



ASSISTENTE DE CONHECIMENTO CONCEITUAL COMO UM SISTEMA INTENCIONAL PARA PROCESSOS TUTORIAIS EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Luciano Frontino de Medeiros

Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Professor do Centro Universitário Internacional, Brasil.

E-mail: luciano.me@uninter.com

Alvino Moser

Doutor em Ética pela *Université Catholique de Louvain*, Bélgica. Professor do Centro Universitário Internacional, Brasil.

E-mail: alvino.m@uninter.com

Neri dos Santos

Doutor em *Ergonomie de l'Ingenierie* pelo *Conservatoire National des Arts et Metiers*, França. Professor do Centro Universitário Internacional, Brasil.

E-mail: neri.s@uninter.com

Resumo

Este artigo descreve o Assistente de Conhecimento Conceitual (ACC), uma ferramenta com arquitetura multiagente, construída para interação com o usuário através de processamento de linguagem natural, com o objetivo de fornecer conhecimentos relacionados a um domínio específico, tendo a finalidade de atuar como tutor de conteúdo em educação a distância. O ACC utiliza técnicas de busca aproximadas de termos a partir das perguntas fornecidas, processadas por uma camada de filtros, utilizando uma ponderação de métricas para classificação e armazenando novas perguntas caso não estejam na base de conhecimento de perguntas. O conhecimento é organizado na forma de ontologias, com a estrutura de metac conhecimento baseada na tríade objeto-atributo-valor. Como referenciais teóricos, são citados a Inteligência Artificial, a interação humano-computador e os sistemas intencionais de Dennett. Na sequência, descreve-se a estrutura e funcionamento do ACC mostrando a interação entre os agentes e exemplificando com uma conversa típica de um processo de tutoria de conteúdo. Ao final, propõe-se uma discussão sobre aspectos relacionados ao escopo e utilidade da ferramenta, bem como do papel a ser desempenhado pelo professor, concebido no contexto do ACC como um engenheiro de conhecimento e um planejador pedagógico. Nas considerações finais consta o estado atual da pesquisa.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Sistemas Tutoriais Inteligentes. Ontologias. Sistemas Intencionais. Educação a Distância.

KNOWLEDGE WORKER CONCEPT AS A SYSTEM FOR INTENTIONAL TUTORIALS PROCESSES IN DISTANCE EDUCATION

Abstract

Presents the Knowledge Conceptual Assistant (KCA), a tool with multi-agent architecture built for user interaction through natural language processing, with the goal of providing knowledge related to a specific domain, organized as domain ontologies and having the structure of meta-knowledge based on the triad object-attribute-value. KCA uses search techniques approximate terms from the questions provided, processed by a filter layer, using a weighting of metrics for classifying and storing new

questions that may not be part of the questions knowledge base. As theoretical baselines are cited Artificial Intelligence, human-computer interaction and Dennett's intentional systems theory. The KCA structure and functionality are described, showing the interaction between internal agents, having an example of a typical content tutorial conversation. At the end, it's argued about some issues related to the scope and utility of this tool, as well as the role of the teacher, conceived in the KCA context as a knowledge engineer and a pedagogical planner. In concluding remarks is mentioned the actual status of this research.

Keywords: Artificial Intelligence. Intelligent Tutoring Systems. Ontologies. Intentional Systems. Education at Distance.

1 INTRODUÇÃO

A modalidade de educação a distância tem se proliferado ao longo dos últimos anos, em boa parte devido aos avanços tecnológicos que têm permitido o desenvolvimento de soluções inovadoras para as diferentes demandas requeridas para os processos de ensino e aprendizagem. A exigência da **autonomia** do aluno nesta modalidade é alta e a falta de interação presencial necessita ser compensada pela adoção de ferramentas tecnológicas que proporcionem a mediação a distância, tais como vídeos, *podcasts*, *chats* ou ainda fóruns de discussão.

Aliando a noção de **interatividade** com as possibilidades oferecidas pela Inteligência Artificial e suas técnicas, o Assistente de Conhecimento Conceitual (ACC) tem condições de proporcionar os conhecimentos relativos a um domínio específico, utilizando uma interface de linguagem natural para as consultas feitas pelo aprendiz, em substituição a módulos de consulta mais complexos assemelhados aos de linguagens de programação (MEDEIROS; MARTINS, 2012). Da perspectiva da interação humano-computador, Preece et al. (1994) colocam a linguagem natural como um dos estilos possíveis de interação entre usuários e sistemas computacionais. Oliveira Netto (2010) afirma que sistemas de consulta a informações e sistemas baseados em conhecimento são bons exemplos de emprego de linguagem natural. Apesar de haver uma teoria bem desenvolvida sobre sistemas tutoriais inteligentes, bem planejados para processos de ensino fundamentados numa perspectiva predominantemente **instrucionista**, o ACC proposto não tem a intenção de se constituir numa ferramenta designada como um "tutor inteligente". A complexidade envolvida num processo de tutoria com um aprendiz de educação a distância é altíssima e permeada fundamentalmente por relações humanas. Ainda que seu objetivo seja o de proporcionar conhecimento através de consultas formuladas a partir de perguntas mais simples, o ACC não tem o propósito de substituir por completo este nível de interação professor-aprendiz exigido pela EAD.

Entretanto, como ferramenta para pesquisa de conteúdo específico (sobre uma disciplina, por exemplo), o ACC se torna uma alternativa bastante interessante na medida em que traz embutido em si o **aspecto conversacional**, não sendo excessivamente "frio" ou totalmente determinístico. O nível de interatividade proporcionado pelo ACC permite a simulação de uma conversa, ainda muito aquém da exigida por um sistema para passar pelo teste de Turing, porém suficiente para permitir a instrução e a memorização de conhecimentos.

Em vista disso, a teoria dos sistemas intencionais de Daniel Dennett é evocada: através da linguagem e mesmo da aparência física, o ser humano atribui naturalmente ao seu interlocutor, seja uma máquina ou mesmo um animal, a **presença de estados mentais**, e tal atribuição é necessária para a predição de reações e comportamentos, ou mesmo a presunção de racionalidade (DENNETT, 1997, 2006; TEIXEIRA, 2008). Presume-se, então, o ACC como um

sistema intencional, com a possibilidade de ser aceito pelo aprendiz, desde que apresente um grau crível de racionalidade ou inteligência, sendo com isso capaz de proporcionar a interação em nível básico de processos de tutoria.

O objetivo principal do ACC é disponibilizar conhecimentos de uma área específica para consulta pelo aluno, através de uma interface que proporciona a comunicação por *chat*, ou ainda integrando módulos de síntese de fala e reconhecimento de voz. Em um processo de conversação com o ACC, tais módulos podem aumentar ainda mais seu nível de **intencionalidade**.

Assim, este artigo está dividido na fundamentação teórica, fornecendo os conceitos e noções que servem de base para a construção do ACC; a descrição do ACC propriamente dito de forma conceitual e esquemática, apresentando a arquitetura dos agentes e a descrição da base de conhecimento, sendo demonstrado também um exemplo de conversação real; a discussão sobre os impactos do ACC e o papel do professor ou tutor dentro deste contexto, à luz dos sistemas intencionais; e as considerações finais.

2 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS PARA O ACC

Os referenciais utilizados para a descrição do ACC estão apresentados em três seções: Inteligência Artificial e Representação de Conhecimento, Interação Humano-Computador e Sistemas Intencionais.

2.1 Inteligência Artificial e Representação de Conhecimento

Como base para a compreensão do ACC, faz-se necessária uma breve abordagem que inclua trabalhos clássicos relacionados na área de Inteligência Artificial e conceitos da teoria de agentes inteligentes, sistemas tutoriais inteligentes, processamento de linguagem natural, sistemas especialistas e representação do conhecimento mediante ontologias.

O advento de sistemas que se comportam como seres humanos é um dos objetivos primordiais de pesquisa no campo da Inteligência Artificial (IA). No passado encontram-se uma série de descrições de autômatos (BITTENCOURT, 1998), tais como o flautista de Jacques de Vaucanson (1709-1782) capaz de tocar doze trechos musicais diferentes, o escrivão e a tocadora de cravo de Pierre Jaquet-Droz (1721-1790). A partir das décadas de 1960 e 1970, os Sistemas Especialistas (SE) constituíram um dos primeiros campos de pesquisa da IA. Um SE possibilita a emulação do comportamento de especialistas humanos, como o sistema MYCIN, por exemplo, cujo objetivo era aconselhar a respeito de diagnóstico de doenças infecciosas. Outro sistema emblemático foi o DENDRAL, que podia determinar automaticamente a estrutura molecular de uma massa em análise espectrográfica. Os SE tendem a ser bem sucedidos para domínios de conhecimento restritos e bem definidos. Outra tentativa de simulação de um especialista humano, envolvendo uma interface de linguagem natural é o software ELIZA de Joseph Weizenbaum, que simulava a conversa de um psicólogo rogeriano a um paciente humano. Mesmo o ELIZA sendo considerado uma referência, Weizenbaum adotou uma postura bastante pessimista quanto à possibilidade de sistemas com interface de linguagem natural que não possuíssem domínios de conhecimento ou oferecessem soluções para problemas realmente relevantes (WEIZENBAUM, 1976).

O uso do conceito de **agentes inteligentes** tem sido cada vez maior, em função do benefício da inteligência distribuída e das interações que podem emergir em um sistema composto de vários agentes. Um agente é tudo o que pode ser considerado capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente (RUSSELL; NORVIG, 2004). Os agentes inteligentes têm seu ponto de partida no *pandemonium* de Oliver Selfridge: ao invés de haver um programa único, uma série de “miniprogramas” seriam encarregados de

executar uma tarefa de reconhecimento de padrões (TEIXEIRA, 2008). A estratégia de uso de agentes também tem ressonância com as ideias de Minsky sobre a mente imaginada como um conjunto de agentes mais simples que cooperam e competem em uma espécie de sociedade, gerando a complexidade da mente humana (MINSKY, 1989).

Em uma visão mais complexa e alinhada à área educacional, os **sistemas tutoriais inteligentes** (STI) são programas que tem como objetivo ensinar o aprendiz, dentro de um processo de ensino bem dirigido e com escopo restrito ao domínio de conhecimento que faz parte do STI. Um software é considerado um STI se possuir três características: i) possuir um domínio de conhecimento para agir como um especialista; ii) ser capaz de avaliar o estágio de conhecimento do aprendiz; e iii) precisa executar uma estratégia de ensino que minimize a diferença entre o conhecimento do especialista e do aprendiz (BURNS; CAPPS, 1988).

Rodrigues e Carvalho (2005) asseveram que o auxílio de forma personalizada ao estudante, na atualidade, está muito aquém do que poderia representar, não apenas pela limitação de software ou hardware, mas também pela falta de conhecimento e modelagem do problema considerando aspectos psicológicos e pedagógicos. Mesmo existindo uma série de tecnologias que auxiliam os processos de ensino e aprendizagem, particularmente na área da Educação a Distância (EAD), os STI ainda são vistos como tecnologias bastante complexas. Pesquisas adicionais envolvendo STI são o Eletrotutor III (BICA; SILVEIRA; VICCARI, 1998), que implementa um ambiente distribuído de ensino e aprendizagem com uma arquitetura multiagente; o sistema MCOE (Multiagent Co-Operative Environment, utilizando uma metáfora de um ecossistema aquático utilizando um ambiente multiagente (GIRAFFA; VICCARI, 1998) e o MathTutor, um STI que também utiliza uma arquitetura multiagente para apresentação de conceitos de abstração de dados (FRIGO; BITTENCOURT, 2004).

A **representação de conhecimento** em domínios específicos pode ser feita mediante o uso de ontologias. Uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceptualização e permite que representações de conhecimento sejam formalizadas em linguagens específicas, contendo conceitos e relações entre os conceitos (GOMEZ-PEREZ; FERNANDEZ-LÓPEZ; CORCHO, 2004). Sendo mais do que meras redes de conceitos, ontologias são representações robustas no sentido de permitir o uso de axiomas lógicos para validar o próprio conhecimento embutido em si, adquirindo um caráter dinâmico de representação. Dessa forma, o conhecimento em uma ontologia é organizado como uma rede semântica, que pode ser acessada e lida por softwares de busca ou mecanismos de inferência.

Assim, uma ontologia fornece os meios para descrever de forma explícita a conceituação por trás do conhecimento representado em uma base de conhecimento (SCHREIBER; WIELINGA; JANSWEIJER, 1995). Tal conjunto de conceitos ou termos estão, portanto, hierarquicamente estruturados para descrever um domínio que pode ser usado como “esqueleto” para a construção de uma base de conhecimento (SWARTOUT et al., 1997). A Figura 1 mostra a visualização gráfica de uma ontologia utilizada no ACC. O uso de conceitos para representação na forma de ontologias busca manter uma proximidade com a base teórica sobre os **objetos de aprendizagem**, que são elementos de aprendizagem auto-consistentes encerrando em si conteúdos com granularidade específica, a serem assimilados pelos aprendizes (MOORE; KEARSLEY, 2007).

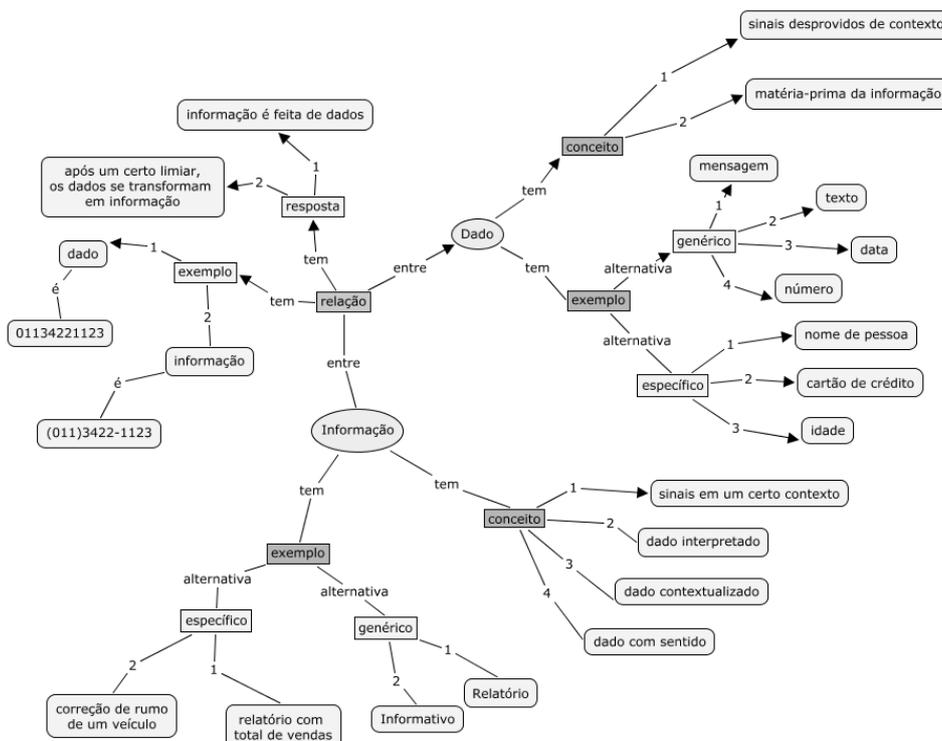
O conhecimento em uma ontologia pode ser representado através de classes (ou conceitos) e relações entre classes. Ela pode ser entendida como uma evolução natural de representações tais como dados no padrão XML, para formas parecidas com orientação a objetos, porém relativo a dados e não a programas. Em **gestão do conhecimento**, a utilização de ontologias pode ser uma alternativa eficaz para representação do conhecimento (MEDEIROS, 2010; MEDEIROS et al., 2009).

2.2 Interação Humano-Computador

O ACC tem em seu design uma interface de linguagem natural para consultas do conhecimento representado na ontologia pelo aprendiz. Yacci (2000) afirma que haverá mais oportunidades no futuro de aprender através do computador, à margem das críticas que são feitas a sistemas STI ou CBI (Computer-Based Instruction) relativas ao “professor-dentro-da-caixa”, beneficiando-se de melhorias dos aspectos humanos e da adaptabilidade das interações das pessoas com os computadores.

Na modelagem do ACC, leva-se em consideração uma estrutura conversacional no fornecimento das respostas às consultas efetuadas pelo usuário. Um processo elementar de tutoria consistiria num nível de interação utilizando uma estratégia instrucionista, onde prevaleceria a transmissão de conteúdos de forma síncrona. Mattar (2009) refere-se à interação professor-aluno como uma das interações possíveis em EAD; sendo síncrona ou assíncrona, deve fornecer a motivação e *feedback* aos alunos. A importância do *feedback* para a interação é ressaltada por Yacci (2000). De acordo com este, existe um loop interativo que concretiza a interatividade. A interatividade seria conceituada de forma estrutural, onde um circuito de mensagens fluiria do emissor para o alvo, retornando por sua vez ao emissor. O *feedback* é uma condição necessária para acontecer a interação. Portanto, o ponto de vista do aluno é essencial para se analisar a interatividade. Ainda conforme Yacci, a demora no *feedback* por parte do professor pode ser prejudicial, devendo obedecer a um timing máximo para a resposta; além deste tempo, a interação não se completa.

Figura 1 - Fragmento de ontologia para a base de conhecimento do ACC, mostrando conceitos relacionados a dois objetos: “dado” e “informação” possuindo uma série de atributos e uma classe “relação”



Fonte: Autoria própria

2.3 Sistemas Intencionais

Na concepção de Dennett, sistemas intencionais são, por definição, aquelas entidades cujo comportamento é previsível ou explicável a partir da postura intencional (DENNETT, 1997, 2006; TEIXEIRA, 2008). Consideram-se neste conjunto o DNA e o RNA, termostatos, amebas, plantas, ratos, morcegos, pessoas, assim como sistemas ou computadores. Como o objetivo da postura intencional é tratar uma entidade como um agente para predizer suas ações, é necessária a hipótese de que a entidade seja um agente inteligente.

A **postura intencional** é a estratégia de interpretar o comportamento de uma entidade qualquer, tratando-a como se fosse um agente com racionalidade, com condições de governar suas escolhas de ação por uma consideração de suas crenças e desejos. A postura intencional é a atitude ou perspectiva que é rotineiramente adotada na relação com o outro. Portanto, adotar a postura intencional em relação a alguma outra coisa parece ser a antropomorfização desta outra coisa. A estratégia básica da postura intencional é tratar a entidade em questão como um agente, para predizer e em certo sentido explicar suas ações e seus movimentos (DENNETT, 1997, 2006).

As características emblemáticas da postura intencional podem ser mais bem-vistas em contraste com duas posturas ou estratégias mais básicas de predição propostas por Dennett: a **postura física** e a **postura de design** (DENNETT, 1997, 2006). A postura física é simplesmente o método laborioso padrão das ciências físicas, em que utilizamos tudo o que se sabe das leis da física e da constituição física da entidade em questão para se construir a predição. A postura de design é um estilo mais sofisticado de predição, pois se aplicam a coisas nascidas de um projeto. A postura de design funciona muito bem em artefatos bem planejados, adicionando-se neste conjunto os “artefatos” da Mãe Natureza, os seres vivos e seus componentes. Entretanto, a adoção da postura intencional é mais útil e próxima do obrigatório na medida que o artefato em questão é muito mais complexo.

Dennett cita o jogo de xadrez como um exemplo característico de sistema intencional (DENNETT, 1997, p. 35). O jogador humano se apresenta com sua predição de postura intencional com base na hipótese audaciosa: não importa como o programa de computador foi planejado, ele foi planejado suficientemente bem para ser sensibilizado por tal motivação razoável. O jogador prediz seu comportamento como se ele fosse um agente racional.

Quando uma pessoa decide interpretar uma entidade a partir da postura intencional, é como se ela se colocasse no papel de seu guardião, perguntando-se de fato: “O que eu faria se estivesse na posição desse organismo?” E aqui é exposto o antropomorfismo subjacente da postura intencional: as pessoas tratam todos os sistemas intencionais como se fossem exatamente como elas (DENNETT, 1997, p. 37).

Dennett, citando o psicólogo George Miller, afirma que os seres humanos e animais são *informívoros* (DENNETT, 1997, p. 78). A curiosidade ou “fome epistêmica” vem da combinação, em uma organização sofisticada, da fome epistêmica específica de milhões de microagentes, organizados em dúzias, centenas ou milhares de subsistemas. Cada um desses diminutos agentes pode ser concebido como um sistema intencional absolutamente mínimo. Sem a fome epistêmica, não existe percepção, não há apreensão. Assim, a intencionalidade entra em cena a partir da evolução dos seres vivos, desde os mais simples aos mais complexos, organizados naquilo que Dennett nomeou de “torre de gerar e testar” (DENNETT, 1997, p. 79). Tal classificação considera três categorias, de acordo com o grau de complexidade de resposta e atuação em relação ao ambiente onde está inserido:

1. **Criaturas Darwinianas:** fazendo alusão à evolução de Darwin atuando na seleção natural de grandes variedades de organismos candidatos à sobrevivência por recombinação e mutação genética. A partir da seleção ou favorecimento de um fenótipo dentre vários

fenótipos estruturados, o genótipo do organismo favorecido é multiplicado (DENNETT, 1997, p. 80);

2. **Criaturas Skinnerianas:** de acordo com o behaviorismo de Skinner, onde o organismo tenta cegamente respostas diferentes até que uma é selecionada por reforço, sendo memorizada e reforçada para as próximas respostas a serem transmitidas. O condicionamento operante de Skinner termina por ser uma extensão da seleção natural darwiniana (DENNETT, 1997, p. 83);

3. **Criaturas Popperianas:** em concordância com as idéias de Popper, cuja sobrevivência dos seres vivos se deve a um filtro, um ambiente interno no qual as tentativas de resposta podem ser seguramente executadas. Há uma estrutura interna no organismo capaz de simular as respostas que serão dadas ao ambiente externo. Com este meio interno seletivo, ela é capaz de pré-visualizar as respostas a serem dadas, atuando de forma bem melhor do que ao acaso ou por uma resposta assemelhada a uma anterior (DENNETT, 1997, p. 84).

4. **Criaturas Gregorianas:** com base nos estudos de Richard Gregory, Dennett afirma que os artefatos bem projetados pelo ser humano não são apenas resultados da inteligência, mas dotadores de inteligência, ou seja, permitindo uma espécie de inteligência potencial externa. O advento do uso de ferramentas foi acompanhado por um grande aumento na inteligência. Quanto mais bem projetada for a ferramenta, ou seja, quanto mais informação há embutida na sua fabricação, maior é o potencial de inteligência que ela confere ao seu usuário. E dentre as ferramentas importantes, estão as ferramentas mentais: as palavras. Palavras e outras ferramentas mentais conferem a uma criatura gregoriana um meio interno que lhe permite construir geradores e testadores de movimento cada vez mais sutis (DENNETT, 1997, p. 92).

Para Dennett, a decisão de adotar a postura intencional é puramente pragmática (DENNETT, 2006, p. 39). Pode-se trocar de postura sem se envolver em nenhuma inconsistência ou desumanidade. Adota-se a postura intencional quando no papel de interlocutor, a postura de design no momento de se reprojeter, ou a postura física quando se está no papel de consertar. A apologia de qualquer sistema com “inteligência” não tem a intenção de implicar que ele se constitua num modelo completamente adequado ou possua uma simulação da “mente”. Dennett alega que um sistema puramente físico pode ter tamanha complexidade e grau de organização que pode ser conveniente e necessário para a predição tratá-lo como se ele possuísse crenças ou fosse racional: “é muito mais fácil decidir se uma máquina pode ser um sistema intencional que decidir se uma máquina realmente pode pensar, ou ser consciente, ou moralmente responsável” (DENNETT, 2006, p. 49). Teixeira, comentando Dennett, ressalta que a mente seria, então, uma reconstrução racional proveniente das observações de sequências de comportamentos de um ser vivo ou de um sistema ou dispositivo; neste sentido, torna-se um construto útil e operacional (TEIXEIRA, 2008, p. 34). Este tipo de construto é particularmente útil quando se lida com sistemas proponentes de interação humano-computador, tais como o ACC.

3 O ASSISTENTE DE CONHECIMENTO CONCEITUAL

A seguir, é explicada a estrutura do ACC apresentando-se uma concepção geral, a organização da base de conhecimento e a demonstração de um exemplo de conversação.

3.1 Concepção Geral

O ACC integra dois módulos principais que contém os agentes: uma **base de conhecimento** (BC) e o módulo de **interface de linguagem natural** (ILN). Em seu módulo BC, o

agente de buscas diretas e o agente de buscas probabilísticas são responsáveis por efetuá-las em uma série de ontologias de domínio, referentes aos conteúdos dos cursos em questão. A figura 2 mostra um exemplo de fragmento de uma ontologia de domínio relativo à área de conhecimento de sistemas de informações gerenciais, contendo conceitos e relações entre os objetos “dado” e “informação”. Estas ontologias permitem ao ACC fornecer, através do módulo ILN no qual o aluno insere suas perguntas, as respostas de acordo com representações ontológicas objeto-atributo-valor, também denominadas de cláusulas OAV (Quadro 1). Tais respostas são fornecidas pelos agentes de respostas diretas e o agente de conversação.

Dentro do módulo ILN, o ACC possui uma base inicial de perguntas e respostas, manipulada pelo agente de respostas diretas. Quando a pergunta não é solucionada pelo **agente de respostas diretas**, o **agente de buscas probabilísticas** processa as perguntas dos alunos através de comparações utilizando quatro (4) diferentes métricas para aferição de proximidade sintática, considerando tanto palavras individuais quanto compostas como objetos de aprendizagem. Os agentes de buscas, tanto direta quanto probabilística, ao contrário da maioria dos sistemas de linguagem natural, não fazem a análise sintática ou semântica conforme a gramática da linguagem, atendo-se aos requisitos do conhecimento armazenado na forma de cláusulas OAV e a um processo de busca direta ou por proximidade baseado nelas.

Caso as perguntas feitas pelos alunos-usuários não façam parte da base de perguntas-respostas, estas serão armazenadas, considerando-se uma classificação coerente com as métricas de proximidade sintática, através do **agente adaptativo de perguntas e respostas**. Por meio do *feedback* ou da confirmação dada pelo aluno, o ACC tem condições de se adequar ao perfil individual ou coletivo de interação, emergindo assim um quadro de interatividade de natureza diversificada e trazendo uma característica de aprendizagem de máquina ao ACC. Portanto, em função desta característica, o ACC tem condições de se adaptar a diversos contextos de conversação.

Quadro 1 – Exemplos de cláusulas objeto-atributo-valor (OAV)

Objeto	Dado
Atributo	Conceito
Valor	Sinais desprovidos de contexto
Objeto	Dado
Atributo	Exemplo
Valor	Nome de pessoa
Objeto	Informação
Atributo	Relação
Valor	Informação é feita de dados

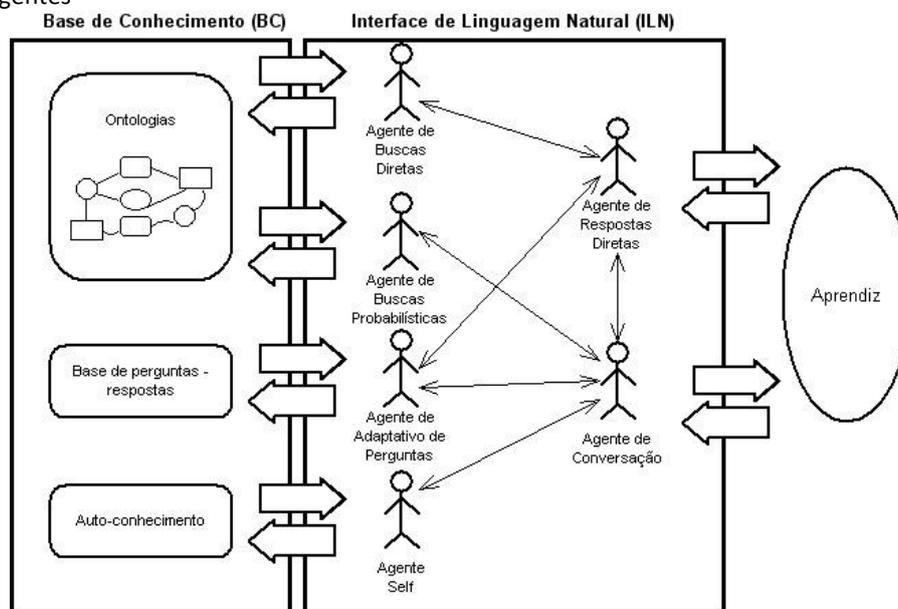
Fonte: Autoria própria

O **agente “self”** tem a função de estruturar o autoconhecimento e a personalidade do ACC, mantendo informações a respeito do que é, qual a sua função, onde está localizado, percepção de tempo e espaço, formas de relacionamento e outras no sentido de minimizar a impessoalidade na conversação com o aprendiz. A Figura 2 mostra a de forma esquemática a estrutura do ACC e as relações entre os agentes.

O ACC internamente é constituído de agentes que executam tarefas diferenciadas, sendo classificados conforme a sua função ou capacidade de resposta de acordo com a tipologia de intencionalidade de Dennett. A Tabela 1 mostra a classificação dos agentes utilizados dentro do ACC, de acordo com a tipologia de intencionalidade de Dennett.

O **agente de conversação** também possui robustez no sentido de armazenar palavras que foram digitadas com a grafia errada, a partir de um limiar de proximidade, para o conceito correto. O agente adaptativo irá armazenar de forma semiautomatizada em um submódulo de pré-processamento de palavras dentro do ACC.

Figura 2 – Diagrama esquemático do Assistente de Conhecimento Conceitual, mostrando as interações entre os agentes



Fonte: Autoria própria

Tabela 1 - Classificação dos agentes do ACC

Tipo Intencional	Agentes	Justificativa
Darwiniano	Agente adaptativo de perguntas	Trabalha com a seleção e adaptação das respostas fornecidas, adequando o ACC às novas perguntas feitas pelo aprendiz.
Skinneriano	Agente de busca direta Agente de respostas diretas	Mantém um padrão de respostas automatizadas (porém, aleatórias) frente a alguns tipos de perguntas feitas pelo aprendiz.
Popperiano	Agente de conversação Agente de busca probabilística Agente self	Mantém uma estrutura auxiliar de conhecimento relativo à conversação, tal como pilhas de conceitos abordados na conversação, estruturas de análise de relevância de palavras ou conjunto de palavras, e estruturas de auto-conhecimento, no caso do agente self.

Fonte: Adaptado de Dennett (1997)

3.2 Base de Conhecimento

Na composição da base de conhecimento, em forma de ontologias, as seguintes entidades deverão fazer parte do modelo de banco de dados para utilização pelo ACC:

- 1) **Objeto**: entidade central de representação
- 2) **Atributo**: meta-conhecimento sobre o objeto

- 3) **Valor:** instância associada a um atributo para determinado objeto.
- 4) **Área:** refere-se à área de conhecimento a que se refere o objeto (representação padronizada da CAPES)
- 5) **Subárea:** refere-se à subárea de conhecimento a que se refere o objeto (representação padronizada da CAPES)
- 6) **Hierarquia:** relação hierárquica que pode existir entre objetos armazenados na base.
- 7) **Qualificador:** adjetivo facultativo relacionado ao valor da cláusula OAV
- 8) **Relação:** evidencia um atributo-valor específico para um conjunto de objetos.

Um objeto pode conter, por sua vez, diversos atributos: conceitos, exemplos, relações, comentários, links, objetos, livros, artigos, respostas, vídeos, curiosidades, referências, autores, sinônimos, definições, razões, explicações, músicas, poesias, poemas, enumerações, classificações, fases, elementos, eventos, imagens, mapas, diagramas, etapas ou passos.

Aos valores podem ser atribuídos qualificadores, que podem caracterizar melhor o conhecimento registrado na cláusula OAV e serem utilizados pelo agente de conversação do ACC. Como exemplos de qualificadores, podemos ter: genérico, específico, geral, particular, simples, complexo, limitado, abrangente, pequeno, grande, alto nível, baixo nível, formal, informal, menor, maior, leve, pesado, etc.

A construção do conhecimento utilizando a forma de ontologias requer uma metodologia específica, que deve ser padronizada. Professores ou tutores considerados especialistas na área de conhecimento do curso em questão serão os engenheiros de conhecimento que alimentarão o ACC. Esta construção deve ser feita em ferramentas para construção de ontologias, convertidas adequadamente para a representação em banco de dados, a partir de um modelo relacional utilizado pelo projeto do ACC.

No caso das buscas referentes às perguntas e respostas, o agente de conversação faz a identificação do objeto e do atributo que se queira saber, utilizando critérios de busca semântica. Por exemplo: na pergunta feita pelo aprendiz “o que é dado”, o objeto é “dado” e o atributo que se deseja é “conceito”. Para atender este requisito, a base de perguntas e respostas precisa conter:

- 1) **Perguntas:** contém as perguntas feitas de forma genérica que podem ser feitas pelo usuário-aluno.
- 2) **Respostas:** fragmentos de respostas padronizadas que, compondo-se com os valores obtidos nas buscas, são retornadas ao usuário-aluno.
- 3) **Pré-objeto:** tabela com formas de escrita que um objeto pode assumir, para facilitar o processo de busca do objeto-atributo.
- 4) **Pré-atributo:** tabela com formas de escrita que um atributo pode assumir, para facilitar o processo de busca do objeto-atributo.

As respostas padronizadas conterão prefixos e textos. Um excerto de como tais frases de respostas podem ser geradas está mostrado na Tabela 2:

Tabela 2 - Exemplos de respostas padronizadas

Prefixo	Texto
conforme __a,	por exemplo, __o pode ser __v
de acordo com __a,	como exemplo __q, __o pode se referir a __v
__a coloca que,	como exemplo __q, __o pode ser entendido(a) como ...
Legenda das variáveis:	
__a: autor __o: objeto __v: valor __q: qualificador	

Fonte: Autoria própria

No Quadro 2 se encontra um exemplo de conversação com o ACC, onde consta uma série de perguntas para buscar o conhecimento referente a conceitos que constam dentro da ontologia, relativo aos objetos “dado” e “informação”.

Quadro 2 – Exemplo de conversação efetuada com o ACC. Ao final, a partir da falta de interação com o aprendiz, o ACC questiona se o mesmo quer fazer mais alguma pergunta

(Conexão efetuada...)
[ACC]: Olá, Luciano! Como vai?
[Luciano]: Tudo bem?
[ACC]: Muito bem!
[Luciano]: O que você sabe sobre dado?
[ACC]: (Pesquisando sobre: dado)
[ACC]: Encontrei conceitos(2), exemplos(9) e relações(6).
[ACC]: Quer saber sobre algum deles?
[Luciano]: O que é dado?
[ACC]: (Pesquisando sobre: dado)
[ACC]: Ok... conforme O'Brien, dado refere-se a matéria-prima da informação
[Luciano]: Dê um exemplo de dado.
[ACC]: (Pesquisando sobre: dado, exemplo)
[ACC]: Vamos lá... como exemplo genérico, dado pode se referir a texto
[Luciano]: O que você tem sobre informação?
[ACC]: (Pesquisando sobre: informação)
[ACC]: Encontrei relações(6), conceitos(5) e exemplos(4).
[ACC]: Deseja saber sobre algum deles?
[Luciano]: Há exemplo de informação?
[ACC]: (Pesquisando sobre: informação, exemplo)
[ACC]: Ok... como exemplo genérico, informação pode ser entendido(a) como um relatório ordenado com total
[Luciano]: Existe relação entre dado e informação?
[ACC]: (Pesquisando sobre: dado, informação, relação)
[ACC]: Ok...após um certo limiar, os dados se transformam em informação
[ACC]: Bom... informação é feita de dados
[ACC]: 01134221123 é um dado, uma sequência de números quaisquer
[ACC]: (011)3422-1123 torna-se, agora, informação... é um número de telefone
[ACC]: dado é a matéria-prima da qual será feita a informação
[ACC]: Vejamos... o limiar entre dado e informação não é bem delimitado, sendo na maior parte das vezes difuso
[ACC]: Quer perguntar mais alguma coisa?
[ACC]: Ok. Vou aguardar um pouco mais...
[ACC]: Até!
(Desconectado)

Fonte: Autoria própria

4 DISCUSSÃO

A implementação de um sistema inteligente assim como o ACC para processos de tutoria pode levar ao pensamento equivocado ou a um otimismo exacerbado que venha a implicar, de forma prematura, na ideia da substituição de tutores humanos por sistemas inteligentes. Neste ínterim, é importante ressaltar as seguintes posições relativas ao papel do ACC:

- O objetivo é fazer com que o sistema responda a perguntas efetuadas pelo usuário-aprendiz, numa perspectiva instrucionista, ou seja, de transmissão de novos conhecimentos mediante uma interface de linguagem natural. Um professor ou tutor humano também possui esta competência; porém, o ACC pode, levando-se em

consideração seu determinismo relativo, ser mais eficiente neste processo de transmissão de conteúdo, até mesmo em função da própria padronização que pode agregar ao processo de tutoria;

- O papel do ACC está limitado a esta perspectiva instrucionista; não está sendo imputado ao ACC a execução de atividades mais profundas no sentido de uma mediação mais humana, característica de uma relação rica entre professor e aluno. A ideia chave é de complementaridade de meios, com o ACC constituindo-se numa alternativa para a aprendizagem;
- Devido ao ACC se constituir num “sistema”, a postura por parte do aluno em relação a uma “coisa” que está lhe transmitindo novos conhecimentos pode recair em uma subestimação, ou mesmo em uma atitude de desdém com o ACC, quanto ao seu desempenho efetivo dentro do processo de ensino e aprendizagem. Em vista disto, a consideração do ACC como um sistema intencional se faz necessária; o ACC deve parecer “inteligente” o suficiente para fazer com que o aluno adote a postura intencional ao invés de uma simples postura de projeto. Ainda que na fase de desenvolvimento tenha se predito uma série de situações de interação, versões mais robustas precisam contemplar o *feedback* proveniente de diferentes alunos.

Quanto a questões de estrutura e competências relacionadas ao ACC, as ontologias de domínio na base de conhecimento precisam ser criadas por pessoas que assumem, portanto, o papel de **engenheiros do conhecimento**. O engenheiro de conhecimento é o responsável pela abstração, modelagem e construção do modelo de conhecimento a ser utilizado em um sistema baseado em conhecimento (SCHREIBER et al., 2002; MEDEIROS, 2010). Posicionado como autoridade do conteúdo, o professor estrutura o domínio de conhecimento a partir de elementos básicos, modelados de acordo com uma proposta de meta-conhecimento comum a diversos domínios. Na perspectiva do ACC, o professor é valorizado, portanto, no desempenho da sua função como um **planejador pedagógico**. O aluno-usuário acessa os conteúdos como se estivesse acessando um repositório, porém através de uma interface que proporciona:

1. Maior efetividade na apresentação dos conteúdos;
2. Maior produtividade tal como a requerida em processos de ensino a distância; e
3. Maior flexibilidade no sentido de proporcionar uma ferramenta que não é rígida assim como um STI, mas um assistente de conhecimento que tem condições de adaptar-se e aprender ao longo do tempo.

Perguntas que porventura não tenham sido respondidas pelo ACC são armazenadas em *logs* especiais para o acesso e tratamento posterior por tutores humanos. Tais tutores, de posse do conhecimento relativo ao domínio, irão realizar o treinamento do ACC para a aquisição dos novos conhecimentos a serem gravados nas ontologias.

Em termos da implementação, para atender às características de comunicação síncrona em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA), o ACC é implementado na forma de um *web service* (WS), oferecendo a comunicação ao aprendiz através de uma porta exclusiva, com a base de conhecimento implantada em servidor de Banco de Dados. O ACC deve permitir o acesso a múltiplas conexões simultâneas, com queda forçada de conexão em caso de falta de uso prolongado. Studer et al. (2001) já haviam assinalado a importância de serviços inteligentes de raciocínio e informação serem oferecidos como *web services*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na fase atual de desenvolvimento do protótipo, o ACC contém uma ontologia parcial do domínio de conhecimento referente à área de sistemas de informações gerenciais. Aqui, já é evidenciado o potencial de utilização prática ao longo das simulações de interação conversacional sendo efetuadas. Possibilidades de aprendizado mais interativo podem ser

alcançados em ambientes de *m-learning*, a partir de plataformas *mobile computing*. Uma das alternativas planejadas para este projeto é dotar o hardware do agente de conhecimento de módulos de síntese de fala ou ainda reconhecimento de voz. Ao final da construção desta ontologia, o ACC será testado em um curso específico por um dos autores, dentro de um Ambiente Virtual de Aprendizagem - AVA. Uma avaliação processual desta aplicação do ACC será feita com os participantes deste curso, com o objetivo de obter *feedback* para o melhoramento ou a exigência de readequações.

Concluindo, a adoção de um ACC em um processo de ensino e aprendizagem não visa à substituição completa de um professor ou tutor, junto ao aprendiz. Um ACC se constituirá em uma ferramenta inteligente a ser adicionada ao conjunto de meios, que devem ser oferecidos aos aprendizes para melhorar o aprendizado de conceitos relativos à disciplina ou curso sendo ministrado. O processo de tutoria presume a mediação de um professor ou tutor, no sentido da manutenção e evolução do conhecimento armazenado em um ACC, tornando-o um repositório de conhecimento, tal como um livro ou e-book, porém com uma característica maior de inteligência, interatividade diferenciada e perspectivas de adaptabilidade ao aluno.

REFERÊNCIAS

- BICA, F.; SILVEIRA, R.; VICCARI, R. Eletrotutor III: Uma Abordagem Multiagentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO/SBIE,9, 1998. **Anais...** 1998.
- BURNS, H. L.; CAPPS, C. G. Foundations of Intelligent Tutoring Systems: An Introduction. In: RICHARDSON, Martha C. Polson, J. Jeffrey. **Foundations of Intelligent Tutoring Systems**. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- BITTENCOURT, G. **Inteligência Artificial: ferramentas e teorias**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
- DENNETT, D. C. **Tipos de Mentes: rumo a uma compreensão da consciência**. Rio de Janeiro: Rocco, 1997.
- DENNETT, D. C. **Brainstorms: escritos filosóficos sobre a mente e a psicologia**. São Paulo: Ed. UNESP, 2006.
- FRIGO, L. B.; BITTENCOURT, G. O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores Inteligentes. In: WCETE'04 - WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, March 14 - 17, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/l3c/artigos/frigo04a.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2014.
- GIRAFFA, L. M.; VICCARI, R.M. e Self, J. Multi-agent based pedagogical games. **Intelligent Tutoring Systems – ITS**, 1998.
- GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNANDEZ-LÓPEZ, M.; CORCHO, O. **Ontological Engineering**. Springer-Verlag London, 2004.
- MATTAR, J. Interatividade e aprendizagem. In: LITTO, F.; FORMIGA, M. (Orgs.) **Educação a Distância: estado da arte**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.
- MEDEIROS. L. F. **Gestão do Conhecimento na Era Quântica**. Florianópolis: Visualbooks, 2010.
- MEDEIROS. L. F. et al. Ferramentas de Engenharia do Conhecimento como Suporte ao Processo de Aprendizagem Organizacional. In: CONGRESSO TRINACIONAL DE CIÊNCIAS, 4., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2009.

- MEDEIROS, L. F.; MARTINS, O. B. Knowledge Assistant with Natural Language Interface and Multiagent Architecture for Mentoring Process in Education at Distance. In: CONTECSI- Congresso Internacional de Tecnologia e Sistemas de Informação, 9, São Paulo, 2012. **Anais...** São Paulo: FEA-USP, 2012.
- MINSKY, M. **A Sociedade da Mente**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.
- MOORE, M.; KEARSLEY, G. **Educação a distância: uma visão integrada**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- OLIVEIRA NETTO, A. **A IHC e a Engenharia Pedagógica: interação humano computador**. Florianópolis: Visualbooks, 2010.
- PREECE, J. et al. **Human-Computer Interaction**. New Jersey: Addison-Wesley, 1994.
- RODRIGUES, L. M. L.; CARVALHO, M. STI-I: Sistemas Tutoriais Inteligentes que integram cognição, emoção e motivação. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v.13, n.1, p-20-34, mar. 2005. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/55>. Acesso em: 30 mar. 2014.
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- SCHREIBER, G.; WIELINGA, B. J.; JANSWEIJER, W. The KACTUS View on the 'O' Word. In: IJCAI95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. **Anais...** p.15.1-15.10, 1995.
- SCHREIBER, G. et al. Knowledge Engineering and Management- The CommonKADS Methodology. **MIT Press**, Cambridge, Massachusetts, 2002.
- STUDER, R. et al. **Situation and Perspective of Knowledge Engineering**. 2001. Disponível em: http://infolab.stanford.edu/~stefan/paper/2000/ios_2000.pdf. Acesso em: 30 mar. 2014.
- SWARTOUT, B. et al. Toward distributed use of large-scale ontologies. In: FARQUHAR, A.; GRÜNINGER, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; USCHOLD, M.; VAN DER VET, P.; AAAI 97 Spring Symposium Series Workshop On Ontological Engineering. **Proceedings...** AAAI Press, p.138-148, 1997.
- TEIXEIRA, J. F. **A mente segundo Dennett**. São Paulo: Perspectiva, 2008.
- WEIZENBAUM, J. **O poder do computador e a razão humana**. Lisboa: Edições 70, 1976.
- YACCI, M. Interactivity demystified: a structural definition for on-line learning and intelligent CBT. **Education Technology**, n. 40, p. 5-16, ago. 2000. Disponível em: <http://www.ist.rit.edu/~may/interactiv8.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2014.

Artigo recebido em 15/04/2014 e aceito para publicação em 04/02/2015
