit.edu](http://www.ai.mit.edu) >.
- CAMARGO, C. Celso de Brasil. Confiabilidade Aplicada a Sistemas de Potência Elétrica. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.S. A., 1981.
- CASTELLS, Manuel. A Sociedade em Rede. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- CASTRO, David Aguiá de. Implementando e Praticando Confiabilidade na Manutenção. ABRAMAN – 12º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT023, São Paulo, SP, 1997.
- CATALYST. Use of CommonKADS Methodology in Knowledge Based system Development. [on line]. Disponível na Internet: < <http://www.esi.es/esse/reports/ati/10327> >
- CAVICHIOLO, Nelson Roberto e PASQUA, Maurício Coragem. Gestão da Manutenção em Sistema de Transmissão de Energia: Uma Experiência de Sucesso. XVI SNPTEE: GMI / 015, 2001 – Campinas, SP.
- CEPAL. América Latina e o Caribe na transição para a sociedade do conhecimento. Reunião Regional de Tecnologia da Informação para o Desenvolvimento. Florianópolis, jun/2000, p.11-

12.

CHANDRASEKARAN, B. Generic Tasks in Knowledge – based Reasoning: High-level Building Blocks for Expert System Design. 1986. [on line]. Disponível < <http://www.cis.ohio-cis.edu/~chandra> >.

CHANDRASEKARAN, B. Ontology of Tasks and Methods. 1998. [on line]. Disponível <<http://www.cis.ohio-state.edu/~chandra/>>.

CHARQUEADAS. Usina Termelétrica de Charqueadas – Grandes Motores – Revisão das Fichas de Manutenção Preventiva Periódica. Relatório Preliminar . Eletrosul /Dem /Demt, dezembro, 1995.

CIGRÉ–CE39. An International Survey of Maintenance Policies and Trends . [on line]. Disponível na Internet <<http://www.itaipu.gov.br/cigre-ce39/documentos> >.

CLANCEY , W. J. Heuristic Classification. Artificial Intelligence, Amsterdam, v27, n.3, 1985, p.289-350.

CML2 – Conceptual Modelling Language. [on line]. Disponível na internet < <http://web.swi.psy.uva.nl/projects/kad22/cml2doc.htm> >.

CommonKADS. Engineering and Management Knowledge. [on line]. Disponível < <http://www.commonkads.uva.nl/homepagedef.html> >.

COSTA, J. Antonio. Registro Digital de Sinais: Uma Ferramenta de TPM. ABRAMAN - 14º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT062, 1999, Foz do Iguaçu, PR.

COUTINHO, L. Henrique de S. A. et al. A Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro – Uma Análise Prospectiva. XVI SNPTEE: GAE/012, 2001, Campinas, SP.

DEMH. Disponibilidade do Parque de Hidrogeradores (Manutenção x Disponibilidade). Relatório ELETROSUL/DEM, jan/1996, p.09-10.

DOUGLAS, John. The Maintenance Revolution. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.epri.com> >.

DRUCKER, Peter. Sociedade Pós-Capitalista. 7ª edição. São Paulo:Pioneira, 1999.

DUNN, Sandy. Implementing a Computerized Maintenance Management System. [on line] Disponível na Internet < <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/Mainten.../implementingACMMS.ht> >.

DUNN, Sandy. Maintenance Terminology – Some Key Terms. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary> >.

DUNN , Sandy . Reinventing The Maintenance Process – Towards Zero Downtime. [on line].
Disponível na Internet
<<http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/MaintenanceMana.../Reinventing.ht> > .

DURKIN , John . Expert System – Design and Development . Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall , 1994 .

EDF. Power Generation – Optimizing your Maintenance. [on line]. Disponível na Internet < http://www.edf.fr/gb/production/production_8.htm > .

EFNMS. Future Competence Challenges Related to Maintenance and Asset Management .[online]. Disponível na Internet : < <http://www.ini.hr/efnms/publicatios/assetmanagement.html> >.

ELETROSUL. A Função Manutenção na ELETROSUL – Situação Atual e Perspectivas. Relatório Secom/Funmanu.doc, 1995 , p.04.

EMBRACO – Inteligência Competitiva e Gestão do Conhecimento. [on line]. Disponível na internet < <http://www.embraco.com.br> >.

ENDRENYI, J. Tree State Models in Power Systems Reliability Evaluations. IEEE Transactions on PAS, july-agost, 1971, p.1909-1916.

EPRI. Electricity Technology Roadmap. [\[on line\]. Disponível na Internet <http://www.epri.com>](http://www.epri.com).

EPRI. Capturing Undocumented Knowledge of Industry Personnel. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.epri.com/journal/details.asp?doctype=features&id=389> >.

EPS – O Curso: o que se estuda. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.eps.ufsc.br/labs/grad/curso/oqueseestuda.htm> >.

ESPRIT – European Commission’s Information Technology Research Programme. [on line] Disponível na internet < <http://www.cordis.lu/esprit/home.html> >.

FALBO, Ricardo de A. et al. A Systematic Approach for Building Ontologies. In Proceedings of the 6th. Ibero-American Conference on AI on Progress in Artificial Intelligence (IBERAMIA–98), volume 1484 of LNAI, p.349-360. Spring, October, 1998.

FILHO, Gil Branco. Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade. Segunda edição. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2000.

FIKES, Richard. Knowledge Sharing Technology Project. [on line] Disponível na internet < <http://www.ksl.stanford.edu/kst/kst-overview.html> >.

FIKES, Richard. et al. Tools for Assembling Modular Ontologies in Ontolanguage. Technical Report KSL-97-03, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, CA, USA, April, 1997.

FLEMING, Paulo V. e FRANÇA, Sandro, R.R. de Oliveira. Considerações Sobre a

Implementação Conjunta de TPM e MCC na Indústria de Processos. ABRAMAN – 12º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT044, 1997, São Paulo, SP.

FONSECA, J. R. Dias. Manutenção Preventiva e Preditiva de Equipamentos de Alta Tensão. ABRAMAN – 14º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT009, 1999, Foz do Iguaçu, PR.

FONSECA, N. Luiz Alberto et al . Manutenção Baseada em Confiabilidade – Aexperiência Aeronáutica a Serviço da Indústria em Geral . ABRAMAN – 10º Congresso Brasileiro de Manutenção : p.27-44 , 1995 , Rio de Janeiro , RJ .

GERAERDS, W. M. J. Towards a Theory of Maintenance. London: English University Press, On the Organization of Logistic Support Systems, 1972, p.197-219.

GERAGHETY, Tony. Obtendo Efetividade do Custo de Manutenção Através da Integração das Técnicas de Monitoramento de Condição, RCM e TPM. [on line]. Disponível na Internet < http://www.sqlbrasil.com.br/sql-RCM2-ttec_integracaombrcmtpm.html >.

GIACOMET, Luiz Francisco. Um Método para Determinação Qualitativa de Sobressalentes para Hidrogeradores. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC.

GIARRATANO, J. e RILEY, Gary. Expert Systems – Principles and Programming. Second Edition. Boston, MT: PWS Publishing Company, 1994.

GITS, C.W. Design of Maintenance Concepts. International Journal of Production Economics nº24, 1992, p.217-226.

GOLDBECK, Larry. Dust Control for Belt Conveyors. [on line]. Disponível na Internet < http://www.electricpowerexpo.com/archive/ep2000/track_6.asp >.

GOMES, João Luiz Oliveira et al. Controle Sistêmico da Qualidade da Manutenção em Equipamentos do Setor Elétrico. XVI SNPTEE: GMI/007, 2001 – Campinas, SP.

GRUBER, Tom. Ontolingua: A Mechanism to Support Portable Ontologies. Stanford: Knowledge System Laboratory, Stanford University, 1992. Technical Report.

GRUBER, Tom. What an Ontology? [on line]. Disponível na Internet < <http://ksl-web.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html> >.

HEIJST, G. Van et al. Using Explicit Ontologies in KBS Development. [on line]. Disponível em < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/IJHCS/VH/> >.

HINCHCLIFFE , Glenn R. Global Conditioned Based Maintenance (CBM) Program at Ontario Hydro. [on line]. Disponível na Internet < http://www.electricpowerexpo.com/archive/ep2000/track_6.asp >.

HIYAMA, Takashi e TOMSOVIC, Kevin. Current Status of Fuzzy System Applications in Power Systems. [on line]. Disponível < <http://tomsovic.ees.wsu.edu/Vitae/Publications/HIYA99.pdf> >.

HOOG , R. et al . The CommonKADS Organization Model Content , Usage and Computer

Support. Expert Systems with Applications, 11(1), p.29-40, 1996.

IBROW. An Intelligent Brokering Service Knowledge-Component Reuse the World Wide Web. [on line]. Disponível < <http://www.swi.psy.nl/projects/ibrow3/home.ibrow.html> >.

IEEE. IEEE Reliability Society – Reliability Engineering. [on line]. Disponível na Internet < http://www.ewh.ieee.org/soc/rs/Reliability_Engineering/index.html >.

IEEE AIS-02. IEEE International Conference Artificial Intelligence Systems. [on line]. Disponível < <http://www.dbai.tuwien.ac.at/marchives/fuzzy-mail/1254.html> >.

ISAP 1999. The International Conference on Intelligent System Application to Power System. [on line]. Disponível: < <http://www.dbai.tuwein.ac.at/marchives/fuzzy-mail98/0747.html> > .

IST. IST Overview . [on line]. Disponível na Internet < <http://www.cordis.lu/ist/overv-1.htm> >.

JIPM . Japan Institute of Plant Maintenance and TPM. [on line] . Disponível na Internet <<http://www.jipm.or.jp/en/home/> >.

JÚNIOR, J. Hamilton Brito. A Toyotização nas Equipes de Manutenção da Subestação de Curitiba. XIV SNPTEE: GMA/009, 1997, Belém, PA.

KADS . The KADS Approach to Knowledge Engineering . Editorial Special Issue. [on line]. Disponível na internet: < <http://www.swi.psy.uva.nl/usr/Schreiber/papers/Schreiber92a.html> >.

KADS-II. CommonKADS and the KADS-II Project . [on line]. Disponível em < <http://www.sics.se/ktm/projects/kads.html> >.

KENNEDY, Ross. Examining the Process of RCM and TPM. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.plant-maintenance.com/articles/RCMvTPM.shtml> >.

KIRBY , Kenneth E. There is Gold in Those Reliability and Maintenance Practices. [on line]. Disponível na Internet < http://www.smrp.org/vl/news_winter00-01.html >.

KOBACCY, Khairy A. H. et al. Towards An Intelligent Maintenance Optimization System. Journal of the Operational Research Society, 1995 – n.46, p.831-853.

KOL – Knowledge on line. Nosso Negócio. [on line]. Disponível na internet: < <http://www.kolnet.com.br> >.

LACERDA, Juarez Marques de e JÚNIOR, Pyramo Pires da Costa. A Informatização Integrada da Manutenção. Seus Desdobramentos e os Sistemas Especialistas. ABRAMAN -12º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT064 , 1997, São Paulo, SP.

LAMY, Sergio Luiz. Relatório Especial Prévio. XVI SNPTEE: GMI/REP, 2001 – Campinas, SP.

LAUDON, Kenneth e LAUDON, Jane Price. Sistemas de Informação com Internet. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1999.

LIN ,C. E. et al . An Expert System for Generator Maintenance Sheduling Using Index . IEEE Transactions on Power Systems, Vol.7, August 1992, p.1141-1148.

LINSTER , M. Sisyphus 91/92 : Models of problem solving . International Journal of Human Computer Studies . 40 (3) .1994

MARCUS , S. Automating Knowledge Aquisition for Experts Systems . Boston : Kluwer Academic Publisher, 1988.

MARTINO, M.B. e FILHO, F. de Assis. Diagnóstico de Transformadores Utilizando Redes Neurais. XIII SNTPEE: GEM/012, 1995, Balneário Camboriú, SC.

MASSIE, Paul. Predicitive Program vs. Reliability Program at the John E. Amos Plant . [on line]. Disponível na Internet < http://www.electricpowerexpo.com/archive/ep2000/track_6.asp >.

McCALL, J.J. Maintenance Policies for Stochastically Failing Equipment: A Survey. Manage. Sci n° 11, 1965, p.493-524.

McDERMOTT, J. Preliminary steps toward a taxonomy of problem-solving methods. In S. Marcus, editor, Automating Knowledge Acquisition for Expert Systems, p.225-256.

MEDSKER, Larry R. Hybrid Intelligent Systems. Norwell, USA: Kluwer Academic Publishers, 1995, p.298.

MENESES, Eudenia Xavier. Desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento Abertos utilizando CommonKADS. [on line]. Disponível < <http://www.ine.usp.br/reudenia/ia/semi1.html> >.

MEYER, Marilyn et al. Nosso Futuro e o Computador. terceira edição, Porto Alegre: Bookman, 2000.

MIL-P-24534 – “Planned Maintenance System: Development of Maintenance Requirement Cards, Maintenance Index Pages, and Associated Documentation” (U.S. Naval Sea Systems Command).

MIL-STD 2173 (AS) – “Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment “ (U.S. Naval Air Systems Command).

MIL-STD-1629 A – “Military Standard Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis” (Department of Defense). [on line]. Disponível na Internet < <http://jcs.mil/htdocs/teinfo/software/ms18.html> >.

MONKS, Joseph G. Administração da Produção . São Paulo : MacGraw Hill , 1989 , p.466.

MOROZOWSKI F°, M. e SILVA, E.L. Programação da Manutenção de Unidades Geradoras em Sistemas em Sistemas Multiárea com Base em Métodos Probabilísticos. XIII SNTPEE: Aspectos Técnicos e Gerenciais da Manutenção (GMA), 1995 – Camboriú, SC.

MOUBRAY, John. Novos Desenvolvimentos em Manutenção Centrada em Confiabilidade . Workshop – 11° Congresso Ibero Americano de Manutenção. Florianópolis , 2001, p.1-2

MOUBRAY, John. RCM II – Reliability – centered Maintenance. second edition, New York: Industrial Press Inc, 1997 .

MSG-3 – “ Maintenance Program Development Document,“ – Air Transport Association. Washington DC, Revision 2, 1993.

MUSEN, M. A . et al. Use of a Domain Model to Drive an Interactive Knowledge Editing Tool .In Boose , J. H.& Gaines, B. R. editors, Knowledge – Based Systems , Volume 2: Knowledge Acquisition Tools for Experts Systems, p. 257-273, London. Academics Press, 1998.

MUSSI JUNIOR, Nelson Haz. Implantação da MBC na COPEL – XIVSNPTEE – Aspectos Técnicos e Gerencias da Manutenção (GMA), 1997, Belém, PA.

MyQ. Software de Manutenção : Comprar ou Desenvolver ? . Revista : Nova Manutenção y Qualidade, Rio de Janeiro, ano 7 – nº 28 – 2000 – issn1413-4659.

MyQ. Software de Manutenção. Revista: Nova Manutenção y Qualidade, Rio de Janeiro , ano 5
– nº 26 – 1999 – issn 1413-4659.

NASA TM 4628 A – “ Recommended Techniques for Effective Maintainability “ (NASA Systems and Equipment). [on line]. Disponível na Internet <<http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/mtecpage/mtechniq.htm> >.

NAVAIR 00-25-403 – “Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Process” (U.S. Naval Air System Command).

NETHERTON, Dana. Failure Mode: Issues Surrounding Its Definition. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.athoscorp.com> >.

NONAKA, I. e TAKEUCHI, H. Criação de Conhecimento na Empresa. 2ª edição São Paulo: Campus, 1997.

NOWLAN, F. Stanley e HEAP, Howard F. Reliability-Centered Maintenance. Department of Defense, Washington, D.C. 1978. Report Number AD-AO66579.

OLSSON, Olle. CommonKADS and The KADS-II Project. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.sics.se/ktm/projects/kads.html> >.

PAIVA, Antonio C. F. de. Processo de Implantação da Manutenção Autônoma na UHE Samuel. ABRAMAN - 14º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT051, 1999, Foz do Iguaçu, PR.

PARRILA, F.B. et al. Manutenção – Gestão Compartilhada com a Produção uma Experiência de Sucesso na Votorantim Celulose e Papel. ABRAMAN – Congresso Brasileiro de Manutenção: TT113, 2001, Florianópolis, SC.

PIERSKALLA , W. P. e VOLKER, J. A. A Survey of Maintenance Models: The Control and Surveillance of Deteriorating Systems. Naval Research Logistic Quartely nº 23, 1976, p.352-

388.

PINTO, A. de Miranda. Modelo de Reestruturação da Função Manutenção de Telecomunicações da Celpe – Uma Adaptação Visando Novos Tempos Empresariais. ABRAMAN – 13º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT071, 1998, Salvador, BA.

POST, W. et al. Organizational Modeling in CommonKADS. The Emergency Medical Service. IEEE Intelligent Systems 12 (6), p.46-52, 1997.

PRAX, Jean Yves. Manager la connaissance dans l'entreprise: les nouvelles technologies au service de l'ingenierie de la connaissance. Paris: INESP, 1997.

PROTEGÉ – II. The Protégé Project. [on line]. Disponível < <http://smi-web.stanford.edu/projects/protege/> >.

PUERTA, A . R. et al. A Multiple Method Knowledge Acquisition Shell for the Automatic Generation of Knowledge Acquisition Tool. Knowledge Acquisition, 4 (2): 171-196, june 1992.

REIS, Dyr e PATI, N. Applications of Artificial Intelligence to Condition-Based Maintenance. RAE – Revista de Administração de Empresas, abr/jun 2000 – São Paulo, v.40, nº2, p.102-107.

RIBEIRO, G. M. et al. Utilização de Sistema Especialista no Restabelecimento Inteligente de Subestações. ELARC 95 – VI Encontro Regional Latino-Americano da CIGRÉ: CE 39, 1995, Foz do Iguaçu, PR.

RINGLEE, ROBERT J. et al. Power System Reliability Calculations. Massachusetts: M.I.T. Press, 1973.

RUNKEL, J. R., BIRMINGHAM, W.P. and BALKANY, A . Solving VT by Reuse. International Journal of Human Computer Studies, 44 (¾), p.403-434, 1996.

SAE-JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers: issued AUG 1999.

SAE-JA1012. A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. Society of Automotive Engineers: issued JAN 2002.

SANFORD, Walter e CARY, J. B. RCM Simplificada. Revista da ABRAMAN nº70: jan/fev, 1999.

SANTOS, Anderson Rodrigues dos. Construção de uma base de Conhecimento para projeto de Redes de Telecomunicações utilizando KADS. 1999. Proposta de Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Minas gerais, UFMG. [on line]. Disponível na Internet: < <http://www.dcc.ufmg.br/pos/html/spgg/anais/anderson/anderson.html> >

SCHREIBER , G., WIELINGA , B., AKKERMANS, H., VELDE, W.V. de and ANJEWIERDEN, A. CML: The CommonKADS Conceptual Modeling Language. Proceedings of 8th. European Knowledge Acquisition Workshop (EKAW'94), September

1994. [on line]. Disponível na internet < <http://web.swi.psy.uva.nl/projects/kads22/cml2doc.html> >.

SCHREIBER , G. e WIELINGA , B. . Knowledge Model Construction . 1998 . [on line]. Disponível < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW98/schreiber/> >.

SCHREIBER , Guus . Pragmatics of the Knowledge Level . 1992 . Tese de Doutorado submetida a University of Amsterdam , Department of Social Science Informatics .[on line]. Disponível < <http://www.swi.psy.uva.nl/usr/Schreiber92c.html> >.

SILVA, Josenildo Costa da. Aquisição de Conhecimento e Manutenção para uma Sociedade de Agentes Tutores Artificiais. 1999. Dissertação (Mestrado em Informática). Program de Pósgraduação em Informática da Universidade Federal da Paraíba. UFPB. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.dsc.ufpb.br/rcopin/pessoas/alunos/htms/josenildocostadasilva.htm> >.

Siqueira, Iony Patriota, Manutenção Centrada na Confiabilidade, 2005, Ed. QualityMark.

SQL/ALADON. Casos Clássicos de Acidentes. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.sqlbrasil.com.br> > .

SQL Systems. Curso de Formação em RCM2 – Reliability-Centered Maintenance. São Paulo, SP, junho de 2000.

SMITH, Anthony M. Reliability-Centered Maintenance. McGraw-Hill, 1993. Printed in United States of America.

SMRP. SMRP Library. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.smrp.org/vl/> >.

SNPTEE. 16º Seminário Nacional de Produção e transmissão de Energia Elétrica. [on line]. Disponível em < <http://www.canaldaenergia.com.br/agenda.htm> >.

SOUZA, Márcio Soares de e JÚNIOR, Nelson Haj Mussi. Implantação da MBC na Copel. XIV SNPTEE: GMA/18, 1997 – Belém, PA.

SPEEL, Piet-Hein, Aben Manfred. Applying a Library of Problem Solving Methods on a real-life task. [on line]. Disponível na internet: < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/kaw/kaw96/speel.html> >.

STEELS, L. Components of Expertise. AI Magazine, v.11, n°2, p.28-49, 1990.

STEFIK, M. Introduction to Knowledge Systems. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1993.

SWARTOUT, B. e GIL, Y. EXPECT: Explicit representations for flexible acquisition. In Proceedings of the Ninth Knowledge Acquisition for Knowledge Based Systems Workshop (KAW'95), Banff, Canadá, 1995.

TAVARES , Lourival A . e FILHO, Aristides A. Silva. A Manutenção Como Uma Atividade Corporativa. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.abraman.org.br/publicações> >.

TAVARES, Lourival Augusto. Excelência na Manutenção – Estratégias, Otimização e Gerenciamento. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda, 1996, p.36.

TERRA, José Cláudio Cyrineu; GORDON, Cindy. Portais Corporativos – A revolução na gestão do Conhecimento. São Paulo:Negócio Editora, 2002.

TIBÚRCIO, Júlio Cesar e SANTOS, C.C. Diagnóstico e Caracterização da Condição Operacional de Sistemas Elétricos de Potência. XIII SNPTEE: GOP/058, 1995, Balneário de Camboriú, SC.

TOKADA, Antônio Carlos e TIBA, H. Hachiro. Experiência da Cesp no Monitoramento de Vibração. XIV SNPTEE: GMA/017, 1997, Belém, PA.

TOMSOVIC, K. e AMAR, A. On Refining Equipment Condition Monitoring Using Fuzzy Sets and Artificial Neural Nets. ISAP`94 – Intelligent System Application to Power Systems: p.363-370, 1994, Montpellier, France.

U.F.M.G. – Universidade Federal de Minas Gerais. Engenharia de Produção. [on line] . Disponível na Internet < <http://www.dep.ufmg.br> >.

U.F.R.G.S. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul . Engenharia de Produção . (on line) Disponível na Internet < <http://www.producao.ufrgs.br/webgrad/default.htm> >.

U.M.R.E. - University of Maryland . What is Reliability?. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.enre.umd.edu/rel.htm> >.

VITAL . VITAL Workbench . [on line] . Disponível < <http://kmi.open.ac.uk/people/domingue/vital/vital.html> >.

VIZZONI, Edson et al. Projeto Piloto de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) – Subestação de Adrianópolis – Setor de 500 kV. ABRAMAN - 14º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT048, 1999, Foz do Iguaçu, PR.

WAERN A . et al. The CommonKADS Communication Model. ESPRIT Project P5248 Deliverable KADS-II/M3/SICS/TR/003, Swedish Institute of Computer Science, Stockholm, 1993.

WIELINGA, B. e SCHREIBER, G. Conceptual Modeling on Large Reusable Knowledge Bases. In: Von LUCK, K. , MARBURGER , H. Management and Processing of Complex Data Structures. Berlin: Springer-Verlag, 1994, p.181-200.

WIELINGA, B. et al. Knowledge Engineering and Management-The CommonKADS Methodology. Cambridge, MT: The MIT Press, 2000.

WYREBSKI, J. Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC.