



## **DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ESTUDO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Helton do Nascimento Alves** – helton@ifma.edu.br

Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Departamento de Eletroeletrônica,  
Av. Getulio Vargas, 4 Monte Castelo, 65030-005 – São Luis – Ma

**Hugo Alves Velozo** – hugo\_liszt@hotmail.com

Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Curso de Engenharia Elétrica,  
Av. Getulio Vargas, 4 Monte Castelo, 65030-005 – São Luis – Ma

***Resumo:** Este artigo apresenta o projeto e desenvolvimento de um software para estudo e implementação da manutenção centrada na confiabilidade em sistemas de distribuição de energia elétrica. O software foi desenvolvido para fins didáticos em um ambiente amigável em linguagem de programação visual Delphi. São apresentados os conceitos da manutenção centrada na confiabilidade e o passo a passo do software desenvolvido. O uso dessa ferramenta como recurso didático tem se mostrado promissor dentro de sala de aula no curso de engenharia elétrica do IFMA.*

***Palavras-chave:** Manutenção Centrada em Confiabilidade, Rede de distribuição, software didático.*

### **1. INTRODUÇÃO**

No passado, as rotinas de manutenção consistiam principalmente de atividade pré-definidas programadas em intervalos regulares. Contudo, tal política de manutenção geralmente não era muito efetiva devido ao alto custo da periodicidade, e por não estender o tempo de vida tanto quanto se desejava. O atual mercado competitivo exige que toda organização industrial maximize o processo de produção de seus bens e garanta confiabilidade e estabilidade do fornecimento de produtos para seus clientes. Dessa forma, as perdas econômicas devidas a falhas no processo de produção são reduzidas. Uma das formas de aumentar a produtividade é evitar falhas no processo industrial através da manutenção adequada dos equipamentos e estruturas envolvidas. O aumento do lucro no processo produtivo é garantido através de um bom planejamento, implementação e gestão dos recursos que são responsáveis pela redução de incidência de falhas, aumento da produtividade, aumento da confiabilidade e diminuição das interrupções no processo produtivo. Nos últimos anos, dentro do setor elétrico, muitas concessionárias trocaram a programação fixa do intervalo de manutenção para programas mais flexíveis baseados em uma análise de necessidades e prioridades, ou através da análise das informações do sistema/componente coletadas através de medições contínuas ou periódicas dos seus principais parâmetros. Esse tipo de metodologia, denominada de manutenção preditiva, pode incluir um grupo de técnicas que podem comparar diversas políticas de manutenção e escolher a que produz o melhor custo/benefício. Em especial, as técnicas advindas do grupo de programas de manutenção denominado de manutenção centrada na confiabilidade (MCC) dá um enfoque específico na confiabilidade do sistema. Programas baseados no MCC têm sido

instalados em indústrias e concessionárias de eletricidade o que representa um passo importante na direção de potencializar a disponibilidade do sistema. Contudo, a sua aplicação requer uma mudança de paradigma em todos os setores envolvidos na manutenção de um sistema, além de requerer conhecimento especialista e uma grande quantidade de informações para apoiar as decisões a serem tomadas. O uso da informática para gerenciar essa grande quantidade de informações e até mesmo armazenar o conhecimento especialista através de heurísticas se torna imprescindível. Um software desenvolvido para aplicação do MCC em um sistema precisa ser fácil de manipular e autoexplicativo para não só gerenciar adequadamente os dados coletados, mas também facilitar a inserção da equipe de manutenção nessa nova filosofia de trabalho. Com base nesses novos paradigmas, o engenheiro recém-formado ao adentrar no mercado de trabalho precisa entender como funcionam os processos e as técnicas de manutenção. No entanto, mesmo com toda a atual importância da área de manutenção, o processo de ensino deste conteúdo na engenharia elétrica ainda é pouco explorado. Algumas dificuldades teóricas e a escassez de recursos didáticos dificultam o processo de ensino desta área de conhecimento fundamental para o engenheiro.

O presente artigo tem como objetivo a apresentação de um software que implementa a metodologia da técnica MCC como recurso didático para formar uma base teórica sobre esta técnica de manutenção e facilitar a compreensão dos alunos da sua implementação no sistema de distribuição de energia elétrica.

## **2. MCC APLICADO EM SISTEMAS ELÉTRICOS**

Na década de noventa, com a política de privatização das concessionárias estatais de energia elétrica, ocorreu uma desverticalização no setor elétrico, separando empresarialmente as atividades de geração, transmissão e distribuição (ROSA et al., 1998). A partir de então, os sistemas de distribuição de energia elétrica (SDEE), antes ofuscados pelos sistemas de transmissão, passaram a ter um papel fundamental, pois foram os setores de maior abertura à iniciativa privada. Além disso, neles foram introduzidas regulamentações que deram uma nova visão ao consumidor e à própria concessionária, da qual se exigiu novos padrões de qualidade e continuidade no fornecimento de energia (ALDABÓ, 2001). Diante dessas exigências, tornou-se indispensável o uso de ferramentas de apoio à operação e a manutenção do sistema, capazes de reduzir em número e duração as interrupções não programadas na distribuição de energia, aumentando, dessa forma, sua confiabilidade. Especificamente em relação à manutenção, as empresas do setor de energia elétrica tem buscado aprimorar as suas políticas de manutenção para alcançar resultados positivos de desempenho do seu sistema que garantam ao mesmo tempo confiabilidade e custos competitivos. Nesse cenário, a manutenção passa a ser uma função estratégica das empresas, aproveitando-se da legislação proposta pelo agente regulador, o qual estabelece uma franquia de tempo mediante a qual se podem executar as manutenções sem ser penalizado. Uma das práticas que vem sendo adotada por essas empresas é a metodologia da MCC. Segundo ENDRENYI *et al.* (2001) em um estudo feito entre 1995 e 1999 foi verificado o seguinte panorama do uso de MCC nos sistemas elétricos:



- Este procedimento não era geralmente aplicado fora dos Estados Unidos, contudo uma grande quantidade de concessionárias já considerava a sua introdução na política de manutenção;
- Essas concessionárias esperavam alcançar os seguintes benefícios com o MCC: maior disponibilidade do equipamento, menor custo com a manutenção, escolha eficiente das estratégias de manutenção e o melhor uso da mão de obra.

Nos últimos anos, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos na aplicação de MCC nos sistemas elétricos no Brasil (ALKAIM, 2003; LOPES *et al.*, 2009; ZAIONS, 2003), mostrando assim a sua aplicabilidade e adaptação às peculiaridades tanto nacionais, como regionais das concessionárias brasileiras.

### 3. SOFTWARE DESENVOLVIDO BASEADO EM MCC

A *Reliability Centered Maintenance* ou, em português, Manutenção Centrada em Confiabilidade é uma estratégia sistemática para reduzir os custos de manutenção e aumentar a confiabilidade do sistema (SMITH, 1993; RAUSAND, 1998). O objetivo dessa abordagem é atingido na otimização ou remoção de ações que não são de necessidade fundamental para a confiabilidade da operação do sistema, dessa forma a um direcionamento das ações de forma mais objetiva e efetiva. A MCC é caracterizada pelas etapas mostradas na Figura 1.



Figura 1 – Etapas que caracterizam a construção da MCC.

A primeira etapa identifica os componentes do sistema e as funções, o que corresponde ao levantamento e análise de dados para identificar elementos críticos do sistema. A segunda etapa analisa o impacto das possíveis ações para determinar quais serão adotadas. O último passo corresponde à programação das manutenções determinadas com base nos passos anteriores.

A modelagem do impacto das ações de manutenções programadas sobre a confiabilidade dos elementos, em conjunto com a modelagem dos processos de deterioração dos mesmos, fazem a ligação entre a manutenção e a confiabilidade, inexistente nas abordagens tradicionais de manutenção (ENDRENYI *et al.*, 2001). Essa abordagem possibilita tratar o planejamento da manutenção como um problema de otimização. A abordagem da MCC é caracterizada pela execução de uma sequência de procedimentos que são mostrados na Figura 2 e detalhados na seção a seguir.



Figura 2 – Procedimentos executados no desenvolvimento da MCC.

### 3.1 Seleção do sistema de coleta de informações

Segundo SMITH (1993) quando o planejamento da manutenção preventiva é elaborado do ponto de vista da função, o nível mais eficiente e significativo recomendado para a análise da MCC é o sistema. Tal consideração baseia-se em dois fatores:

I. Itens físicos apresentam várias funções que se tornam visíveis para o analista somente quando observando o sistema e não o item isoladamente;

II. Comparações dos modos de falha no nível de sistema tornam-se mais perceptíveis, pois podem apresentar centenas de modos de falhas, ao passo que os itens físicos apresentam geralmente até oito modos de falha. Esse segundo fator é importante na análise, pois pode-se comparar mais modos de falhas e priorizar aqueles mais efetivos.

Assim, os recursos financeiros estarão voltados aos modos de falha mais importantes. Além disso, a análise de toda a planta industrial pode se tornar inviável ao analista, devido ao grande número de funções a serem analisadas simultaneamente. Em SMITH (1993) é sugerido que a escolha do sistema para aplicação de MCC deve basear-se em:

- I. Sistemas com elevado volume de tarefas ou elevados custos de manutenção preventiva;
- II. Sistemas que sofreram um grande número de intervenções corretivas durante os dois últimos anos;
- III. Sistemas com elevado custo de intervenções de manutenção corretiva;
- IV. Sistemas com elevada contribuição nas paradas parciais ou totais da produção ao longo dos últimos dois anos;

#### V. Sistemas que apresentam risco à segurança humana e ambiental.

Dessa forma, nesta etapa procura-se identificar o sistema ou o processo que será analisado. Como um sistema é composto de um agrupamento de itens físicos é necessário descrevê-los de uma forma hierárquica como mostrado na Figura 3. O sistema a ser analisado poderá não conter todos esses itens. Cada sistema pode ter vários subsistemas, cada subsistema pode ter vários equipamentos e cada equipamento pode ser composto de vários componentes.

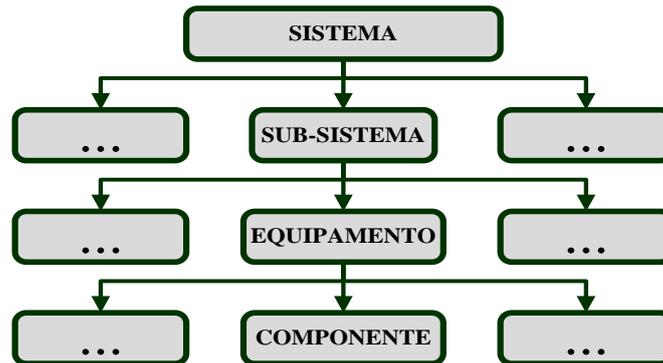


Figura 3 – Hierarquização dos itens físicos que compõem um sistema.

No software desenvolvido, a primeira aba do menu principal disponibiliza para o usuário o cadastro de sistemas, subsistemas, equipamentos e componentes. Como cada alimentador de uma rede de distribuição é um potencial candidato a ser um sistema e devido a sua grande quantidade, naturalmente haverá subsistemas, equipamentos e/ou componentes repetidos em cada sistema. Para facilitar a coleta desses dados, cada um desses elementos possui seu próprio cadastro, compostos de um código, nome e possíveis observações. Dessa forma, tem-se um fácil acesso a esses dados (através do código) durante o processo do MCC, evitando a redigitação da mesma informação pelo usuário. A Figura 4 mostra um exemplo do cadastro de sistemas.

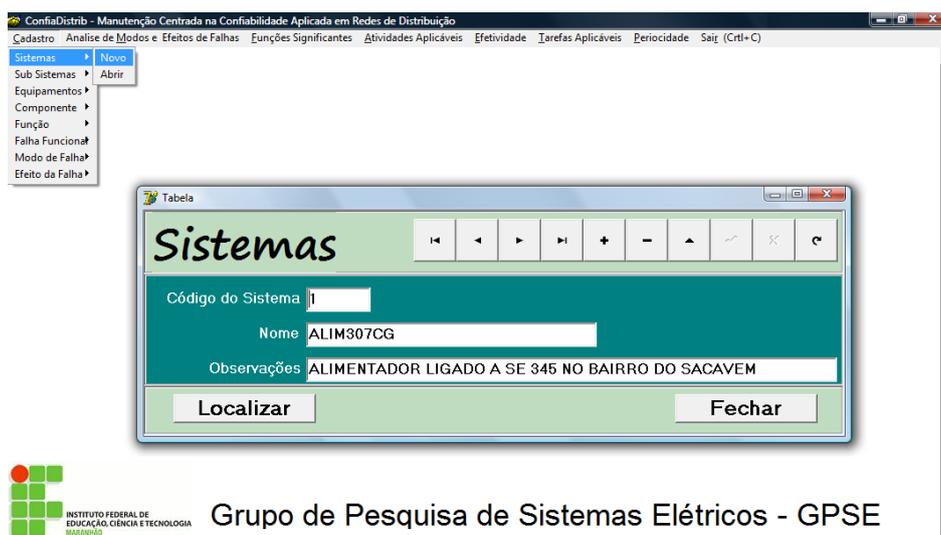


Figura 4 – Tela do cadastro dos dados utilizados no MCC.

Durante a análise de modos e efeitos de falhas (módulo que será visto logo a seguir) é necessário definir funções, falhas funcionais, modo de falha e efeito das falhas para os

itens físicos do sistema. Como essas informações também poderão se repetir em vários sistemas, o software disponibiliza cadastros específicos para cada uma delas.

### 3.2 Análise de modos e efeitos de falha

A análise de Modos e Efeitos de Falhas (*Failure Mode and Effects Analysis - FMEA*) é reconhecida como uma das ferramentas mais empregadas na engenharia de confiabilidade, devido, principalmente, à sua praticidade e aplicação quantitativa (SMITH, 1993). Ela pode ser definida como um método de análise de projetos (de produtos ou processos, industriais ou administrativos) usado para identificar todos os possíveis modos potenciais de falhas e determinar o efeito de cada um sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo. Esse método é útil para documentar de forma organizada os modos e os efeitos de falhas de componentes, investigando o componente a fim de levantar todos os elementos, incluindo as ações inadequadas do ser humano, que possam interromper ou degradar o seu funcionamento ou do sistema ao qual o componente pertença.

Há no mínimo três fontes de informações, nas quais o analista poderá recorrer para determinar os modos de falha do item físico (ZAIONS, 2003):

- I. Histórico dos equipamentos;
- II. Experiência obtida de engenheiros, técnicos, e do pessoal de projeto e manuseio do equipamento;
- III. Literatura especializada com informações sobre os modos de falhas.

As informações obtidas com aplicação do FMEA são armazenadas geralmente através de planilhas para documentação dos modos de falha associados a cada falha funcional, suas causas e seus efeitos. A segunda aba do software proposto contém todos os dados típicos de uma planilha da FMEA. Os dados do sistema, subsistema, equipamento, função do subsistema, modo de falha, causa da falha, efeitos da falha e consequências da falha são recuperados dos seus respectivos cadastros através do seu código. Os campos Severidade, Ocorrência, Detecção e Grau de Risco são geralmente definidos na literatura especializada como índices que variam de 1 a 10. No software proposto são utilizados os índices mostrados em LAFRAIA (2001). A Figura 5 mostra a tela da FMEA.

### 3.3 Funções significantes

Dependendo do sistema, uma falha pode gerar consequências insignificantes, ou pode comprometer o seu funcionamento, o ambiente ou a segurança dos seres humanos. As consequências são analisadas na MCC pelos impactos dos efeitos dos modos de falha na operação do sistema, no meio ambiente, na segurança física e na economia do processo. Essa análise é feita através de processos lógicos e como resultado se define as funções significantes do sistema. O conceito de função significante é utilizado na MCC para selecionar as funções cujas falhas serão submetidas às etapas subsequentes do processo decisório do método, para escolha da atividade de manutenção. De acordo com a MCC, uma função será significante se uma falha funcional vier a provocar efeito adverso no sistema, com consequência sobre a segurança e meio ambiente e/ou operação e economia:

Note que a avaliação da significância da função é realizada pelos impactos da falha funcional e não por sua importância ou dimensão, isoladamente. O nível de gravidade do impacto suficiente para tornar a função significativa é definido baseado nas escalas de severidade e/ou riscos aceitáveis definidas na etapa da FMEA (Figura 5). Na janela FUNÇÃO SIGNIFICANTE do software proposto, o usuário terá que caracterizar a perda da função respondendo quatro perguntas básicas de acordo com a Figura 6.



Figura 5 – Tela da Análise de Modos e Efeitos de Falha.



Figura 6 – Diagrama lógico para caracterização da função.

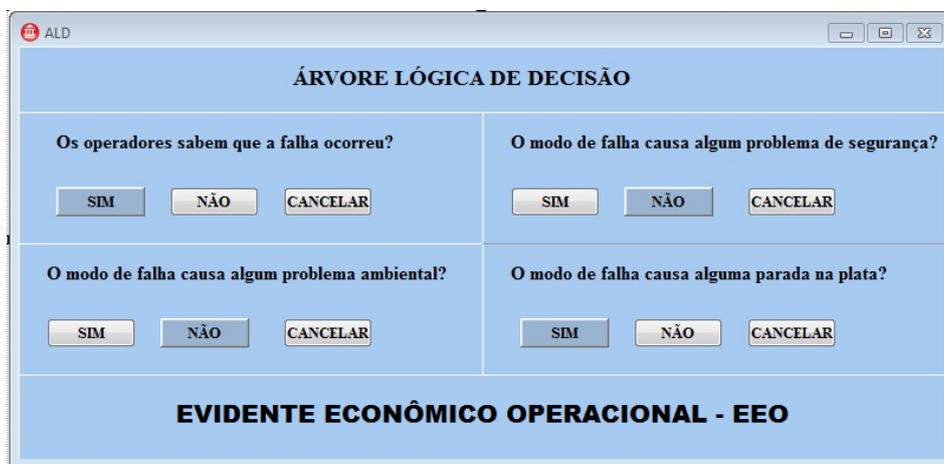
### 3.4 Atividades aplicáveis

Para que uma atividade de manutenção seja aplicável a um modo de falha, ela deve assegurar um conjunto de requisitos de natureza técnica e de ordem prática, tais como: prevenir modos de falha; reduzir a taxa de deterioração; detectar a evolução das falhas; descobrir falhas ocultas; suprir necessidades e consumíveis do processo e reparar o item

após a falha. As ferramentas básicas para o desenvolvimento dessa etapa são a árvore lógica de decisão e o diagrama de decisão para seleção das tarefas de manutenção. O objetivo da análise da Árvore Lógica de Decisão (ALD) é avaliar a visibilidade e consequência do modo de falha, classificando em uma das seguintes categorias: ESA (Segurança/Ambiental Evidente), OSA (Segurança/Ambiental Oculta), EEO (Operacional/Econômico Evidente) e OEO (Operacional/Econômico Oculta). Questões básicas devem ser respondidas para cada modo de falha (Figuras 7 e 8).



Figura 7 – Árvore Lógica de Decisão.



ALD

**ÁRVORE LÓGICA DE DECISÃO**

Os operadores sabem que a falha ocorreu?	O modo de falha causa algum problema de segurança?
<input type="button" value="SIM"/> <input type="button" value="NÃO"/> <input type="button" value="CANCELAR"/>	<input type="button" value="SIM"/> <input type="button" value="NÃO"/> <input type="button" value="CANCELAR"/>
O modo de falha causa algum problema ambiental?	O modo de falha causa alguma parada na planta?
<input type="button" value="SIM"/> <input type="button" value="NÃO"/> <input type="button" value="CANCELAR"/>	<input type="button" value="SIM"/> <input type="button" value="NÃO"/> <input type="button" value="CANCELAR"/>

**EVIDENTE ECONÔMICO OPERACIONAL - EEO**

Figura 8 – Tela da Árvore Lógica de Decisão.

O Diagrama de Decisão para Seleção das Tarefas de Manutenção consiste na seleção das tarefas de manutenção aplicáveis ao ativo físico. Na etapa de seleção das tarefas de manutenção preventiva, o objetivo é listar todas as tarefas de manutenção aplicáveis ao ativo e que irão fornecer um retorno financeiro frente aos recursos investidos e, então, selecionar as tarefas mais efetivas. Caso nenhuma tarefa seja selecionada, deve-se optar pela decisão de “reparo funcional”. Entretanto, essa opção não se aplica aos modos de falha associados à segurança. Nesse caso, a tarefa de “modificações de projeto” deve ser a opção principal.

O diagrama de decisão para seleção de tarefas (Figura 9) é utilizado para especificar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas. O diagrama apresenta várias

perguntas que, se adequadamente respondidas, especifica uma das seguintes tarefas de manutenção: serviço operacional, inspeção preditiva, restauração preventiva, substituição preventiva, inspeção funcional, manutenção combinada, modificações do projeto e reparo funcional.

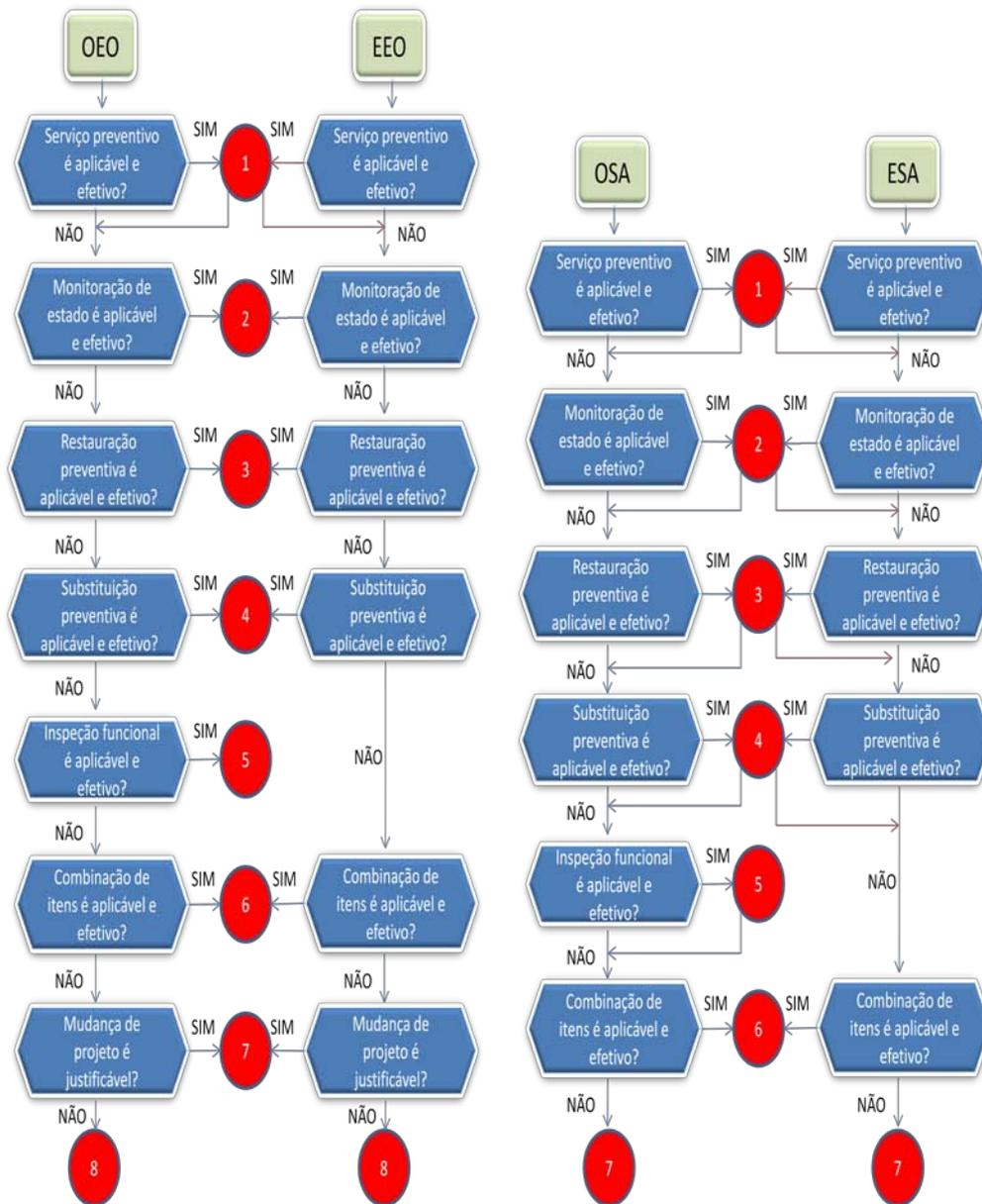


Figura 9 – Diagrama de decisão para seleção de tarefas.

### 3.5 Periodicidade da manutenção

A última etapa da MCC consiste na definição da frequência com que as atividades aplicáveis e efetivas definidas no passo anterior devem ser executadas para cada modo de falha do sistema. Em condições ideais, a definição resulta da otimização dos resultados que o gestor deseja sujeito às restrições de segurança, ambientais e de viabilidade física. A definição da periodicidade é baseada em métodos estatísticos que dependem da disponibilidade de informações históricas do sistema. Os modelos

estatísticos mais usuais utilizados na definição da frequência de manutenção são os seguintes: exploração de idade, diagrama de influência, árvore de eventos, teoria dos jogos, teoria bayesiana, processos markovianos e decisões multicritérios. Desses métodos foi escolhido para aplicação no software desenvolvido o mais simples que é o da exploração de idade. Esta decisão foi tomada considerando que todos os outros métodos realizam estimativas baseadas em observações históricas ou distribuições de probabilidades dos eventos estudados, ou seja, precisa de um conhecimento prévio detalhado do comportamento do item físico ao longo do tempo, o que geralmente as concessionárias de energia não possuem de forma sintetizada, mas sim de uma forma pulverizada em vários bancos de dados utilizados para outros estudos de engenharia. É claro que com a implantação sistemática do MCC nas concessionárias essa realidade irá mudar e técnicas mais robustas de estimação poderão ser utilizadas para definir a periodicidade da manutenção.

A exploração de idade considera inicialmente total ausência de informações sobre o mecanismo da falha, dessa forma a função de densidade de probabilidade de falha de uma população de itens é desconhecida. O método consiste em inicialmente escolher um determinado intervalo de manutenção, geralmente baseado no conhecimento especialista, e após a primeira manutenção utilizando esse intervalo, analisam-se os defeitos encontrados e os níveis de degradação. Se a análise verificar baixos índices de defeitos ou níveis de degradação, aumenta-se o intervalo de manutenção (geralmente de 10%) para a próxima intervenção. O processo é repetido com os itens subsequentes até que em um determinado intervalo constata-se um nível de degradação suficiente para justificar a manutenção. Esse intervalo será adotado como periodicidade recomendada para a população. A figura 10 mostra a tela de entrada para definição da periodicidade de manutenção.



Figura 10 – Definição da periodicidade da manutenção utilizando a exploração de idade.

#### 4. PROJETO PEDAGÓGICO DO SOFTWARE EDUCACIONAL

O ensino dos fundamentos teóricos acima trabalhados apresenta uma grande dificuldade tendo em vista a falta de experiência dos alunos com o ambiente de manutenção na indústria e as dificuldades do próprio assunto. No intuito de facilitar a iteração do aluno com o software e torná-lo mais eficiente no processo educativo buscou-se alinhar a sua arquitetura, funcionamento e layout com alguns princípios



pedagógicos. Considerou-se as finalidades educacionais do computador mostradas em VALENTE (1999) como recurso para simulação de situações comuns no ambiente de trabalho e ferramenta para resolução de problemas.

A simulação possibilita que o usuário formule hipótese e aprimore os conceitos referente ao sistema dinâmico analisado. Este processo de interação com o conhecimento possibilita ao aluno de engenharia um maior conhecimento sobre a técnica da MCC aplicada ao sistema de distribuição de energia elétrica. O objetivo do software desenvolvido é de complementar as informações teóricas que o aluno tem por meio da simulação em um processo industrial.

O uso do computador como ferramenta para resolução de problemas é bem caracterizado na implementação da MCC devido a necessidade de se tratar com uma grande quantidade de dados proveniente do sistema de distribuição de energia elétrica, além de se ter hierarquicamente estruturado através de um ambiente amigável todos os conceitos pertinentes ao MCC. É importante ressaltar o software aqui desenvolvido deve ser acompanhado de um projeto pedagógico para a disciplina que aborda o assunto de MCC. Segundo VALENTE (1999) a dinâmica pedagógica de uso do software em sala de aula é fundamental para o processo de ensino e aprendizagem.

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um software para aplicação da manutenção centrada na confiabilidade em sistemas de distribuição de energia elétrica. Utilizou-se uma interface amigável para facilitar a implementação e assimilação dos conceitos da MCC dentro de sala de aula. O software apresentado possibilitou aos alunos uma visão mais ampla dos conceitos estudados. Dessa forma, foi possível validar os assuntos teóricos abordados em sala, de modo análogo ao que aconteceria em um sistema real de distribuição de energia elétrica. Essa experiência propiciou aos alunos o aperfeiçoamento de seu desempenho e a diminuição da lacuna entre a teoria e prática que geralmente é encontrada nos cursos de engenharia. O software condensa a MCC em sete passos, que representam as sete abas do menu principal, tornando a implementação em um modo sequencial e lógico. Foram descritas as principais etapas e características da MCC e sua utilização no software proposto. O software se mostrou robusto e fácil de usar. Esses resultados nos remetem à continuação da pesquisa onde será inserido o software no ambiente de uma concessionária local para verificar a sua potencialidade bem como realizar todos os ajustes necessários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDABÓ, R. Qualidade na Energia Elétrica. São Paulo: Ed. Art-Liber, 1. ed., 2001.
- ROSA, L. P.; TOLMASQUIM, M. T.; PIR ES, J. C. L. "A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo: uma visão crítica." Rio de Janeiro: Ed. Relume Dumará, 2. ed., 1998.
- ALKAIM, J. L. Metodologia para Incorporar Conhecimento Intensivo às Tarefas de Manutenção Centrada na Confiabilidade Aplicada em Ativos de Sistemas Elétricos. Tese de Doutorado em engenharia de produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, UFSC, maio de 2003.



ENDRENYI, J., ABORESHEID, S., ALLAN, R. N., ANDERS, G. J., ASGARPOOR, S., BILLINTON, R., CHOWDHURY, N., DIALYNAS, E. N., FIPPER, M., FLETCHER, R. H., GRIGG, C., MCCALLEY, J., MELIOPOULOS, S., MIELNIK, T. C., NITU, P., RAU, N., REPPEN, N. D., SALVADERI, L., SCHNEIDER, A. and SINGH, Ch. The Present Status of Maintenance Strategies and the Impact of Maintenance on Reliability. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 16, No. 4, p. 638–646, November, 2001.

LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Rio de Janeiro: Qualitmark: Petrobrás, 2001, 372 p.

LOPES, J.C.R., SOUZA, P.D. e BELARDO, C.A. Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na gestão de linhas de transmissão subterrâneas. XVIII ERIAC - Décimo tercer encuentro regional iberoamericano de CIGRÉ, Puerto Iguazú – Argentina, Maio de 2009.

RAUSAND, M. Reliability centered maintenance, Reliability engineering and system safety, Vol. 60, No. 2, p. 121-132, May 1998.

ROSA, L. P., TOLMASQUIM, M. T. e PIRES, J. C. L., A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo: uma visão crítica. Rio de Janeiro: Ed. Relume Dumará, 2. ed., 1998.

SMITH, A. M. Reliability Centered Maintenance. Boston: McGraw-Hill, Inc. 1993, 216p.

VALENTE, J.A. org. O computador e a sociedade do conhecimento. Gráfica da NIED/UNICAMP, Campinas-SP, 156p, 1999.

ZAIONS, D. R. Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

## DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AS A DIDACTIC RESOURCE FOR THE STUDY OF THE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE IN DISTRIBUTION NETWORKS

*Abstract: This paper presents the design and development of software for the study and implementation of reliability-centered maintenance in distribution networks. The software was developed for didactic purposes in a friendly environment for DELPHI visual programming language. We present the concepts of reliability-centered maintenance and the software developed. The use of this tool as a didactic resource has shown promise in the classroom in electrical engineering course at IFMA.*

*Key-words: Reliability Centered Maintenance, Distribution Network, Didactic Software.*