

HRCSytem: Sistema Multiagente BDI como Auxílio na Gestão de Profissionais por Competências

Stefan Oliveira^{1*} and João Carlos Gluz¹

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS
Av. Unisinos, São Leopoldo, RS. stefanoliver@gmail.com, jcgluz@unisinos.br

Abstract. This work presents the development of the HRCSytem (System to Query Human Resources) from conception up to the experiments for validation. Intrinsic to the development of the application are the concepts of research areas as Project Management, Competencies Management and Agent-Oriented Software Engineering. HRCSytem goal is to assist project managers in choosing a professional that is more appropriate for some activity, considering the competencies and availability of the professional. To do so, HRCSytem implements a cognitive model aimed to represent human competency concepts and competence management processes of psychological nature. This cognitive model of competencies is also presented in this work. Methodologies like TROPOS, Prometheus and Methods Derived from ITS support analysis and design phases of the system. The implementation phase is executed with the help of Agent-Speak(L) language and JASON tool. Finally, both model and system are validated by empirical experiments.

1 Introdução

O problema abordado neste trabalho tem como característica mais geral a dificuldade que o responsável (pela escolha de um profissional para executar uma atividade de projeto) tem em selecionar um profissional que seja o mais adequado para uma determinada atividade, principalmente quando é fundamental a sinergia entre competência e disponibilidade. Este problema se desdobra em questões específicas ao conceito de Gestão de Pessoas por Competências [1], que estabelece um mapeamento de competências no ambiente a fim de elicitar informações de qualificação e desempenho de atividades e de profissionais.

Um outro aspecto bastante interessante apresentado neste trabalho é a combinação de importantes metodologias de desenvolvimento de sistemas multiagente, TROPOS [2] e Prometheus [3], que juntamente com os Métodos de ITS [4] norteiam o desenvolvimento do HRCSytem (leia-se: Sistema de Consulta a Recursos Humanos).

Este artigo está dividido em seções que apresentam: trabalhos correlatos a este, o modelo cognitivo de competências implementado pelo sistema HRCSytem, detalhamento das fases do desenvolvimento do sistema e conclusões.

* Supported by CAPES.

2 Trabalhos Correlatos

Existem três trabalhos que chamam bastante atenção pela similaridade entre seus conceitos, ontologias e modelos de competências e as idéias empregadas no desenvolvimento do HRCSys^{tem}. Em [5] Vasconcelos propõe um sistema que permite a criação dinâmica de ontologias conforme o processo corporativo que se deseja mapear, permitindo uma aplicação em diferentes ambientes desde que mapeados os elementos para compor a ontologia. Apesar de poder ser aplicado a vários domínios de aplicação, o modelo proposto neste trabalho segue sempre a mesma ontologia que define a existência de perfis de atividade, de papéis, de competências e de profissionais e seus respectivos insumos e requisitos. Há também bastante semelhança na identificação de elementos da área de gestão de projetos e na criação de uma ontologia para a manipulação de competências.

O trabalho de Lundqvist [6], em comparação com nossa proposta, também propõe o *matching* entre diferentes perfis de profissionais. O trabalho apresenta a aplicação da ontologia proposta no domínio *eLearning*, onde são definidos *personal profiles* e um *competency profile* desejado. Neste contexto, é feita uma análise das habilidades utilizando o motor de inferência de ontologias para identificar quais competências são compatíveis e um possível *gap* de proficiência.

A pesquisa de Ley [7] apresenta uma estrutura de desempenho de competência para prever a condição de competência de uma pessoa a partir do tipo de tarefas realizadas com sucesso no passado, prever o desempenho em tarefas futuras, e sugerir recursos que possam auxiliar em novas tarefas. Destes recursos, está implementado no HRCSys^{tem} a sugestão de recursos para auxiliar no melhoramento do currículo profissional, podendo auxiliar na execução de tarefas futuras. Ley [7] ainda considera o levantamento de perfis de profissionais pela modelagem da atividade humana (feito para proporcionar um entendimento de como as pessoas trabalham, a fim de estabelecer uma base de informações), e também perfis de atividades, competências e papéis pela modelagem do objetivo do sistema (usado para modelar seu escopo e a dependência entre os atores com base nos objetivos a serem alcançados). Estas características estão todas modeladas na fase de análise do sistema HRCSys^{tem}, em que são aplicadas as fases iniciais de TROPOS [2].

No nosso trabalho, tanto o mapeamento de competências, quanto a definição de requisitos mínimos para as competências foram especificados por especialistas do domínio de aplicação. Em [7], o mapeamento de competências organizacionais é fundamentado nos trabalhos de [8] e [9]. E semelhantemente, com base em entrevista a especialistas, foi criada uma matriz que associa competências a cada tarefa mapeada, onde estão indicados os requisitos mínimos (competências) para cada tarefa. Ambos os trabalhos consideram as competências necessárias a uma tarefa/atividade para analisar o *gap* apresentado pelo perfil de competências do profissional.

A criação de modelos de contexto em [7], se assemelha à criação dos modelos conceituais da fase de análise do HRCSys^{tem} (representação do comportamento de um profissional no ambiente de trabalho), onde, posteriormente, este comportamento é reconhecido e implementado por um agente. Outra semelhança é

o fato de considerar elementos como desempenho e qualidade na inferência de competências.

Conceitos sobre gestão por competências fundamentam o modelo cognitivo de competências proposto neste trabalho. Os conceitos considerados para a criação do modelo são apresentados em [1], onde Carbone propõe uma estruturação destes conceitos a fim de que representem competências que contenham elementos condizentes com as necessidades da organização (referenciais de desempenho) e que contenham dimensões para classificação de insumos, os quais são oferecidos pelos profissionais (dimensões de competência).

Não é objetivo deste trabalho propor qualquer novo modelo de gestão de pessoas por competências, mas sim partir de modelos estabelecidos, particularmente aqueles que se focam em aspectos psicológicos das dimensões de competência, para projetar e desenvolver ferramentas computacionais de auxílio ao processo de seleção de pessoal.

3 Modelo Cognitivo de Competências

O modelo é composto por uma *Classe de Atividades*, que especifica os diferentes tipos de atividades ou tarefas possíveis na organização, que podem ou não estarem segmentadas por departamento ou hierarquia, por exemplo, mas que usualmente são parte de um processo. A *Classe de Papéis* define quais tipos de papéis podem assumir uma dada tarefa, em que neste caso, uma atividade de gerência somente poderia ser executada por um profissional que possui papel de gerente. Dessa forma, uma atividade é executada por um profissional que realiza um papel específico.

Para alcançar sucesso na execução de uma atividade é preciso satisfazer uma ou mais competências, dispostas sob a forma de uma *Classe de Competências*. Uma competência é caracterizada como um agrupamento de referenciais de desempenho, os quais são mensurados durante a execução de uma atividade. Este agrupamento estabelece um perfil de desempenho que é definido em conformidade com objetivos estratégicos da organização e pela observação de certos comportamentos de profissionais e equipes diretamente relacionados à competência. O modelo proposto está representado na Figura 1.

Em essência, um perfil de desempenho deve ser formado por um conjunto de referenciais, cada um apontando para um objetivo ou comportamento observável que represente uma competência. Contudo, neste trabalho optamos por integrar referenciais de desempenho com "dimensões de competência", provendo uma classificação de referenciais de competência em três dimensões: conhecimentos, habilidades e atitudes. Tais dimensões representam os insumos necessários para que um profissional seja eficiente na execução de uma atividade e possuem requisitos mínimos a serem atendidos.

Uma vez identificado o perfil de uma competência, este pode ser comparado ao perfil de cada profissional da organização, definido pela *Classe de Profissionais*, procurando pelo melhor perfil profissional capaz de executar a competência.

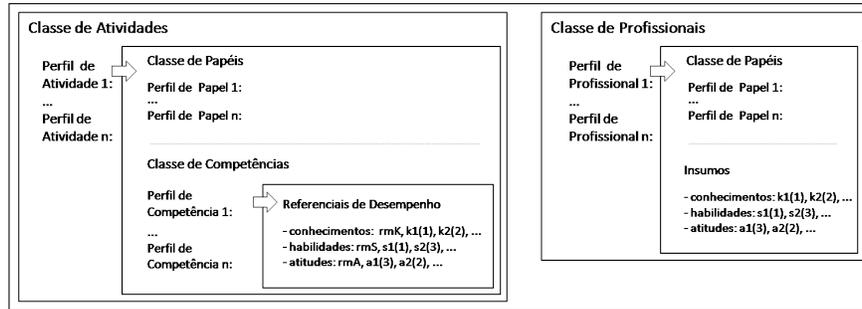


Fig. 1. Modelo Cognitivo de Competências

Um perfil de profissional é composto basicamente por informações sobre as dimensões de competência: conhecimento, habilidade e atitude.

O modelo cognitivo de competências permite a identificação de *gaps* de competências, em que se faz uma comparação entre as competências existentes e as competências desejadas a indivíduos e organizações. Além disso, o modelo proposto é genérico e independe de domínio para ser implantado. Pode ser facilmente implementado desde que haja viabilidade em representar seus conceitos de: atividade, papel, competência (referenciais de desempenho e insumos) e profissional.

No entanto, o interesse do trabalho está em aplicar o modelo cognitivo de competências em um processo de gestão de pessoas por competências.

4 Desenvolvimento do HRCSytem

O desenvolvimento do sistema multiagente HRCSytem foi dividido em quatro etapas que compreendem: análise do domínio, projeto da solução, implementação e experimentos de validação.

4.1 Análise do Domínio

De acordo com entrevistas não documentadas feitas a profissionais especialistas em ambientes de desenvolvimento de software, pôde-se certificar que o domínio de aplicação é composto por cinco categorias de atores, os quais realizam comunicação entre si para atingir um objetivo comum, o desenvolvimento de um software. Sempre que necessário, normalmente quando há uma nova solicitação de desenvolvimento, é feito um levantamento de informações dos colaboradores vinculados ao processo de desenvolvimento. Este levantamento tem o propósito de relacionar todos os profissionais que atendam a determinadas características (competências), as quais são inerentes à execução de atividades da nova solicitação. Este levantamento também visa obter informações sobre a disponibilidade do colaborador em participar de outros projetos, considerando alguns fatores como: a prioridade do projeto no qual o recurso está alocado, quanto

tempo o recurso permanecerá alocado, e se já possui solicitação para futuras alocações.

Os atores existentes no domínio são representações de papéis normalmente encontrados em ambientes de desenvolvimento de software. Nestes ambientes, usualmente, são encontrados atores que desempenham papéis de Gerente de Projeto, Líder de Equipe, Desenvolvedor, Consultor de RH (Recursos Humanos) e Cliente. Isto não significa que não possam existir outros papéis além destes, como por exemplo, Engenheiro de Software.

A identificação de requisitos é feita pela utilização da metodologia TROPOS [2] que é aplicada parcialmente, dando foco especificamente às fases Requisitos Iniciais *Early Requirements* e Requisitos Finais *Late Requirements*. Requisitos Iniciais é a primeira fase de TROPOS e faz uso da técnica i^* [10] para representar o domínio. Nesta fase são criados dois modelos, um SD (*Strategic Dependencies*) e um SR (*Strategic Reasons*), em que o domínio é representado respeitando a realidade do ambiente organizacional onde o sistema será implantado. Até esta etapa do desenvolvimento são representados somente os atores e suas relações de dependência. Requisitos Finais (*Late Requirements*) é a segunda fase de TROPOS e assim como a fase anterior, faz uso da técnica i^* para representar o domínio e criar dois modelos, um SD e um SR. A diferença entre as duas fases é basicamente o foco dado à existência do futuro sistema no domínio, que neste momento, passa a ser considerado nos modelos. Também pode ocorrer algum tipo de refinamento nas relações de dependência em virtude da representação do sistema.

A metodologia TROPOS sugere muitas arquiteturas para a implementação de soluções multiagente. Contudo, por conta da aderência do sistema HRC-System aos Critérios de Aplicabilidade propostos por Vicari e Gluz [4] é mais apropriado utilizar a arquitetura *Triad Architecture*, também proposta em [4]. O Critérios de Aplicabilidade funcionam como uma *checklist* para testar a adesão de uma proposta de sistema multiagente a conceitos considerados fundamentais em uma implementação de sistema multiagente BDI.

4.2 Projeto Arquitetural da Solução

Na *Triad Architecture* é possível classificar os atores do sistema de acordo com subdomínios, que possuem características bem definidas, como mostrado na Figura 2.

Baseado no modelo SR da fase Requisitos Finais, o ator que representa o sistema sofre uma "eclosão" sendo subdividido em um sistema de várias entidades (agentes) distintas. E através de um mapeamento do modelo SR para o projeto arquitetural, estas entidades são classificadas nos subdomínios SMI *Social Mediated Interactions*, PS *Problem Solving* ou UAM *Users and Agents Modelling* dando origem aos agentes do sistema. Neste momento também são criados agentes cuja origem está baseada na necessidade de interação do sistema com estruturas externas, como por exemplo, um agente especialista em acesso a bases de dados, e também é momento para sintetizar os papéis, como por exemplo, o Gerente de Projetos e o Líder de Equipe que possuem forte semelhança em suas

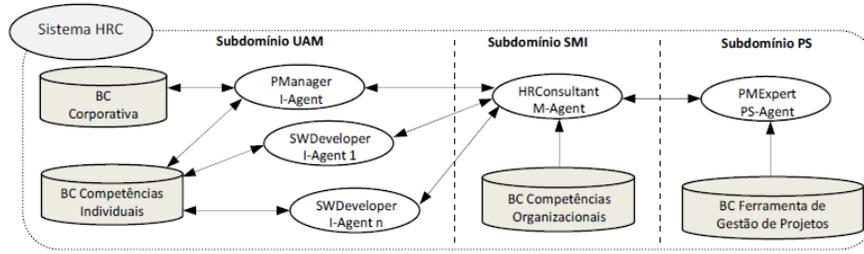


Fig. 2. Arquitetura Triad - Mapeamento de agentes para subdomínios

atividades, permitindo a junção dos papéis que posteriormente dá origem a um único agente.

Conforme mostrado na Figura 2, existem quatro diferentes tipos de agentes na arquitetura do sistema HRCSytem. Observando os subdomínios, percebe-se que dois deles são agentes de interface (agentes PManager e SWDeveloper) que representam os interesses dos usuários dentro do sistema, pois pertencem ao subdomínio UAM. Outro tipo de agente encontrado (agente HRConsultant) pertence ao subdomínio SMI e realiza papel de mediar os conflitos entre a alocação de recursos atual dos projetos, os perfis de competências dos profissionais e as necessidades dos seus usuários (em particular dos gerentes de projeto). O quarto tipo de agente percebido (agente PMExpert) pertence ao subdomínio PS e tem o papel de responder questões sobre alocação de recursos em projetos.

Cada tipo de agente deve ter seu modelo cognitivo especificado, pois serão úteis na compreensão das características, comportamentos, objetivos e ações do agente no ambiente do sistema. Os modelos também auxiliarão na definição de estratégias utilizadas para atingir os objetivos do agente e irão complementar a documentação do sistema.

O modelo proposto para representar os agentes mapeados é derivado do modelo proposto por [11] que relaciona aspectos como: conhecimento metacognitivo, objetivos e ações (ou estratégias). O modelo metacognitivo de agentes do sistema HRCSytem é mostrado na Tabela 1.

Crenças	Conhecimento sobre si próprio, sobre fatores ou variáveis de suas atividades e suas estratégias
Objetivos	Metas a serem alcançadas, as quais estão diretamente relacionadas às suas relações de dependência no ambiente (satisfazer ou demandar solicitações), e à sua razão em existir (representar um ator, por exemplo)
Planos	Ações definidas a partir de algoritmos e heurísticas para alcançar os objetivos

Table 1. Modelo Metacognitivo de Agentes do HRCSytem

Os agentes possuem crenças, objetivos e planos dentro do ambiente. Estas informações são representadas por estados mentais, sejam eles de informação ou de pró-atividade. Neste contexto, os estados mentais de informação correspondem às três dimensões que compõem uma competência. Sendo assim, os agentes possuem como crença tudo aquilo que dominam como conhecimentos, habilidades e atitudes. Os estados mentais pró-ativos correspondem aos objetivos do agente dentro do ambiente e aos planos de execução das ações para atingir os objetivos. Os objetivos são representações de desejos dos profissionais reais, combinados a desejos inerentes aos propósitos dos agentes. Os planos definem a maneira como as ações serão executadas e podem ser estabelecidos com base em algoritmos e heurísticas, e portanto, são utilizados para guiar a implementação do comportamento dos agentes.

4.3 Implementação

A implementação do HRCSsystem foi realizada no ambiente de desenvolvimento integrado JASON que é um ambiente completo e totalmente funcional para a linguagem de programação AgentSpeak(L). O sistema é composto por quatro papéis de agentes, identificados como PManager, SWDeveloper, HRConsultant e PMExpert. Estes agentes interagem entre si para cumprir o principal objetivo do sistema - identificar qual profissional é mais adequado para executar uma determinada atividade.

A consecução dos objetivos dos agentes acontece pela execução de algoritmos e heurísticas implementados por meio de seus planos, regras em código AgentSpeak(L). Por exemplo, para selecionar o profissional mais apropriado para uma atividade em particular, o agente HRConsultant deve ser capaz de estabelecer um ordenamento entre os vários profissionais aptos para desempenhar a atividade. A heurística usada para estabelecer este ordenamento assume um caráter dimensional, em termos de volume geométrico, para agregar as competências de um dado profissional. Utilizando esta heurística é possível calcular o "volume" das competências do profissional, onde, para cada dimensão deste volume, são contadas somente as competências que satisfazem o perfil da atividade, devidamente ajustadas pelo peso que tais competências tem na atividade. Assim o volume de competências de um profissional resulta da fórmula: $VolP = SumK * SumS * SumA$, onde: SumK é a soma do peso de todos os insumos de conhecimento compatíveis resultantes do *match* entre insumos desejados (exigidos para executar bem uma atividade) e insumos disponibilizados (possuídos pelo profissional analisado). Da mesma forma, são obtidos os valores para SumS (insumos de habilidade) e SumA (insumos de atitude).

A Figura 3 ilustra a disposição de perfis de profissionais em três eixos, onde no eixo x estão representados os valores da soma dos insumos da dimensão de conhecimento, no eixo y os valores da dimensão de habilidades e no eixo z os valores da dimensão de atitudes. Dessa forma é possível presumir que quanto maior o valor de volume de competência de um profissional, maior será sua capacidade em realizar bem uma determinada atividade.

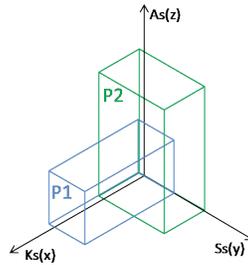


Fig. 3. Disposição de Volumes de Competências em Três Dimensões

4.4 Estudo de Caso e Experimentos

As habilidades do HRCSsystem foram testadas a partir de um estudo de caso aplicado ao processo de criação de websites. Este estudo de caso foi baseado em informações reais obtidas a partir de entrevistas feitas a especialistas em desenvolvimento de websites de uma pequena empresa de desenvolvimento de software. O caso foi elaborado em conformidade com a missão e visão da organização, atendendo ao seu planejamento estratégico.

Para criar o Modelo de Competências para esta organização nós analisamos seu processo de desenvolvimento de websites, o qual é composto por 13 níveis de status de projeto e compreende 43 atividades específicas. Nós também entrevistamos todos os profissionais presentes na empresa durante a fase de testes para criar o perfil de competências de cada um deles.

Os testes do HRCSsystem foram planejados como experimentos científicos objetivando: (a) checar a aplicabilidade do Modelo de Competências, e (b) validar a funcionalidade do sistema. No estado atual do modelo, o objetivo (a) requer testes empíricos, e um experimento de controle independente, provido por um especialista humano. O experimento de controle foi realizado através do preenchimento de um questionário por um gerente de projetos da organização, indicando os profissionais os quais acredita serem os mais adequados para realizar uma dada atividade. Em seguida, estas indicações foram comparadas aos resultados das execuções de simulação do HRCSsystem.

Do conjunto total de atividades de desenvolvimento de website, escolhemos oito para testar o HRCSsystem, considerando a importância dentro da fase a que pertence. As atividades escolhidas foram: Criar Proposta, Criar Descritivo, Criar Layout de Página Principal, Criar Banner, Configurar Administração, Marcar Objetos, Criar CSS e Testar Requisitos. No cenário fornecido pelo gerente de projetos, consta a indicação para cada uma das atividades a data de início e fim e pelo menos duas opções de profissionais para realizá-la, ordenados do mais adequado para menos adequado.

O experimento de simulação foi conduzido nas mesmas condições que o experimento de controle, ou seja, os mesmos cenários utilizados nos testes de controle foram utilizados nos testes de simulação. E pela comparação entre os resultados obtidos em ambos os experimentos, resultou a Tabela 2.

Atividade	GP	HRCS	1ª Opção	2ª Opção
Criar Proposta	P2 P5	P8 P4 P2		X
Criar Descritivo	P5 P1	P2 P4 P8		
Criar Layout Principal	P2 P8	P2 P4 P8	X	X
Criar Banner	P8 P4	P2 P4 P8		X
Configurar Administração	P4 P8	P4 P8	-	X
Marcar Objetos	P6 P9	P2 P4 P6		X
Criar CSS	P4 P9	P4 P6 P8	X	
Testar Requisitos	P6 P9	P6 P8 P4	X	

Table 2. Comparação entre escolhas do Gerente de Projetos e HRCSytem

Analisando os resultados da tabela nota-se uma grande similaridade entre as informações fornecidas pelo PM e informações resultantes da execução do HRCSytem. Contando somente as equivalências que existem como primeira opção, o sistema HRCSytem indicou o mesmo profissional que o gerente de projetos em 50% dos casos. Se considerarmos também uma segunda opção, o sistema indicou o mesmo profissional em 7 das 8 atividades, uma compatibilidade de 87,5%.

Estranhamente, verificou-se que para a atividade "Criar Descritivo", nenhuma das opções indicadas pelo PM sequer aparecem nos resultados retornados pelo sistema. Em consequência disso, foi feita uma análise detalhada na base de conhecimento de competências individuais, onde constatou-se que os perfis não existiam, porque os correspondentes profissionais não forneceram as informações em virtude de estarem viajando. É importante ressaltar que este tipo de acontecimento está propício a acontecer, uma vez que para a criação das bases de conhecimento do sistema é preciso haver mobilização dos profissionais do ambiente de aplicação.

5 Conclusões

Após analisar os resultados produzidos pelo desenvolvimento deste trabalho, nota-se que foi elaborado um modelo computacional para competências baseado em modelos cognitivos bastante consistente, uma vez que produz resultados bastante semelhantes aos obtidos em um ambiente real; também fez-se a especificação da arquitetura e o desenvolvimento do protótipo através da utilização de técnicas e metodologias de desenvolvimento de sistemas multiagente, envolvendo a junção de partes específicas de TROPOS, Métodos de ITS e Prometheus, favorecendo para um desenvolvimento facilitado de sistema devido à forte integração entre as informações resultantes do uso de cada metodologia; e ainda, a execução do sistema favorece para que o ambiente de desenvolvimento de software esteja em conformidade com o processo de Gestão de Pessoas definido

pelo PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), uma vez que fornece subsídios para seus três processos: planejamento organizacional, montagem da equipe e desenvolvimento da equipe de projeto.

Acreditamos que este trabalho tenha trazido contribuições significativas para o cenário de pesquisa nas áreas de gestão de competências e de projeto e desenvolvimento de sistemas multiagente. A contribuição principal para a gestão de pessoas por competências se deu através da criação do Modelo Cognitivo de Competências proposto em [12], e pela aplicação do HRCSystem no contexto de gerência de projetos de software. Na área de projeto e desenvolvimento de sistemas multiagente houve duas contribuições que podem ser ressaltadas: a combinação de forma integrada de várias metodologias de AOSE, uma delas bastante recente [4], no projeto do sistema, e a demonstração da viabilidade da aplicação da metodologia proposta em [4], em um domínio bem distinto onde esta metodologia foi originalmente desenvolvida. Em essência, consideramos ter concluído satisfatoriamente todos os objetivos propostos para o trabalho e esperamos que um dia este venha a ser uma ferramenta comercial.

Para maiores informações sobre o HRCSystem, recomendamos consultar [12].

References

1. Carbone, P.P.e.a.: *Gestão por Competências e Gestão do Conhecimento*. 2th edn. FGV (2006)
2. TroposProject: (2007) "TROPOS: Requirements-Driven Development for Agent Software", <http://www.troposproject.org/>, Acesso em Dezembro.
3. Padgham, L.; Winikoff, M.: Prometheus: A methodology for developing intelligent agents. (2002) In proceedings of the Third International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering, at AAMAS'02.
4. Vicari, R. M.; Gluz, J.C.: An its view on aose. **1**(3/4) (2007) 295–333 International Journal of Agent-Oriented Software Engineering.
5. Vasconcelos, J.e.a.: A group memory system for corporate knowledge management: An ontological approach. (outubro 2000) Proceedings of the 1st European Conference on Knowledge Management - ECKM.
6. Lundqvist, K. O.; Baker K. D.; Williams, S.A.: An ontological approach to competency management. (2007) School of Systems Engineering.
7. Ley, T.e.a.: Modelling competencies for supporting work-integrated learning in knowledge work. **6**(12) (2008) Journal of Knowledge Management.
8. Van den Berg, P.: Competencies for work domains in business computer science. **7**(4) (1998) 517–531 European Journal of Work and Organisational Psychology.
9. for O*NET Development, N.C.: (2005) "Data Dictionary - O*Net", Employment Security Commission.
10. Yu, E.; Mylopoulos, J.: Towards modelling strategic actor relationships for information systems development. (1994) Proceedings of the 4th Workshop on Information Technologies and Systems.
11. Flavell, J.H.: Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. (1979) 906–911 American Psychologist.
12. Oliveira, S.; Gluz, J.C.: Hrcsystem: Sistema multiagente BDI como auxílio na gestão de profissionais por competências. Master's thesis, Universidade do Rio dos Sinos - Mestrado em Computação Aplicada (2009)