



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GMI - 03
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO XII
GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS – GMI**

GESTÃO DE CONHECIMENTO APLICADA À MANUTENÇÃO PREDITIVA DE EQUIPAMENTOS

**Fábio Renato Martins, MSc
M&D**

**Hélio Ricardo T. de Azevedo, MSc
M&D**

**Sanderson Pereira S. Souza, MSc
M&D**

RESUMO

Este artigo discute como a Gestão de Conhecimento pode ser aplicada na manutenção preditiva, e apresenta os principais benefícios que podem ser obtidos. Para exemplificar como ocorre o cruzamento dessas áreas, discute-se um exemplo de integração entre Gestão de Conhecimento e manutenção preditiva de hidrogeradores, apoiada por um Sistema de Diagnóstico Automático de Falhas. Apresenta-se os requisitos necessários para que sistemas de diagnóstico funcionem como memória organizacional do conhecimento do diagnóstico de falhas do corpo de engenharia da empresa. Finalmente, ilustra-se as soluções de um Sistema de Diagnóstico específico para abordar as questões levantadas para uma gestão de conhecimento efetiva.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão de conhecimento, manutenção preditiva, sistemas especialistas, hidrogeradores.

1.0 - INTRODUÇÃO

O conhecimento necessário para realizar as atividades dos processos de negócio de uma organização geralmente permanece apenas na mente dos seus membros, nos sistemas corporativos ou em documentos. Desta forma, o acesso e compartilhamento desse conhecimento com outros membros da organização para a realização de treinamento, por exemplo, torna-se difícil. Além disso, as organizações correm o risco de perder todo o conhecimento adquirido ao longo de vários anos de prática, quando membros deixam a organização, comprometendo a execução dos seus processos de negócio e situações de tomada de decisão.

Assim, para tornarem-se mais competitivas, ágeis e flexíveis, as organizações tem procurado cada vez mais investir no conceito denominado Gestão de Conhecimento, para promover o aprendizado organizacional e preservar seu capital intelectual.

A Gestão de Conhecimento pode ser definida como a disciplina que promove uma abordagem integrada visando identificar, capturar, recuperar, compartilhar e avaliar os bens de conhecimento das organizações. Esses bens de conhecimento podem incluir base de dados, documentos, políticas e procedimentos, além de experiências e conhecimentos tácitos e não capturados, detidos pelos trabalhadores.

Desde a década de 80, as empresas já tinham à sua disposição três estratégias para realizar a manutenção de seus equipamentos: corretiva, preventiva e preditiva. A diferença básica entre elas está no critério utilizado para determinar o instante da intervenção: no primeiro caso, a “quebra” o determina; no segundo, estudos estatísticos; enquanto que no último caso, utiliza-se a avaliação de parâmetros físicos atuais do equipamento (temperatura, vibração, etc.) para determinação desse instante.

Dessa forma, pode-se afirmar que a manutenção preditiva consiste no processo de análise dos parâmetros físicos medidos no equipamento, para determinação da melhor oportunidade para a realização de intervenções no mesmo. Além disso, um benefício adicional pode ser obtido com o uso desse conceito: através da análise detalhada dos parâmetros físicos (dados), é possível identificar as causas das falhas ainda no seu estágio inicial de desenvolvimento e prever o momento em que se tornarão críticas.

A partir das informações acima, conclui-se que uma das conseqüências da evolução das estratégias de manutenção, é o aumento da necessidade de informações para a sua gestão e execução. No caso da manutenção corretiva, identificar o equipamento com falha, a sua localização e importância, era suficiente. Já no caso da manutenção preditiva, é necessário um número muito maior de informações: parâmetros monitorados, pontos de medição, falhas a serem detectadas, relação entre falhas e sintomas, entre outras. Portanto, devido às

suas características peculiares, como a manipulação de grande quantidade de informações, o processo de manutenção preditiva tem grande potencial de obtenção de benefícios se forem aplicados alguns conceitos de Gestão de Conhecimento, principalmente no processo de aprendizado dos profissionais envolvidos e no apoio à sua execução.

Este artigo discute como a Gestão de Conhecimento pode ser aplicada na manutenção preditiva e apresenta os principais benefícios que podem ser obtidos. Além disso, apresenta os tipos de processos e infra-estrutura necessários, bem como estes podem ser integrados aos processos já existentes. Para exemplificar de forma prática como ocorre o cruzamento dessas áreas, discute-se um exemplo de integração entre Gestão de Conhecimento e manutenção preditiva de hidrogeradores, nesse caso, apoiada por um Sistema de Diagnóstico Automático de Falhas. Tal Sistema, além de suas funções de diagnóstico, permite a retenção, atualização e aprendizado do conhecimento dos especialistas em diagnóstico de falhas, existentes na organização. Apresenta-se então, os requisitos necessários para que sistemas de diagnóstico funcionem como memória organizacional, bem como os requisitos para que os processos envolvidos na gerência de conhecimento estejam incorporados aos processos organizacionais. Finalmente, ilustra-se as soluções de um Sistema de Diagnóstico específico para abordar os requisitos de uma memória organizacional, assim como os processos do mesmo se integram aos processos de Gestão do Conhecimento e manutenção preditiva da organização.

2.0 - GERÊNCIA DE CONHECIMENTO

A capacidade das organizações de realizarem mudanças que aumentem suas vantagens competitivas é fundamental para garantir a sobrevivência no mercado. No entanto, a realização de mudanças que propiciem benefícios à organização é dificultada pelo seu freqüente conhecimento limitado sobre a forma como os seus processos de negócio são realizados e sobre a sua estrutura organizacional. Esse Conhecimento constitui o capital intelectual da organização e, portanto, deve ser gerenciado de forma eficiente para garantir a sua preservação e permitir a sua constante evolução (1) e (2).

Os membros das organizações, geralmente, adquirem o Conhecimento necessário para realizar as atividades dos processos de negócio da organização durante a execução dessas atividades, como resultado do próprio trabalho. Esse Conhecimento muitas vezes permanece apenas na mente dos indivíduos, nos sistemas corporativos ou em documentos em papel. Desta forma, torna-se difícil o acesso e compartilhamento desse Conhecimento com outros membros da organização.

Além do mais, as organizações correm o risco de perder todo este Conhecimento adquirido ao longo de vários anos de prática, quando membros saem da organização. Quando isso ocorre, a execução dos processos de negócio da organização é comprometida, pois os novos responsáveis pela execução da atividade nem sempre possuem a experiência e o Conhecimento necessários para executar as atividades com a mesma qualidade que os anteriores.

Outro problema comum nas organizações é a dificuldade de aproveitar o Conhecimento de colaboradores experientes durante o treinamento de novos membros, pois a dinâmica de trabalho não permite que os mais experientes parem a execução de suas atividades para compartilhar esse Conhecimento com os demais. Assim, em situações de tomada de decisão, por exemplo, os iniciantes tendem a repetir os mesmos erros cometidos por outros membros que passaram por situações semelhantes.

Uma outra conseqüência é que a introdução de novas tecnologias nas organizações também é dificultada, visto que o pouco Conhecimento da organização sobre o funcionamento dos seus processos de negócio diminui a visibilidade dos resultados esperados com a adoção da nova tecnologia. Como resultado, as organizações tendem a evitar o uso de tecnologias que poderiam lhe trazer maiores benefícios.

Esses problemas diminuem as vantagens competitivas das organizações, pois as execuções dos seus processos de negócio tornam-se menos ágeis e eficientes. Isto representa um risco para as organizações, devido à alta concorrência e às exigências cada vez maiores dos clientes.

A Gerência do Conhecimento promove o desenvolvimento do capital intelectual através do apoio ao aprendizado organizacional e da manutenção de uma Memória Organizacional. Desta forma, a organização adquire habilidades para aprender, de forma contínua, sobre as atividades dos processos de negócio, além de aumentar o conhecimento sobre os clientes, tecnologias e áreas de atuação.

No entanto, o acesso, preservação e distribuição desse Conhecimento são dificultados pela diversidade de tipos e fontes de Conhecimento dentro e fora da organização, entre outros problemas. Neste contexto, abordagens de aquisição de Conhecimento devem ser definidas e implementadas para transformar o Conhecimento individual, ou de grupo, em Conhecimento organizacional e, desta forma, garantir que o Conhecimento criado e utilizado por membros da organização durante a execução dos seus processos de negócio está sendo preservado adequadamente.

Algumas vezes, conceitos como Dado, Informação e Conhecimento são usados indistintamente, sendo necessário diferenciá-los para evitar possíveis mal entendidos. A frase "informação é o ouro do século XXI" deveria ser alterada para "conhecimento é o ouro do século XXI", conforme pode ser percebido nas definições abaixo, propostas por (3) e (4).

- Dados são fatos que não tem significado próprio, formam um conjunto discreto, objetivo de fatos sobre determinados eventos. Não dizem nada sobre sua própria importância ou irrelevância, mas constituem um material importante para a criação de Informação.
- Informação é um dado ao qual se atribuiu ou adicionou um significado. Pode ser descrita como uma mensagem, usualmente na forma de um documento ou alguma forma audível ou visível de comunicação. Informação tem o poder de mudar a forma de como se percebe algo, de interferir no seu julgamento e comportamento.
- Conhecimento, por outro lado, é algo que as pessoas podem aplicar em suas vidas, é Informação combinada com experiência, contexto, interpretação e reflexão. É uma forma altamente valiosa de Informação e que está pronta para ser aplicada em decisões e ações.

De acordo com as definições acima, percebe-se que o Conhecimento é o “Bem” mais importante.

Caso seja necessário classificar o conhecimento, pode-se dividi-lo em dois tipos: tácito e explícito. Conhecimento explícito é um Conhecimento codificado em, por exemplo, patentes, diagramas e documentos. Pode ser expresso em palavras e números, é facilmente comunicado e compartilhado na forma de Dado físico, fórmulas científicas, procedimentos codificados ou princípios universais.

Conhecimento tácito, ao contrário, é altamente pessoal e difícil de ser formulado e compartilhado. É armazenado pela mente, embutido em experiências individuais e envolve fatores intangíveis e subjetivos como valores, perspectivas e considerações pessoais (4) (5).

Sendo assim, é preciso, de alguma forma, transformar o Conhecimento tácito dos funcionários em explícito, sendo este, um dos grandes desafios das organizações atualmente. Somente dessa forma será possível manter esse Conhecimento presente na organização, mesmo após mudanças no quadro funcional. Somente dessa forma será, também, possível difundir determinados conhecimentos por vários outros membros da organização, aumentando, de um modo geral, o Conhecimento detido pelas pessoas e, conseqüentemente, pela própria organização.

2.1 Memória Organizacional

Memória Organizacional é uma representação persistente e explícita de Informações e Conhecimento numa organização. Tem como objetivo facilitar o acesso, compartilhamento e reutilização dessas Informações e Conhecimento pelos membros da organização, para atividades individuais ou coletivas (6)(7). A construção de uma Memória Organizacional envolve a transformação de Conhecimento tácito dos membros da organização em uma representação explícita para ser armazenado e recuperado por outros membros. Ela é um espaço de informação em evolução contínua, alimentado diretamente pelo Conhecimento criado durante a rotina normal de trabalho (8)(9).

De acordo com (10) cinco requisitos são considerados cruciais para o sucesso de uma prática industrial de Memória Organizacional:

- Coleta e organização sistemática de informação de várias fontes;
- Minimização de soluções imediatistas;
- Exploração do feedback dos usuários visando manutenção e evolução;
- Integração com o ambiente de trabalho; e
- Apresentação ativa de informação relevante.

Empresas podem ter sucesso no desenvolvimento e manutenção de uma Memória Organizacional se seguirem os seguintes princípios (10):

- Explorar a facilidade de fontes de informação disponíveis;
- Não se prender a uma tentativa de formalizar completamente o Conhecimento;
- Usar ferramentas para aquisição automatizada de Conhecimento;
- Encorajar “feedback” e sugestões dos usuários para melhorias; e
- Certificar-se da consistência de novos conhecimentos sugeridos e/ou adicionados.

2.2 Aquisição de Conhecimento

O objetivo da aquisição de Conhecimento, no contexto de sistemas de Gerência de Conhecimento, é adquirir, de fontes internas ou externas à organização, o Conhecimento necessário para apoiar a execução das atividades dos seus processos de negócio (1).

A aquisição de Conhecimento deve ser realizada segundo um processo formal para garantir o retorno do investimento de aquisição. O foco deste processo é na aquisição de Conhecimento de valor para a organização (11) (12).

Considerando que a aquisição de Conhecimento é um processo custoso, (1) e (11) sugerem algumas estratégias de aquisição de Conhecimento. Por exemplo, o processo de aquisição deve ser implantado com um impacto mínimo na organização e nos processos organizacionais. Isso pode ser alcançado através da integração do processo de aquisição aos processos de negócio da organização. A aquisição deve ser realizada por membros experientes na área do negócio e que possuam Conhecimento confiável e de valor.

O processo de aquisição de Conhecimento deve ser apoiado por uma infra-estrutura que permita a aplicação de técnicas variadas de aquisição e a representação do Conhecimento em diversos formatos, e ainda, que possibilite

a aquisição de Conhecimento apoiada por computador (13). As técnicas devem ser selecionadas de acordo com os requisitos da infra-estrutura e as características do Conhecimento a ser adquirido. As características abrangem o formato no qual o Conhecimento está representado (explícito ou tácito), a facilidade de acesso às fontes de Conhecimento (fontes interna ou externa), o tipo do Conhecimento (conhecimento procedural, declarativo, semântico ou episódico), entre outras (13) (14) (15). A partir das características do Conhecimento é possível definir a estrutura dos itens de Conhecimento a serem adquiridos.

3.0 - GERÊNCIA DE CONHECIMENTO APLICADA A MANUTENÇÃO PREDITIVA

A evolução contínua dos equipamentos de produção, fez com que, desde a década de 80, as empresas já dispunham de três estratégias para realizar a manutenção desses: corretiva, preventiva e preditiva. Analisando essas estratégias de manutenção, nota-se que existem grandes diferenças entre elas, não apenas do ponto de vista do critério utilizado para determinar o instante da intervenção, mas também dos instrumentos utilizados, estrutura de apoio necessária, dados gerenciados, resultados esperados, entre outros.

Do ponto de vista do critério utilizado para determinar o instante da intervenção no equipamento: a manutenção corretiva utiliza a “quebra” para determinar o instante em que a manutenção pode ser iniciada. Já no caso da manutenção preventiva, através da realização de estudos estatísticos, o fabricante do equipamento sugere ao usuário quando deve fazer ajustes, substituições, etc, para que um determinado nível de confiabilidade operacional seja obtido, 95% por exemplo. A manutenção preditiva, por sua vez, utiliza como hipótese, o fato de que os componentes de qualquer equipamento “sinalizam” quando a sua vida útil termina ou está próxima ao fim. Através da medição e avaliação de parâmetros físicos do equipamento (temperatura, vibração, etc.), as técnicas preditivas determinam o melhor instante para a realização da intervenção.

Pode-se inferir a partir do exposto no parágrafo anterior, que as estratégias de manutenção requerem instrumentos distintos. No caso da corretiva, por exemplo, apenas a “mala de ferramentas” é necessária. No caso da estratégia preventiva, é necessário, além da “mala de ferramentas”, algum tipo de sistema que permita realizar a programação e acompanhamento das intervenções nos equipamentos. No caso preditivo, é necessário instrumentos para monitorar as alterações sofridas pelos parâmetros físicos do equipamento, além de um sistema para armazenar essas medições, além da tradicional “mala de ferramentas”.

Com a evolução e sofisticação das estratégias de manutenção é natural que a necessidade de dados, informação e conhecimento tenha aumentado proporcionalmente. A manutenção corretiva exige basicamente o conhecimento envolvido na identificação e conserto de um equipamento já em um estado crítico de falha. Por sua vez, a manutenção preventiva necessita de uma série de informações para a sua realização: lista de equipamentos, revisões e ajustes para cada equipamento, frequência em que esses ajustes ou revisões devem ser realizados, o que será feito em cada revisão, entre outras. Já no caso da manutenção preditiva, o número de informações necessárias é ainda maior: tipos de sensores, equipamentos de medição, número de pontos de medição, direção dos pontos de medição, frequência de medição, além de todo o conhecimento necessário para realizar o diagnóstico da condição operacional do equipamento, detecção de falhas incipientes, acompanhamento de falhas em evolução e previsão de criticidade da falha.

As informações necessárias ao processo de manutenção preditiva, por sua vez, podem ser agrupadas em duas grandes categorias: informações utilizadas na sua implantação e na sua operação. Na primeira categoria estão incluídos basicamente, a especificação dos instrumentos de medição, seus ajustes e demais informações necessárias para aquisição, instalação, comissionamento e outras etapas que precisam ser cumpridas antes do início da operação do sistema de manutenção preditiva. Já na segunda categoria, tem-se basicamente o conhecimento necessário ao diagnóstico dos equipamentos, que inclui a detecção dos modos de falha, acompanhamento e previsão de sua evolução.

Apesar do sucesso de um programa de manutenção preditiva depender das duas categorias de informações, é durante a sua operação que obviamente seus objetivos são alcançados e ocorrem os principais problemas, além disso, tanto o sucesso como os problemas estão relacionados com um único fator: o Conhecimento necessário ao diagnóstico dos equipamentos. Esse Conhecimento inclui o mapeamento dos modos de falha do equipamento e como esses alteram os parâmetros físicos medidos. Em geral, esse Conhecimento é detido por poucos especialistas das empresas, sendo acumulado durante vários anos realizando análises e diagnosticando falhas. Esses especialistas utilizam o conhecimento de muitas áreas: vibrações mecânicas, dinâmica dos fluidos, processamento de sinais, entre muitas outras. Como pode ser observado, esse Conhecimento é prático e multidisciplinar, sendo necessário um grande investimento de tempo e recursos para formar um especialista da forma tradicional.

Pelos motivos acima discutidos, o conhecimento necessário ao diagnóstico dos equipamentos possui características interessantes para a aplicação de técnicas de Gestão de Conhecimento. A gerência, retenção e aprendizado deste Conhecimento estratégico e complexo traz para os processos de manutenção da organização os benefícios da gerência de Conhecimento já apresentados na seção anterior. Desta forma, uma abordagem de gerência de Conhecimento aplicada a manutenção preditiva deve iniciar pela retenção do conhecimento sobre o diagnóstico dos equipamentos. Naturalmente, esta retenção será realizada através de algum tipo de memória

organizacional que apresente todas as características citadas como importantes para sua efetividade no seção anterior.

4.0 - SISTEMA DE DIAGNÓSTICO AUTOMÁTICO E MEMÓRIA ORGANIZACIONAL

Sistemas de monitoramento e diagnóstico automático de falhas são ferramentas usuais para apoio a manutenção preditiva. Em um contexto de gerência de Conhecimento e considerando a diferença entre dado, informação e conhecimento já apresentada, podemos realizar uma diferenciação entre os objetivos de um sistema de monitoramento e um sistema de diagnóstico.

Pode-se pensar que um sistema de monitoramento que coleta dados com uma determinada periodicidade de tempo programada apenas está armazenando dados. O valor da temperatura de um mancal é apenas um Dado. Se alguém ou algum sistema identifica que essa temperatura está acima de um limite aceitável, então passa-se a ter Informação. Isso se deve ao fato de que ao Dado “temperatura do mancal” foi adicionado o Dado “limite de normalidade” e esse cruzamento gerou a Informação indicativa de que um dos mancais está com a temperatura acima do permitido. Ou seja, o Dado passou a ter algum significado, caracterizando a Informação.

Quando diversas informações são fundidas, resultando em uma “informação” que pode ser usada de forma direta em uma decisão, temos Conhecimento. Se, por exemplo, combina-se a Informação “temperatura de mancal elevada” com a Informação “temperatura elevada do óleo” e mais a Informação “altas frequências de vibração estão anormais”, pode-se concluir a ocorrência de “roçamento entre o eixo e o mancal”. “Roçamento entre o eixo e o mancal” é Conhecimento, pois é uma Informação pronta para a tomada de decisão, no caso uma decisão de intervenção no equipamento.

Em suma, o que um sistema de monitoramento e diagnóstico automático faz é transformar Dado em Conhecimento de diagnóstico pronto para uma tomada de decisão. Mas é importante notar que o próprio processo que transformou o conjunto de informações no Conhecimento de diagnóstico é um tipo de Conhecimento. Este é o Conhecimento o qual denominamos de “conhecimento do especialista em diagnóstico”, e é a gerência desse, que deve ser considerado como o primeiro passo para apoiar a manutenção preditiva. A figura 1 ilustra a transformação de dado em conhecimento, realizada pelo sistema de diagnóstico.

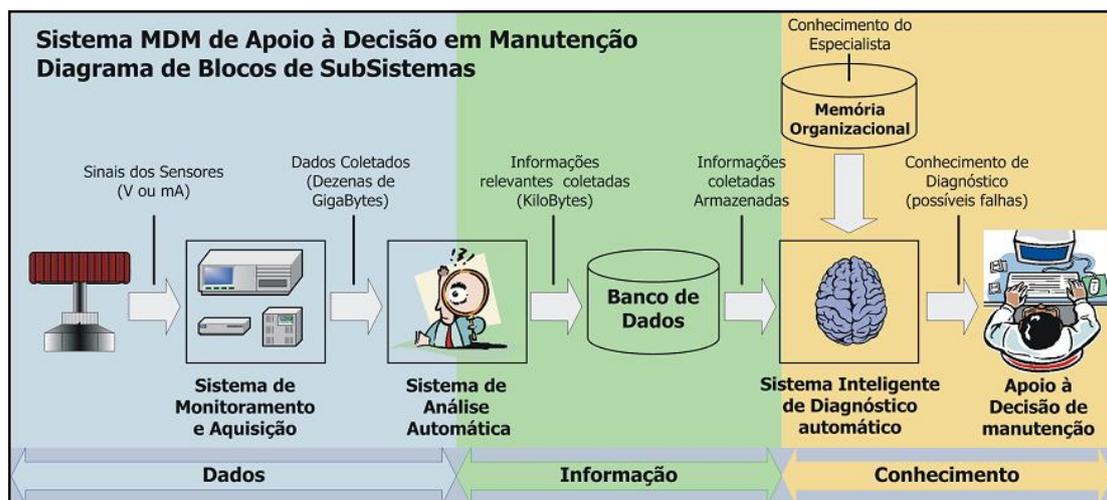


FIGURA 1 – Transformação de Dado em Conhecimento realizada por um sistema de diagnóstico automático

Os sistemas de diagnóstico responsáveis por simularem o raciocínio de um especialista em seu âmbito (domínio) do Conhecimento são geralmente baseados em tecnologias de inteligência artificial, tais como sistemas especialistas, redes neurais e lógica nebulosa. O formalismo mais usado para modelar o conhecimento em um sistema especialista é o de regras de produção. As regras de produção são construções que permitem, a partir da constatação de certas premissas, chegar a conclusões (ver exemplo no Quadro 1). Um conjunto com várias regras de produção permite a estruturação de um modelo de raciocínio mais complexo, pois as regras podem ser encadeadas (ou seja, as conclusões de uma regra podem servir como premissa para outra).

Se pressão da água na entrada é Normal E vazão é Baixa Então entupimento nos trocadores de calor.

Quadro 1 – Exemplo de uma Regra

O uso prático desses sistemas criou a necessidade do tratamento de Conhecimento incerto (quando as evidências de entrada e as conclusões não podem ser expressas com certeza, mas apenas com um índice de probabilidade) e indeterminado (quando algumas evidências não são fornecidas). Assim surgiram formalismos que se utilizam de lógica nebulosa (Fuzzy) ao invés de lógica booleana, baseando-se em métodos de raciocínio probabilístico.

Os sistemas nebulosos (Fuzzy Logic Systems) foram criados por Lotfi A. Zadeh nos anos 60 (16,17,18), fundamentando-se basicamente na representação e manipulação de informações incertas e imprecisas, tão comuns no cotidiano humano. Expressões tais como “quase”, “muito” e “pouco” representam esta imprecisão, que usualmente não pode ser tratada pelos sistemas da lógica clássica.

A lógica Fuzzy permite, por exemplo, que o usuário do sistema responda às evidências numa escala gradativa, com valores entre 0 e 100% (incerteza), e também estipulam regras ou padrões para tratar uma evidência não informada, ou seja, quando a resposta é “não sei” (indeterminação).

Pretende-se discutir os requisitos necessários para que sistemas de diagnóstico automático de falhas, baseados em sistemas especialista Fuzzy, atuem como Memória Organizacional, apoiando a manutenção preditiva. Nota-se que uma abordagem de Gerência de Conhecimento bem sucedida não deve limitar-se em apenas adequar o sistema de diagnóstico para operar como uma Memória Organizacional, mas também em definir como os processos de manutenção preditiva podem ser mapeados, nas atividades necessárias para uma Gerência de Conhecimento efetiva.

O requisito mais básico de uma Memória Organizacional é que seu conhecimento possa ser consultado, modificado e expandido. Um sistema de diagnóstico baseado somente em redes neurais, por exemplo, não atenderia a este requisito, uma vez que essa técnica não possui uma forma clara de explicitar como o procedimento de diagnóstico foi realizado e nem o conhecimento armazenado em si, não sendo possível o entendimento e a edição manual. Um sistema especialista de regras pré-definidas não atende também aos requisitos de uma Memória Organizacional, pois não permite que o conhecimento de diagnóstico seja alterado, requisito fundamental para a existência de uma memória. No entanto, o sistema especialista possui de forma explícita e formal o conhecimento do especialista do diagnóstico.

A qualidade da Memória Organizacional está diretamente relacionada aos mecanismos que são fornecidos para manipulação (visualização e alteração) do conhecimento armazenado, ou seja, sua capacidade de expressar este Conhecimento para que membros da organização possam absorvê-lo. Em geral, os sistemas especialistas são conhecidos pela dificuldade de edição do Conhecimento e de interpretação de como o mesmo chegou às conclusões.

Várias abordagens são possíveis para tratar as questões acima mencionadas e tornar um sistema especialista em uma Memória Organizacional eficiente sobre o conhecimento de diagnóstico de falha dos especialistas de uma Organização. Será discutida a abordagem dada por um sistema em particular para as questões acima discutidas.

A combinação entre sistema especialista e lógica Fuzzy permite que a regra, unidade de Conhecimento do sistema especialista, seja representada numa forma textual de fácil compreensão. O editor de regras do Sistema em questão foi projetado de forma a facilitar a compreensão do conteúdo da regra e permitir sua edição com apenas cliques no mouse e seleção de elementos em menus de itens pré-disponíveis.

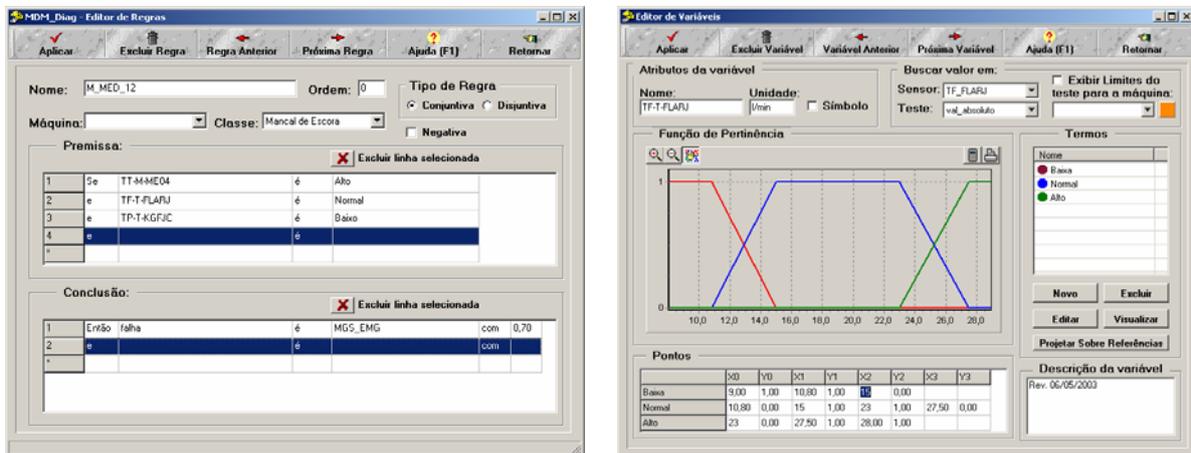


FIGURA 2 – Editor de Conhecimento: (a) Editor de Regra Fuzzy; (b) Editor de Variável Fuzzy.

Da mesma forma, um importante conhecimento contido em um sistema especialista Fuzzy está associado com a definição das funções de pertinência das variáveis Fuzzy. Nele está expresso o conhecimento do especialista em diagnóstico sobre o que é considerado uma anormalidade, para cada grandeza monitorada, considerando-se a incerteza existente sobre essa definição.

A dificuldade no entendimento da linha de raciocínio, que levou o sistema especialista a inferir determinado diagnóstico, está na interpretação do relacionamento entre as regras e como estas se combinam para levar ao resultado esperado. O Conhecimento deve estar acessível à edição e ser de fácil compreensão, permitindo o aprendizado organizacional. Tais características são absolutamente necessárias para uma Memória Organizacional. Para atender a estes requisitos, o Sistema implementa o conceito de árvores gráficas de diagnóstico. A ferramenta de visualização gráfica de conhecimento permite que o usuário navegue interativamente

através de todo o conhecimento existente na base, permitindo a visualização completa das árvores de falha associadas a cada diagnóstico. A figura 3 exibe tal ferramenta.

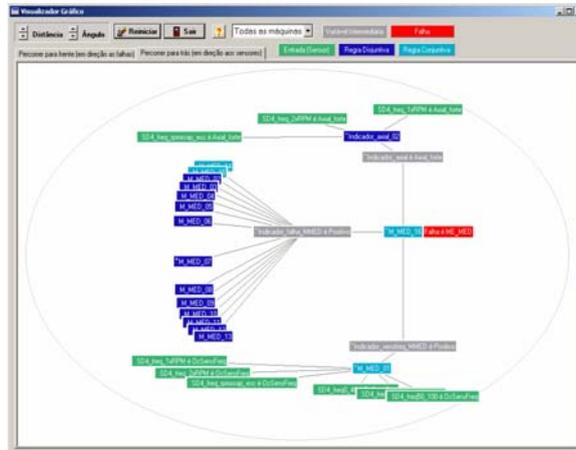


FIGURA 3 – Visualização de Conhecimento – Árvore de Falha Radial.

Um duplo clique em qualquer nó da árvore, ilustrada na figura 3, expande os conceitos (variáveis ou regras) associadas ao elemento. Optou-se por uma representação radial da árvore, isto é, os “nós” de maior nível (filhos) estão radialmente mais distantes que os “nós” de menor nível (pais).

Mas para que se tenha uma Gestão de Conhecimento efetiva, tão importante quanto à Memória Organizacional e sua capacidade de exprimir seu conhecimento, é o processo que a alimentará, o processo de aquisição de conhecimento. Durante a revisão foi visto a importância de tal processo estar integrado aos processos de negócio da empresa. A implantação de um processo de manutenção preditiva, suportado por um sistema de diagnóstico automático de conhecimento editável, levará de forma integrada ao processo de aquisição de conhecimento. Isto pode ser exemplificado através dos processos envolvidos no Sistema.

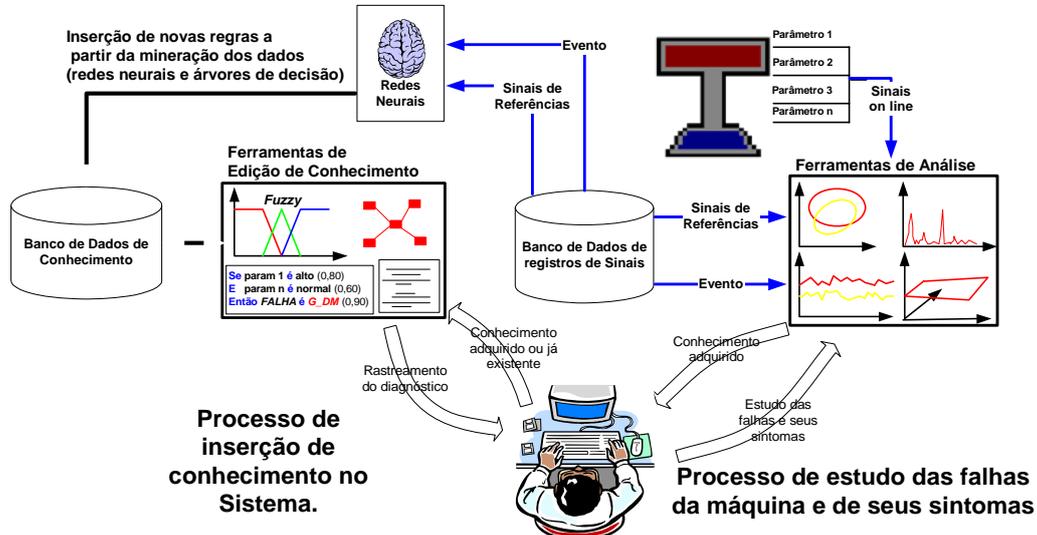


FIGURA 4 – Processos relacionados a edição de conhecimento no Sistema MDM.

O próprio processo de inserção de conhecimento no sistema constitui-se no processo de aquisição de Conhecimento. É através deste processo que o Conhecimento é alterado ou expandido. Este processo pode ser iniciado a partir da detecção de algum tipo de diagnóstico incorreto, o que acarretaria na edição do Conhecimento existente sobre alguma falha ou na inserção de Conhecimento sobre uma nova falha, ainda não tratada pelo sistema.

O Conhecimento que será inserido pode ser já existente na mente dos engenheiros de manutenção ou então adquirido através do processo de estudo das falhas do equipamento e de seus sintomas. Através deste processo o engenheiro estuda o comportamento do equipamento em situações de falha e em condições normais, para então identificar os sintomas e seus inter-relacionamentos para a composição da árvore de falha.

O sistema possui uma ferramenta de apoio automatizado a este último processo, o módulo de mineração de dados (data mining). Através de algoritmos de mineração de dados tais como redes neurais e árvores de decisão, este módulo sugere regras para a separação de grupos de dados. Após o processamento, o módulo sugerirá uma lista de regras que caracterizam o estado de falha. Ou seja, o módulo de mineração de dados dá suporte automático à transformação dos dados do sistema de monitoramento em Conhecimento sobre falhas.

5.0 - CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou uma revisão bibliográfica dos conceitos envolvidos em Gerência de Conhecimento e como esta pode ser utilizada para beneficiar a manutenção preditiva de forma integrada aos processos organizacionais. Em exemplo prático, foi visto como um sistema de diagnóstico automático de falhas pode agir como uma Memória Organizacional e o que é necessário para tal, tanto no que diz respeito aos requisitos para agir como uma memória, tanto no que diz respeito aos processos necessários. A Memória Organizacional será responsável por armazenar o conhecimento dos especialistas em diagnóstico de falhas, evitando que tal Conhecimento seja perdido com a rotatividade de pessoal e facilitando o aprendizado organizacional.

Uma manutenção preditiva eficiente transcende apenas a coleta de Dados, pois o aspecto crítico para o seu sucesso é o Conhecimento, o qual precisa ser criado e extraído dos Dados coletados, sua matéria-prima. Neste caso, uma abordagem de Gerência de Conhecimento se torna necessária. Sistemas de diagnóstico automático são importantes ferramentas de apoio à decisão, complementando o ciclo de transformação de Dados em Conhecimento. Considera-se, a implantação e a gestão dos dados desse tipo de Sistema, um primeiro passo rumo a um programa de Gerência de Conhecimento em manutenção preditiva. Com esse objetivo, viu-se que para utilizar Sistemas de diagnóstico automático como uma Memória Organizacional, esses precisam preencher os requisitos discutidos, bem como existir processos de aquisição e refinamento do Conhecimento que relaciona os sintomas medidos com as falhas que os causam.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- (1) DAVENPORT, T., PRUSAK, L., 1998, "Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know", Boston, USA, Harvard Business School Press.
- (2) HAMMER, M., CHAMPY, J., 1994, Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência, Rio de Janeiro, Editora Campus, ISBN 85-7001-848-0
- (3) WURMAN, R. S. 1989. Information Anxiety: What to Do When Information Doesn't Tell You What You Need to Know, New York: Doubleday
- (4) MARKKULA, M., "The Impact of Intranet-based Knowledge Management on Software Development", Federation of European Software Measurement Associations – FESMA99, Amsterdam, Holanda, pp. 151-160, 1999.
- (5) WINCH, G., "Knowledge Management", Manufacturing Engineer, August, pp.178 – 180, 1999.
- (6) VAN HEIJST, G., van der SPEK, R., KRUIZINGA, E., 1996. "Organizing Corporate Memories", In: Proc.10th Banff Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems (KAW' 96), Calgary, Canadá, ed. B. Gaines and M. Musen, SRDG Publications.
- (7) DIENG, R. et al., 1999, "Methods and Tools for Corporate Knowledge Management", Int'l J. Human-Computer Studies, Vol. 51, No. 3, September, pp. 567-598.
- (8) FISCHER, G., OSTWALD, J., 2001, "Knowledge Management: Problems, Promises, realities, and Challenges", IEEE Intelligent Systems, v. 16, n. 1 (Jan/Feb), pp. 60-72.
- (9) SNOEK, B., 1999, Knowledge Management and Organizational Learning, Diploma Thesis, Fraunhofer/IESE.
- (10) ABECKER, A., BERNARDI, A., HINKELMANN, K., KÜHN, O., SINTEK, M., 1998, "Toward a Technology for Organizational Memories", IEEE Intelligent Systems, v. 13, n. 3 (May/Jun), pp. 40-48.
- (11) KOMI-SIRVIÖ, S., MÄNTYNIEMI, A., SEPPÄNEN, V., 2002, "Toward a Practical Solution for Capturing Knowledge for Software Projects", IEEE Software, (May/Jun), pp. 60-62.
- (12) PROBST, G. J. B., RAUB, S., ROMHARDT, K., 1999, "Managing Knowledge: Building Blocks for Success", 368 pp, ISBN: 0-471-99768-4.
- (13) MILTON, N., SHADBOLT, N., COTTAM, H., HAMMERSLEY, M., 1999, "Towards a knowledge technology for knowledge management", In: Int. Journal of Human-Computer Studies, n. 51, pp. 615-641.
- (14) ROSETI, Z. M., 1998, Uma Proposta Sistemática Aquisição de Conhecimento no Contexto de Análise de Domínio, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- (15) MCGRAW, K., HARBISON-BRIGGS, K., 1989, "Knowledge Acquisition: Principles and Guidelines", Prentice Hall.
- (16) Fuzzy Logic FAQ (Frequently Asked Questions) – Comp.ai.fuzzy newsgroup, <http://www.faqs.org/faqs/fuzzy-logic/> (acessado em Março/2002).
- (17) KELLER, ROBERT. Tecnologia de Sistemas Especialista – Desenvolvimento e Aplicação. São Paulo: Makron Books, 1991.
- (18) RICH, ELAINE. Inteligência Artificial. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.