

Incorporando conhecimento intensivo à manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos usando o sistema inteligente CommonKADS

João Luiz Alkaim

Curso de Computação – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)
88130-000 – Florianópolis – SC – Brasil

alkaim@brturbo.com

Abstract. *This paper is a synthesis from thesis of ALKAIM that is about the development of a methodology which has the purpose of matching intensive knowledge with the actions of Reliability Centered Maintenance (RCM) used in electric systems. The matching of this knowledge in actions , permit establishing standardized and reusable bases , for process in reliability centered maintenance . These bases was establish by the intelligent system CommonKADS , it developed in middle of ESPRIT PROGRAMME and applied in a real case , involving the project FURNAS – 500kV , power utility of ELETROBRAS . The result is a new knowledge base and a new perception to be put in the discipline context of Management and Knowledge Engineering, within the electric sector issues.*

Keywords: *Maintenance; Reliability Centered Maintenance; Knowledge System; CommonKADS; Knowledge Engineering*

Resumo. Este trabalho é uma síntese da tese de Alkaim e se refere ao desenvolvimento de uma metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) aplicada em ativos de sistemas elétricos. A incorporação deste conhecimento nas tarefas , permite estabelecer bases de conhecimento padronizadas e reutilizáveis para processos de manutenção de sistemas elétricos centrados na confiabilidade. Foi utilizado o sistema inteligente CommonKADS , desenvolvido no seio do projeto ESPRIT da comunidade européia, para o estabelecimento destas bases , e aplicadas num caso real , envolvendo o projeto piloto de 500 kV de FURNAS do grupo ELETROBRAS . O resultado obtido foi uma inovadora base de conhecimento e uma nova percepção a ser inserida no contexto da disciplina de Gestão e Engenharia do Conhecimento, no âmbito do setor elétrico.

Palavras-chave: manutenção; manutenção centrada na confiabilidade; sistema de conhecimento; CommonKADS; engenharia do conhecimento.

1. Introdução

O século XXI inicia-se com um mundo repleto de expectativas crescentes, de restrições regulatórias cada vez mais onerosas, de mudanças de paradigmas da tecnologia da informação dos tempos atuais. Trata-se da sociedade em rede global.

Esta revolução está estruturada nos conjuntos convergentes de microeletrônicas, computação, radiodifusão, internet e inclui também a engenharia genética e seu crescente desenvolvimento e aplicações.

Surgiu uma nova economia em escala global, chamada de economia informacional, onde empresas, regiões ou nações, dependem basicamente de sua capacidade de gerar, processar e aplicar de forma eficiente a informação baseada no conhecimento, que é considerado como chave do recurso empresarial.

Segundo o CEPAL (2000), órgão da ONU, a transição para esta nova sociedade requer um importante esforço de treinamento individual dos trabalhadores, empresários e consumidores, assim como a criação de um setor produtivo com base na ciência e tecnologia. As tecnologias da informação e comunicação constituem a infraestrutura e a equipe física da economia com base no conhecimento, porém é o conhecimento tácito incorporado aos indivíduos que constitui o motor da nova economia. Daí transformar dados em informações e informações em conhecimento com a finalidade de definir e manter as vantagens da competitividade, implicando no crescente interesse pela atual gestão do conhecimento.

No bojo desta gestão desenvolveu-se a disciplina da engenharia do conhecimento como uma de suas sustentações científicas. Inicialmente ela era vista como arte de construir sistemas especialistas setorizados, até os tempos atuais com sistemas de conhecimento de última geração, como por exemplo o *CommonKADS*, que pode analisar e capturar o conhecimento corporativo global de uma organização.

Neste trabalho o domínio de análise ficou restrito ao da manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistema industrial.

2. Conhecimento Tácito e a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

2.1 O Conhecimento Tácito

Wielinga (2000) interpreta os conceitos de dado, informação, conhecimento e conhecimento intensivo da seguinte forma:

- **Dado:** são sinais não interpretáveis que atingem os nossos sentidos, podendo ser entendidos como a matéria-prima básica da informação e o conhecimento.
- **Informação:** é composta por dados organizados, dispostos numa estrutura específica. Pode-se considerar como dados que possuem algum significado.
- **Conhecimento:** é o resultado da interpretação da informação e de sua utilização para algum fim, especificamente para gerar novas idéias, resolver problemas ou tomar decisões. Pode-se distinguir dois aspectos distintos do conhecimento:
 - senso de objetividade : transforma informação em ação;
 - produtor de novas informações: transforma informação em novas informações;
- **Conhecimento intensivo:** refere-se ao conhecimento cujo domínio é de grande abrangência.

Segundo análise de Nonaka (1997) o conhecimento pode ser classificado em dois tipos:

O **conhecimento explícito** que pode ser articulado na forma de linguagem inclusive em afirmações gramaticais, expressões matemáticas, especificações, manuais e assim por diante. Este conhecimento pode ser então transmitido formal e facilmente entre os indivíduos.

O outro é o **conhecimento tácito**, difícil de ser articulado na forma de linguagem, é um tipo de conhecimento mais importante. É o conhecimento pessoal incorporado à experiência individual e envolve fatores intangíveis como, por exemplo, crenças pessoais, perspectivas e sistemas de valores.

2.2 A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)

A MCC teve origem na aviação civil americana, quando do lançamento do Boeing 747, na década de 60. É uma nova técnica que substitui as tarefas de manutenção de vários equipamentos de tempo fixo (manutenção preventiva) em tarefas com intervalos que dependem da sua condição crítica determinada pela análise de seu desempenho passado.

O objetivo da maioria das práticas de manutenções preventivas existentes é preservar a condição do equipamento. Até recentemente, isto era feito sem qualquer questionamento do porquê de certas ações e qual sua prioridade para utilização dos recursos expedidos para manutenção preventiva.

MCC não é outra proposta para realização deste processo repetitivo. Seu conceito básico é realmente simples, podendo ser caracterizado como uma engenharia de senso comum. Existem quatro atributos que definem e caracterizam a MCC colocando-a distinta de qualquer processo de planejamento de manutenção preventiva utilizada atualmente:

1º Atributo: Preserva a função do sistema

Em MCC o foco não é mais o equipamento e sim a função do sistema. Entenda-se função como: “finalidade para a qual um sistema foi desenhado ou projetado ou montado” Filho (2000) ou “função consiste de um verbo, um objeto e um padrão desejável de desempenho” Moubray (1997).

2º Atributo: Identificar os modos de falha que podem provocar a perda das funções

“Modos de falha é a maneira pela qual a falha é observada” Netherton (2002). Em seu artigo o autor faz uma extensa análise das possíveis interpretações de modo de falha.

“Modo de falha é qualquer evento que causa uma falha funcional” Moubray (1997,p.53).

3º Atributo: Priorizar as funções necessárias (via modo de falhas)

Na prescrição da função do sistema, RCM fornece uma proposta sistemática para decidir que prioridade deve ser feita com os recursos alocados.

4º Atributo: Selecionar somente tarefas de Manutenção Preventiva aplicáveis e efetivas.

Os atributos anteriores ajudam no desenvolvimento de um roteiro específico para responder o “onde” e o “porquê” das tarefas de manutenção e suas respectivas prioridades. Cada tarefa potencial deve ser então avaliada.

2.3 O Conhecimento Tácito da Manutenção Centrada na Confiabilidade

Os critérios mínimos exigidos para um processo ser chamado de MCC estão alicerçados nas normas SAE-JA 1011 (1999) e SAE-JA 1012 (2002). Adicionando-se a este fato, Moubray (1997) enfatiza detalhadamente o grupo que deve aplicar o processo de MCC. Este ponto é de extrema importância sob a ótica do conhecimento, pois constitui-se numa poderosa ferramenta de elicitação do conhecimento, principalmente o conhecimento tácito, conforme Alkaim (2003).

Um grupo de MCC deve ser pequeno e constituído da seguinte forma: facilitador, supervisor de operação, operador, supervisor de manutenção, técnico de manutenção e se necessário por um especialista externo. A utilização desses grupos não apenas permite que o gerenciamento obtenha acesso ao conhecimento e à especialização de cada membro do grupo de forma sistemática, mas também os próprios membros passam a ter um entendimento globalizado do ativo em seu contexto operacional. Todos os procedimentos ficam sob a orientação do facilitador e estruturada no consenso, e ainda utiliza para cada parte do processo, planilhas minuciosas onde são registradas todas as conclusões dos especialistas.

3. A Engenharia do Conhecimento e o Sistema CommonKADS

A Engenharia do Conhecimento teve este nome reivindicado por Ed Feigenbaum, um dos idealizadores do DENDRAL, Durkin (1994), conduzindo ao paradigma do sistema baseado no conhecimento (SBC) ou sistema especialista.

Até o início dos anos 80, o desenvolvimento de um SBC era visto como um processo de transferência do conhecimento humano para uma base de conhecimento implementada. A transferência está baseada no fato de que o conhecimento requerido pelo SBC existe, deve ser coletado e implementado. Este conhecimento requerido era obtido pela entrevista com os especialistas, explicitando como eles resolviam tarefas específicas Musen (1998).

Esta necessidade fomentou o desenvolvimento da área de aquisição de conhecimento, que estrutura o processo de levantamento de requisitos no desenvolvimento de sistemas especialistas.

Tipicamente este conhecimento era implementado com algum tipo de regra de produção, executada por um interpretador de regra associado. Contudo, Newell apresentou no AAAI80 a hipótese do nível de conhecimento conforme Schreiber (1992). Esta idéia atraiu considerável atenção e estimulou nova linha de pesquisa, conduzindo a mudança de paradigma dos SBC's da proposta de transferência para a chamada proposta de modelagem. Esta mudança caracterizou a transferência dos sistemas especialistas de 1ª geração aos sistemas especialistas de 2ª geração segundo Benjamins (1998).

Os frameworks de modelagem da atualidade como CommonKADS (2000), PROTÉGÉ-II (2000) e MIKE (1998), entre outros, foram influenciados por dois importantes trabalhos, que foram desenvolvidos no final dos anos 80: o Generic Tasks

de Chandrasekaran (1986) e Role Limiting Methods em Benjamins (1998, p.162), que foram baseados no trabalho de Clancey (1985), quando fez sua análise do Mycin como a “*heuristic, classification problem solver*”.

3.1. Os níveis de Conhecimento

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 (tarefas *templates*), sendo representado em camadas ou níveis conforme FIGURA 1 a seguir. Permite significativa flexibilização e facilidade de tratamento do conhecimento.

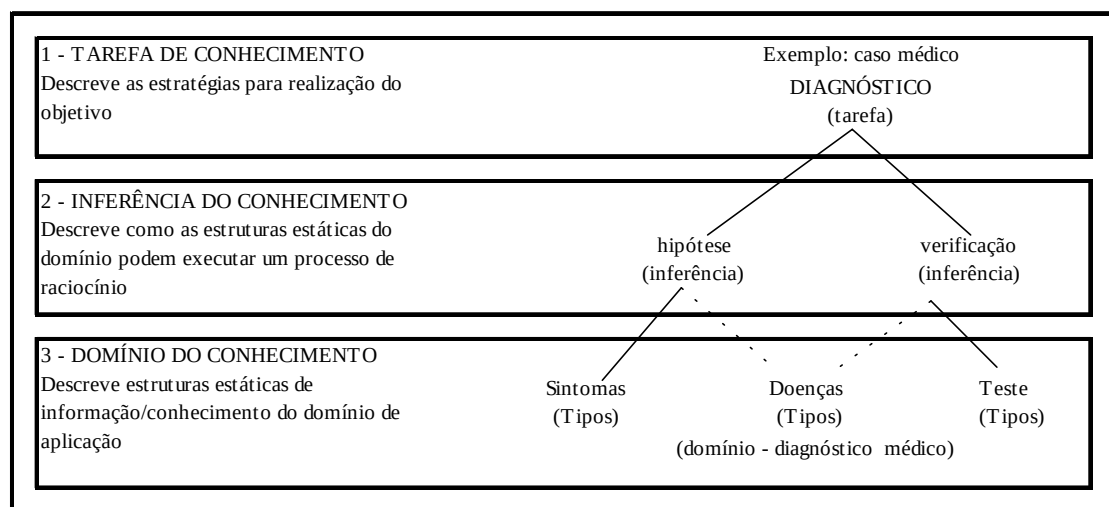


Figura 1. Modelo de Conhecimento por níveis. Wielinga (2000, p.90)

3.2 O Sistema CommonKADS

O *CommonKADS* teve sua origem no KADS (2000) e nos Componentes de Sistemas Especialistas. Segundo Steels (1990), foi influenciado por propostas nos Estados Unidos como as Tarefas Genéricas, PROTÉGÉ e Métodos de Funções Limites de Marcus (1988). Foi desenvolvido no seio do projeto ESPRIT (2003) da comunidade européia, com proposta de ser sistema padrão para o Leste Europeu.

É estruturado em seis modelos conforme Wielinga (1994), que devem ser instanciados para um sistema a ser construído. Os modelos propostos estão sintetizados na FIGURA 2, a seguir:

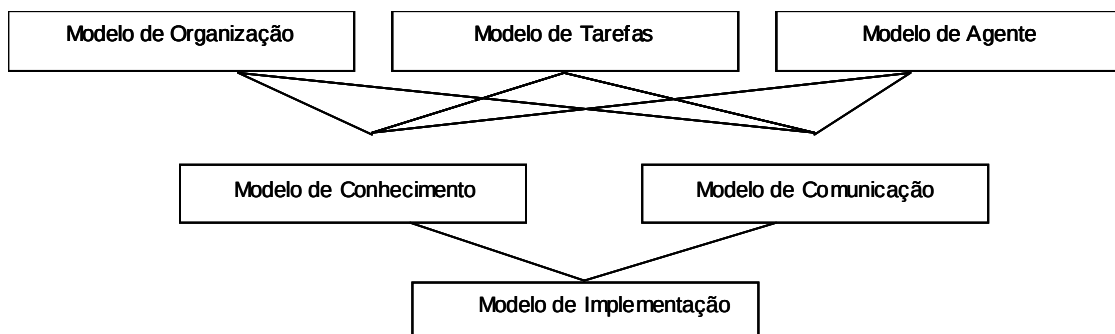


Figura 2. Os modelos do CommonKADS. Wielinga (2000,p.18)

- Os modelos de **organização, tarefa e agentes** analisam o meio organizacional e os correspondentes fatores de sucesso críticos para um sistema de conhecimento.
- Os modelos de **conhecimento e comunicação** fornecem as descrições conceituais das funções de resolução dos problemas e os dados que são manuseados e entregues pelo modelo de conhecimento.
- O modelo de **implementação** converte tudo isto numa especificação técnica que é a base para implementação de um sistema de software.

A idéia central é que estes modelos sejam utilizáveis à medida que forem necessários na construção de um sistema. Cabe ao projetista de SBC escolher os modelos adequados para o seu projeto.

3.2.1 A tarefa *Template* e o seu Conhecimento

O ponto central da modelagem do sistema CommonKADS é a seleção de qual ou quais tarefa(s) *template(s)* reutilizável(is) é (são) mais adequada(s) para incorporação do conhecimento do domínio em análise.

A tarefa *template* é uma tarefa de conhecimento intensivo que possui na sua estrutura, conforme descrição de Abel (2002), 3 categorias epistemológicas:

- conhecimento da tarefa;
- conhecimento de inferência; e,
- conhecimento do domínio.

O CommonKADS possui uma coleção pré-definida de modelos de conhecimento, na forma de Tarefas *Templates*. Essa coleção pode ser de grande ajuda ao engenheiro do conhecimento. Estas tarefas formam um tipo comum de combinação reutilizável de elementos de modelagem, e podem ser separadas em dois grupos: tarefas analíticas e tarefas sintéticas. O esquema a seguir apresenta esses dois blocamentos:

TAREFAS DE CONHECIMENTO INTENSIVO

(hierarquia baseada por tipos de problemas a resolver)

Tarefas analíticas: classificação, diagnóstico, predição, avaliação e monitoração.

Tarefas sintéticas: projeto, planejamento, atribuição, escalonamento, modelagem.

Wielinga (2000, p.128-166) apresenta um catálogo destas *templates*, analisando de cada uma: objetivos, bem como combinações de tarefas em determinadas aplicações.

4. Metodologia para capturar o conhecimento tácito da MCC numa tarefa Template

A metodologia proposta tem por objetivo agregar o conhecimento intensivo às tarefas advindas dos critérios estabelecidos para um processo de MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) e com o suporte da estrutura do CommonKADS, disponibilizá-las de forma padronizada e integrada, aos ambientes da empresa, em especial os de tomada de decisão.

A metodologia proposta neste trabalho é constituída de 3 fases, a saber:

Fase 1: Extração do conhecimento inerente aos ativos

Esta fase engloba o levantamento do conhecimento e as habilidades de trato dos ativos dentro da empresa, estruturada pelos critérios estabelecidos para MCC constantes na norma SAE-JA1011 e guiada pelas considerações constantes na norma SAE-JA1012.

Fase 2: Explicitação dos conhecimentos dos ativos na forma de tarefas

Nesta fase ocorre o preenchimento do algoritmo de MCC segundo a orientação da norma SAE-1012, estabelecendo as tarefas de conhecimento de MCC, utilizadas na solução dos problemas dos ativos.

Fase 3: Modelagem do Conhecimento das Tarefas de MCC

Nesta fase modelam-se as tarefas de MCC e seus conhecimentos utilizando o sistema CommonKADS, estabelecendo-se bases de conhecimento padronizadas, explícitas e reutilizáveis.

5. Aplicação da metodologia num caso real e suas considerações

Foi utilizada neste trabalho a reunião de dois casos reais de aplicação de MCC. O primeiro refere-se ao projeto piloto de MCC aplicado à subestação de Adrianópolis - setor de 500KV e apresentado em Vizzoni (1999). Este caso mostra todo o processo de MCC documentado até o efeito de falha por cada modo, mas não chega no ponto primordial de estabelecer as tarefas de MCC.

O segundo caso foi apresentado pela SQL Systems, Sql (2000) aplicado numa instalação industrial. Contém as planilhas de MCC inteiramente documentadas, porém foi omitido em todo o trabalho do grupo de MCC. Fazendo-se a conjunção dos dois processos, foi possível de forma global analisar detalhadamente toda a metodologia proposta, que se encontra em Alkaim (2003).

Neste ponto cabe ressaltar alguns itens de grande relevância para a compreensão desta funcionalidade, baseado na experiência prática.

(1) O processo de MCC constitui-se num poderoso método de elicitação do conhecimento. Os documentos levantados e concluídos pelo grupo fornecem ao engenheiro do conhecimento, todo o suporte necessário para a estruturação ontológica do domínio, como:

- vocabulário de conceitos
- tipos e valores dos conceitos
- estrutura de relacionamento destes conceitos

(2) Segundo Schreiber (1994), a modelagem do conhecimento não é simples e se expressa da seguinte forma: *“This is a difficult area, because the modelling process itself is a constructive problem-solving activity for which no single good solutions exists”*. Realmente a modelagem do conhecimento não tem uma forma pré-definida de solução, exigindo do engenheiro do conhecimento muita habilidade para o seu desenvolvimento.

(3) O processo de MCC pode ser desmembrado em duas tarefas templates: DIAGNÓSTICO + PLANEJAMENTO. Segundo Wielinga (2000, p.165) esta seria uma combinação lógica. O resultado de DIAGNÓSTICO pode ser usado como objetivo para o PLANEJAMENTO de ações corretivas.

Neste trabalho foi aplicada ao processo ,somente a tarefa DIAGNÓSTICO , deixando o desenvolvimento da tarefa PLANEJAMENTO para uma posterior investigação.

(4) Após aplicar a metodologia proposta , constatou-se sua funcionalidade, e obteve-se todo o processo de MCC transformado em tarefa de conhecimento intensivo, estruturada em seus 3 níveis de conhecimento ou categorias epistemológicas: **conhecimento de tarefa, conhecimento de inferência e conhecimento do domínio** com suas estruturas ontológicas e bases de conhecimento.

Chama-se atenção para o fato , de que o processo de MCC pode ser aplicado em qualquer outro domínio, pois não alteraria a estrutura de DIAGNÓSTICO desenvolvida neste trabalho, bastando apenas colocar nas bases de conhecimento, as instâncias inerentes ao novo domínio.

Esta metodologia é uma forma de capturar e encapsular conhecimento , inclusive os não documentados, contribuindo para novas soluções em manutenção de sistemas, bem como contribuir para a difusão da gestão e engenharia do conhecimento. Este fato insere-se num contexto de alta relevância a nível mundial, pois órgãos de pesquisa como o EPRI dos Estados Unidos, por meio dos seus cientistas tem procurado com intensidade, métodos de captura do conhecimento não documentado, principalmente nas indústrias de energia elétrica, conforme atestado em EPRI (2002).

6. Referências Bibliográficas

- Abel, Mara, (2002), “Sistemas de Conhecimento”, <http://www.marabel.inf.ufrg.br/Publico/Disciplinas/inf1039.htm>, julho.
- Alkaim, J. L. (2003), “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.
- Chandrasekaran, B. (1986) “Generic Tasks in Knowledge – based Reasoning: High-level Building Blocks for Expert System Design”, <http://www.cis.ohio-cis.edu/~chandra>, junho.

- Benamins, V. Richard et al. (1998), "Knowledge Engineering: Principles and Methods", Data & Knowledge Engineering, n°25, p.161-197.
- CEPAL. (2000) "América Latina e o Caribe na transição para a sociedade do conhecimento", Reunião Regional de Tecnologia da Informação para o Desenvolvimento, Florianópolis, p.11-12, janeiro.
- Clancey, W. J. (1985), "Heuristic Classification". Artificial Intelligence, v27, n.3, p.289-350, Amsterdam.
- Commonkads. (2000), "Engineering and Management Knowledge", <http://www.commonkads.uva.nl/homepagedef.html>, setembro.
- Durkin, John, (1994), "Expert System – Design and Development", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, p.06.
- EPRI, (2002) "Capturing Undocumented Knowledge of Industry Personnel". <http://www.epri.com/journal/>, agosto.
- ESPRIT. (2003) "European Strategic Program for Research and Development in Information Technology", <http://www.cordis.lu/esprit/>, janeiro.
- Filho, Gil Branco, (2000) "Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade", 2. ed. Ciência Moderna, Rio de Janeiro.
- KADS, (2002) "The KADS Approach to Knowledge Engineering", <http://www.swi.psy.uva.nl/usr/Schreiber/papers>, março.
- Marcus, (1988), "Automating Knowledge Acquisition for Experts Systems", Kluwer Academic Publisher, Boston.
- Moubray, John, (1997) "RCM II – Reliability – Centered Maintenance", 2. ed. Industrial Press Inc, New York.
- Musen, M. A. et al. (1998), "Use of a Domain Model to Drive an Interactive Knowledge Editing Tool", Knowledge-Based Systems, Vol.2: Knowledge Acquisition Tools for Experts Systems, Boose, J.H.& Gaines, B. R., p.257-273, Academics Press, London.
- Netherton, Dana, (2002) "Failure Mode: Issues Surrounding Its Definition", <http://www.athoscorp.com>, dezembro.
- Nonaka, I. e Takeuchi, H. (1997) "Criação de Conhecimento na Empresa", 2. ed. Campus, São Paulo.
- PROTEGE-II, (2000), "The Protégé Project", <http://smi-web.stanford.edu/projects/protege/>, setembro.
- SAE-JA1011, (1999) "Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes", Society of Automotive Engineers, p.07-10, Agosto.
- SAE-JA1012, (2002) "A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard", Society of Automotive Engineers, Janeiro.
- Schreiber, Guus, (1992) "Pragmatics of the Knowledge Level", Tese de Doutorado submetida a University of Amsterdam, Department of Social Science Informatics. <http://www.swi.psy.uva.nl/usr/Schreiber92c.html>, Janeiro.

- Schreiber, G., Wielinga, B., Akkermans, H., Velde, W.V. de and Anjewierden, A. (1994) "CML: The CommonKADS Conceptual Modeling Language". Proceedings of 8th. European Knowledge Acquisition Workshop (EKAW'94), <http://web.swi.psy.uva.nl/projects/kads22/cml2doc.html>, março.
- SQL Systems. (2000), "Curso de Formação em RCM2 – Reliability-Centered Maintenance", junho, São Paulo.
- Steels, L. (1990) "Components of Expertise". AI Magazine, v.11, n°2, p.28-49.
- Vizzoni, Edson et al. (1999), "Projeto Piloto de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) – Subestação de Adrianópolis – Setor de 500 kV. ABRAMAN", 14° Congresso Brasileiro de Manutenção, Foz do Iguaçu.
- Wielinga, B. et al. (2000) "Knowledge Engineering and Management-The CommonKADS Methodology", The MIT Press, Cambridge, MT.
- Wielinga, B. e Schreiber, G. (1994) "Conceptual Modeling on Large Reusable Knowledge Bases". Management and Processing of Complex Data Structures, Von Luck, K., Marburger, H. Springer-Verlag, Berlin, p.28-37.