
Arquitetura do Modelo do Aluno dentro do Sistema AUXILIAR

Dilermundo Piva Jr.^{1,2}, Mauro Sérgio Miskulin¹, Ricardo Luís de Freitas³

¹DSIF - FEEC – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Avenida Albert Einstein nº 400 - Cidade Universitária – 13083-970
Campinas – SP – Brasil
piva@politecnica.br, mauro@fee.unicamp.br

² Sistemas de Informação – Associação de Ensino de Itapetininga (AEI)
Av. João Barth, s/n – 18205-310
Itapetininga – SP – Brasil
piva@ieee.org

³CEATEC – Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas)
Rod. D. Pedro I, Km 136 – 13086-900– Campinas – SP – Brasil
rfreitas@puc-campinas.edu.br

Abstract. *This paper presents the architecture of the Learner Model proposed in the AUXILIAR system. The Learner Model provide an appropriate format to represent the knowledge about the learner, in instruction modules of online courses in the Engineering Area. In this context, the AUXILIAR system seeks increase the potentiality of the teacher's action in the conduction of online courses. To reach this objectives, the modeling is based on the existent concepts in the Artificial Intelligence approach, known as Case-Based Reasoning. Thereby, will be presented the format of the Case, the structure of the Cases Baseline as well the recovery mechanism that was developed.*

Resumo. *Este trabalho apresenta a arquitetura do Modelo do Aluno (Learner Model) proposto na elaboração do sistema AUXILIAR. O Modelo do Aluno fornece um formato adequado para representar o conhecimento sobre o aluno, dentro de módulos de instrução em cursos online na área de Engenharia. Neste contexto, o sistema AUXILIAR visa potencializar a ação do professor na condução de cursos nesta modalidade. Para atingir tais objetivos, a modelagem baseia-se nos conceitos existentes na abordagem de Inteligência Artificial, conhecida como Raciocínio Baseado em Casos. Assim, será apresentado o formato do Caso, a estruturação da Base de Casos, bem como o mecanismo de recuperação que foi desenvolvido.*

1. Introdução

O crescimento da utilização da Internet tem favorecido o crescimento da utilização do ensino online. Muitas universidades conceituadas começam a “repensar” suas práticas e políticas educacionais e implantar programas de ensino online.

Entretanto, o nível de utilização do ensino online está longe de atingir sua máxima potencialidade. Uma série de estudos e pesquisas realizadas ao redor do mundo aponta diversos obstáculos percebidos pelos professores, de ordem pessoal, tecnológica e institucional, como sendo causa de tal limitação. Em recente pesquisa realizada junto

a professores da área de Engenharia, foi constatado cinco grandes obstáculos que impedem um maior desenvolvimento desta forma de ensino [Piva Jr.; et al, 2002b].

A partir destas considerações, foi elaborado um planejamento de desenvolvimento de um sistema computacional, denominado AUXILIAR [Piva Jr.; et al, 2002c], que tem por objetivo minimizar esses obstáculos, potencializando a ação docente. Tal desenvolvimento foi previsto em três fases. A primeira fase comportaria o ferramental de edição, diagramação e publicação de cursos online, que foi chamado de módulo CONSTRUTOR. A segunda fase agregaria à primeira fase o módulo de migração de tais conteúdos para Ambientes Gerenciadores de Ensino Online, tais como Teleduc (NIED – UNICAMP), AulaNet (PUC-Rio), WebCT, Blackboard, entre outros. Este módulo foi chamado de CONVERSOR. A terceira fase agregaria às anteriores o módulo raciocinador do agente que controlaria o caminho percorrido pelo aluno ao longo do conteúdo existente no curso, para tanto uma das etapas desta fase consiste na definição do Modelo do Aluno (Learner Model), onde deve estar representado o conhecimento do aluno referente ao curso que está sendo explorado. Dessa forma, este artigo tem como objetivo apresentar a arquitetura do Modelo do Aluno implementado dentro do sistema AUXILIAR.

2. O Modelo de Ensino Proposto

Entende-se que, dentro de um curso oferecido à distância, cada conceito tem a sua forma de avaliação e exposição de materiais instrucionais e mídias particulares. Portanto, na implementação computacional de tal conceito, é necessário que se torne possível a utilização, pelo professor, desses quesitos. Um modelo simplificado de arranjo de conteúdo de cada conceito é mostrado na Figura 1. Nela é apresentada uma visão sintética de como o núcleo de inferências do sistema conduz o processo de avaliação em torno dos conceitos estudados. Como pode ser identificado, um conceito é composto por três partes básicas: Proposta Pedagógica; Conteúdos Pedagógicos e Mídias e Questões para Verificação do Aprendizado.

Todos esses conteúdos são armazenados em Bases de Conhecimento, o que facilita a sua manutenção e posterior recuperação. Para a efetiva recuperação dessas informações, baseada no perfil do aluno, é utilizada uma abordagem de Inteligência Artificial conhecida como Raciocínio Baseado em Casos (RBC) [Piva 2002c]. A utilização desta abordagem facilitará a questão de migração simétrica entre os conceitos, dado um problema de aprendizagem.

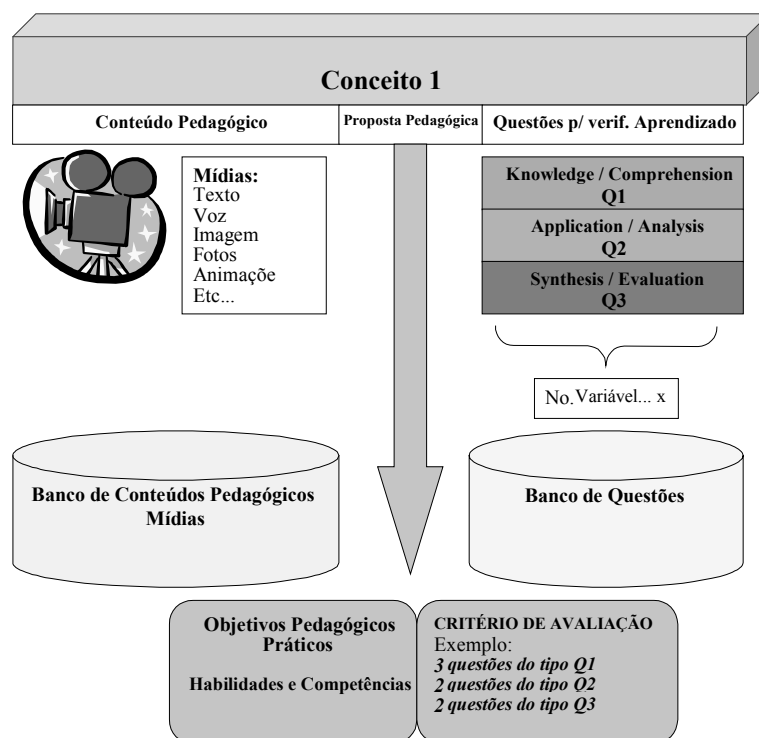


Figura 1. Arranjo dos Conteúdos Pedagógicos e Questões de cada Conceito.

Na montagem automática da avaliação pelo sistema, o professor deverá fornecer o Critério mais adequado de Avaliação daquele determinado conteúdo. Existindo compatibilidade entre a base de questões e o critério de avaliação, o sistema montará automaticamente a Avaliação de forma individualizada para cada aluno.

A Figura 2 ilustra de forma simplificada o funcionamento do módulo raciocinador do sistema AUXILIAR. Os alunos iniciam o Módulo de Instrução no nível 1, com o desenvolvimento do conceito 1. Após o desenvolvimento deste conceito, aplica-se uma avaliação dos pontos centrais de tal conceito. Esta avaliação é recuperada da base de questões seguindo os critérios de validação inicialmente introduzidos pelo professor na montagem do curso. Caso o aluno não obtenha êxito na avaliação, ele será redirecionado para o nível 2, com a apresentação do mesmo conceito, porém de forma ampliada (sub-conceitos). O nível 1 representa o ponto de partida do aluno e os níveis acima, apresentam o mesmo conteúdo, porém de forma mais aprofundada.

Neste processo de redirecionamentos, o sistema AUXILIAR registrará no Modelo do Aluno o caminho de aprendizagem, o nível de conhecimento do aluno (etapa do curso onde o aluno está), suas capacidades (exercícios resolvidos acertadamente), as atitudes (exercícios resolvidos utilizando adaptações ou outro tipo de ajuda solicitada pelo aluno) e suas limitações (exercícios que o aluno encontrou dificuldades). Estes atributos comporão o perfil do aluno (tais informações serão armazenadas no modelo do aluno), que será utilizado na situação em que os módulos de instrução não forem suficientes para a consecução do aprendizado de um determinado conceito, sendo então remetido aos módulos TD (Tira Dúvida) e DC (Determina Conteúdo) do sistema AUXILIAR. Estes, por sua vez, procurarão na Base de Casos (Base de Conhecimento) do sistema, um que se enquadre no perfil do aluno. Caso exista, este lhe será exibido e após isto, o aluno será exposto a uma nova avaliação. Se conseguir êxito, passará para o

conceito seguinte, no primeiro nível do curso, caso contrário será remetido para uma intervenção direta do professor.

As intervenções do professor serão totalmente registradas para fins de montagem de novos Casos Pedagógicos específicos para o correspondente perfil de aluno, sendo, por fim, armazenado na Base de Casos do Sistema AUXILIAR. Após esta intervenção o conceito é dado como assimilado, e o aluno retorna ao curso para o início do módulo de instrução do conceito seguinte no nível 1.

Note-se que o Sistema AUXILIAR, tentará redirecionar o aluno para que ele consiga terminar o Módulo de Instrução, utilizando o menor caminho possível.

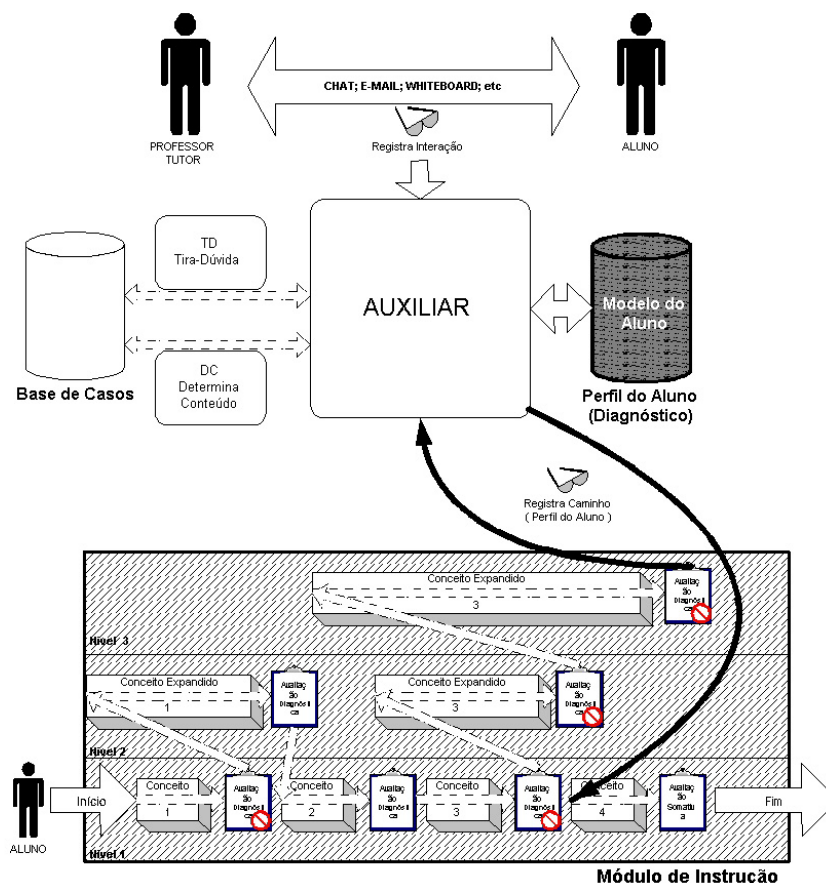


Figura 2. Relacionamento entre o Curso, a Biblioteca de Casos e o Professor.

3. O Modelo do Aluno

O Modelo do Aluno pode ser descrito como a informação que um Sistema, baseado em Inteligência Artificial, comumente classificado como Sistema Tutorial Inteligente (ITS), mantém sobre o conhecimento de um aluno. Tal modelo é usado para dirigir decisões instrutivas com a finalidade de fazer o Sistema Tutorial adaptável à alunos individuais.

Existem muitas técnicas para a implementação do modelo do aluno na literatura, porém a maior parte destas técnicas são computacionalmente complexas. Como exemplo tem-se as técnicas numéricas [Jamenson 1996]. Dentre as diversas técnicas numéricas para criação do modelo do aluno, três paradigmas se destacam: Redes Bayesianas [Villano 1992] [Petrushin and Sinista 1993], a teoria da evidência de Dempster-Shafer [Bauer 1996], e a modelagem nebulosa (“fuzzy”) do aluno [Hawkes et

al 1994]. Outras técnicas, embora computacionalmente mais simples, (por exemplo, a modelagem pelo traçado de aproximação [Anderson et al 1990] [Anderson et al 1995]) ficam restritas ao registro do que o aluno sabe, mas não reflete o seu comportamento e características.

Propõe-se neste artigo que o Modelo do Aluno do Sistema AUXILIAR mantenha as informações do aluno durante o processo de aprendizagem, caracterizando assim, o seu perfil. Como descrito anteriormente, para o gerenciamento dessas informações, utiliza-se a abordagem de RBC.

Isto permite que dada a necessidade de intervenção do docente no processo de aprendizado de um dado aluno, exista a possibilidade de associação entre a intervenção e o perfil do aluno. A partir desta situação (Caso), consegue-se o registro da mesma na Base de Casos do sistema (na forma de um Caso), o qual, após seu registro, ficará disponível para uma possível utilização futura, evitando a repetição da intervenção do docente. Portanto, a modelagem de tal técnica é simples e não requer computacionalmente a inferência de complexos algoritmos.

Entretanto, a efetividade do Sistema estará intimamente ligada aos elementos que comporão o Modelo do Aluno, permitindo uma maior eficiência no auxílio às deficiências dos alunos no processo de aprendizado, direcionando e individualizando o *feedback* do professor. Em virtude de conteúdos de aprendizagem e conceitos terem um alto potencial para serem usados novamente (Funk and Conlan 2002), a aplicação de tal sistema torna-se viável na linha do tempo nos processos de ensino online. Desde que os componentes do sistema estejam baseados em padrões [Conlan et. al. 02] os repositórios de conteúdos do *feedback* dos professores podem ser usados durante o processo de ensino-aprendizado.

3.1. Elementos do Modelo do Aluno

O Modelo do Aluno representa o conhecimento sobre o aluno, permitindo com tais informações que um Sistema Baseado em Casos as utilize para prover instruções ou *feedback* adaptáveis àquele aluno (individualização do processo de ensino-aprendizado).

Existe uma relação direta entre as informações que devem compor o Modelo do Aluno, as Tarefas Instrutivas e as Características do Assunto a ser ensinado. Independente dessa relação, existem informações gerais e comuns a todo e qualquer processo. Pode-se destacar as seguintes informações:

- a) nível de conhecimento (qual o nível conceitual que o aluno se encontra e em qual conceito)
- b) capacidades (exercícios resolvidos assertivamente pelo aluno sem qualquer ajuda)
- c) limitações (exercícios que o aluno encontrou dificuldade em resolver - erros)
- d) caminho de aprendizado (quais níveis conceituais o aluno já passou e respectivos conceitos e sub-conceitos)
- e) atitudes (exercícios resolvidos pelo aluno utilizando adaptações ou outro tipo de ajuda)

Dessa forma, o Modelo do Aluno, adaptado ao modelo Problema-Solução, utilizado em RBC, possibilita que se tenha um Caso sendo representado conforme ilustrado na Tabela 1:

Tabela 1. Estrutura de um Caso, adaptado ao Modelo do Aluno

C A S O n	Problema (sintomas) • <i>Nível de Conhecimento</i>: {curso, módulo e código do conceito} • <i>Capacidades</i>: {exercícios respondidos acertadamente do último questionário} • <i>Limitações</i>: {exercícios que o aluno encontrou dificuldades / errou no último questionário} • <i>Caminho de Aprendizado</i>: {código dos conceitos e sub-conceitos daquele determinado módulo de instrução} • <i>Atitudes</i>: {exercícios resolvidos utilizando adaptações ou outro tipo de ajuda}
	Solução • <i>Intervenção Docente</i>: {vídeo, chat, e-mail etc.}

O **Problema** (sintomas) é composto pelo conjunto de atributos que definem os índices para um futuro reaproveitamento da **Solução**, onde estará o material que fornecerá de forma automática o aprofundamento de conteúdo exigido pelo aluno. Os Casos serão estruturados em uma Base de Casos que apresenta uma organização hierárquica –Figura 3.

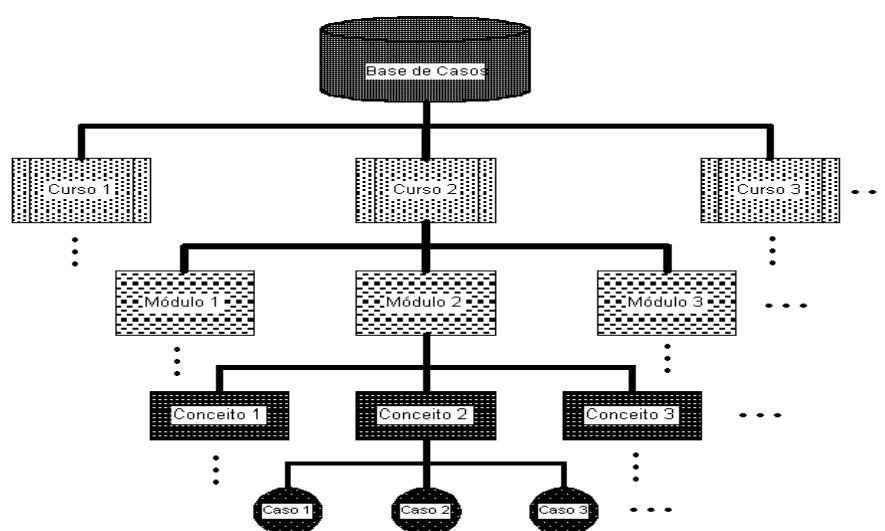


Figura 3. Organização Hierárquica da Base de Casos

Esta organização hierárquica procura dividir os casos em grupos. No nível mais alto da hierarquia tem-se o curso, onde é caracterizado o nome do curso em questão. No primeiro nível intermediário tem-se os diferentes módulos que compõem um curso. No nível intermediário seguinte, tem-se os vários conceitos que fazem parte de cada módulo e, por fim, no nível mais baixo tem-se os Casos propriamente ditos, que são agrupados em função dos conceitos. A finalidade desta organização hierárquica reside na preocupação em reduzir o espaço de análise dos casos potencialmente similares dentro da Base de Casos. Assim, o sistema irá concentrar seu esforço de análise apenas nos casos com real potencial de reaproveitamento.

3.2. O processo de recuperação dos casos – Cálculo da Similaridade

O processo de recuperação de um determinado caso na Base de Casos acontecerá em três etapas. A primeira delas é a determinação do nível de conhecimento do aluno, ou seja, acontecerá a delimitação daqueles casos que satisfaçam aos atributos restritivos (Curso + Módulo + Conceito). A Figura 4 ilustra a segmentação interna da Base de Casos com vistas à determinação de casos pertinentes à nova situação que se apresenta. Para melhor entender a figura, as seções verticais englobam os casos que fazem parte daqueles que apresentam potencial de reaproveitamento, definidos a partir dos atributos restritivos, ou seja, dentro de cada seção estão os casos associados a cada conceito (nível hierárquico mais baixo na organização da Base de Casos).

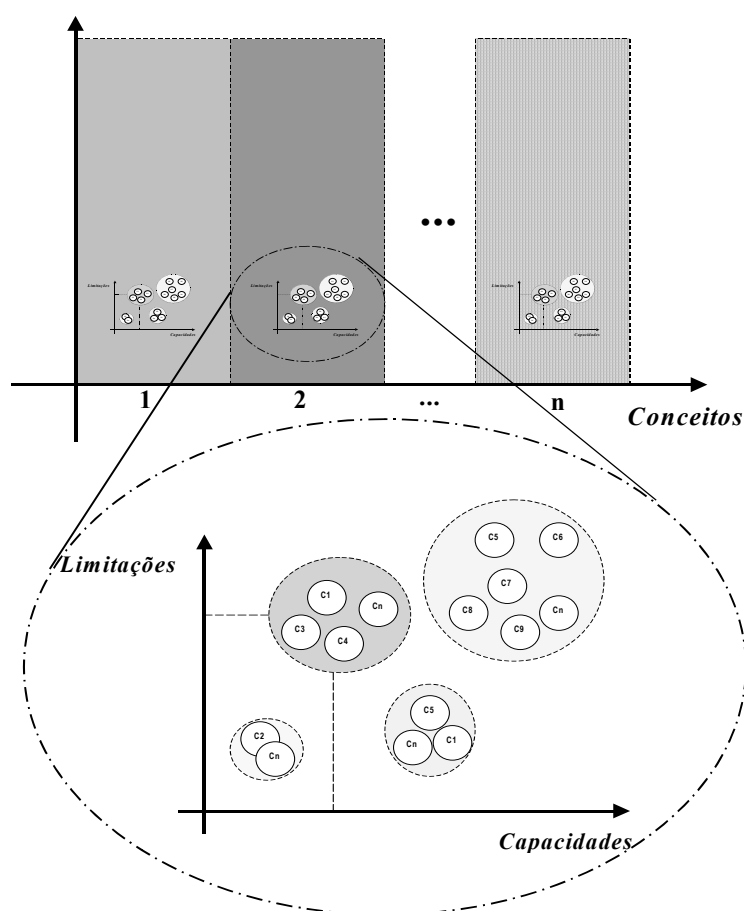


Figura 4. Segmentação da Base de Casos em função dos Atributos Restritivos

Uma vez identificado o segmento da Base de Casos, verificam-se os casos que estejam no âmbito da confluência de outros dois atributos: **Limitações** e **Capacidades**. Tal associação indicará uma determinada área, na qual pode ou não existir casos. A Figura 5 ilustra tal definição. Na existência de mais de um caso nesta determinada área, existirá a necessidade de análise dos mesmos para verificação do mais apropriado para recuperação. Neste caso, utilizar-se-á a técnica “do vizinho mais próximo” para recuperação do caso. Segundo Watson (1997), “a técnica do vizinho mais próximo é talvez a mais usada para o estabelecimento da similaridade já que a maioria das ferramentas disponível a utiliza”.

Nesta técnica, a similaridade entre o caso de entrada e um caso na Base de Casos é determinada para cada atributo. Esta medida deve ser multiplicada por um fator peso. A somatória de todos os atributos é calculada e permite estabelecer a média de

similaridade entre os casos da Base e os de entrada. Nesta etapa os atributos a serem utilizados serão: *Caminho de Aprendizado* e *Atitudes*.

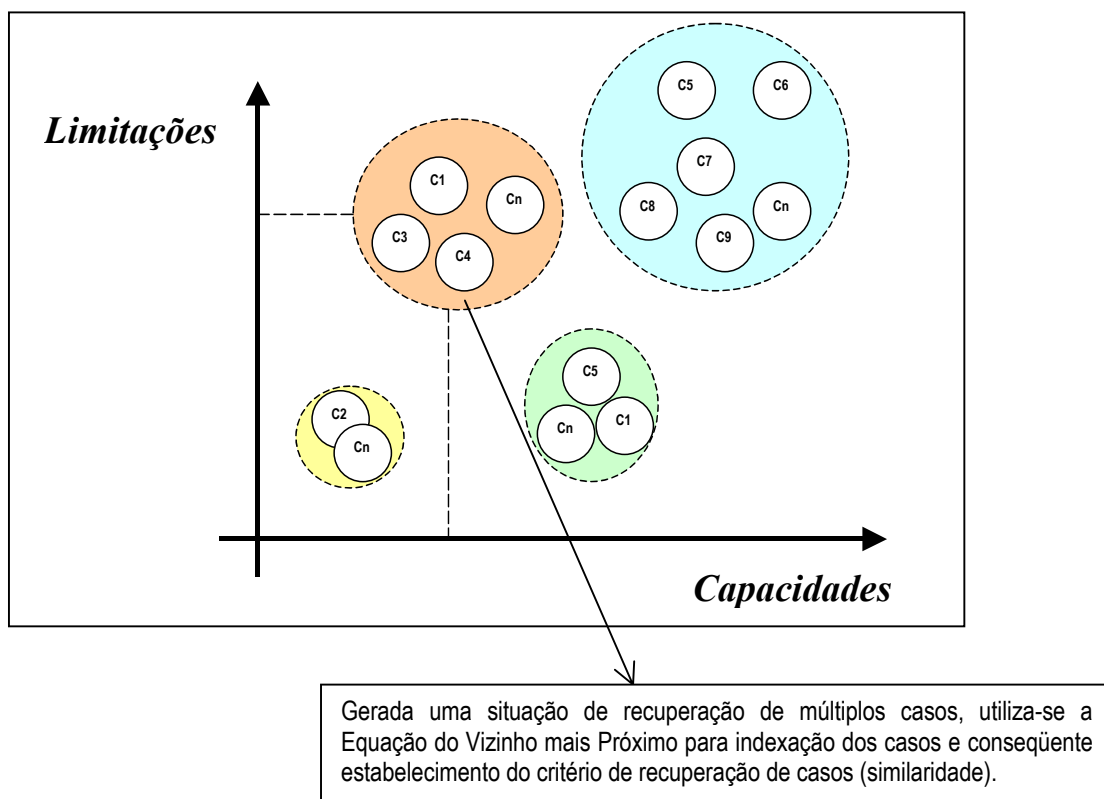


Figura 5. Processo de Recuperação de Casos no Sistema AUXILIAR

Segundo Watson (1997), utilizar-se-á a seguinte fórmula para cada um dos atributos:

$$\text{Similaridade}(E,B) = \sum_{i=1}^n f(E_i, B_i) \times P_i$$

Onde: **E** é o caso de entrada

n é o número de atributos de cada caso

f é a função de similaridade para o atributo **i** nos casos **E** e **B**

B é o caso da base

i é um atributo individual

P é o peso dado ao atributo **i**

O resultado de tal operação será uma lista de casos, com seus respectivos valores de similaridade com o caso de entrada. Dessa forma, será recuperado o caso com a maior pontuação, indicando estar mais próximo do caso de entrada, conseqüentemente maior é a sua similaridade.

Um dos pontos nevrálgicos da utilização da técnica do “vizinho mais próximo” em RBC para a recuperação de informações, consiste no aumento da base de casos. Segundo Watson (1997), a latência de recuperação de casos aumenta de forma linear ao aumento da quantidade de casos. Entretanto, isto não é evidenciado no presente sistema, pois como existem atributos restritivos (Nível de Conhecimento), isto reduz substancialmente o número de casos a serem analisados, possibilitando uma boa performance do sistema, mesmo com uma grande quantidade de casos armazenados.

4. Considerações Finais

Este trabalho apresenta uma visão geral da Arquitetura do Modelo do Aluno do Sistema AUXILIAR em sua fase final de implementação. A definição de tal arquitetura teve

como objetivo central o resgate dos elementos que caracterizam o aluno de forma mais significativa, com a finalidade de aumentar a efetividade do processo de auxílio ao aluno feito pelo sistema. O formato escolhido foi definido dentro dos conceitos existentes na abordagem de RBC, que, pelas observações preliminares, forneceu os subsídios esperados para ter-se de fato uma caracterização adequada do perfil do aluno (seu nível de conhecimento), bem como forneceu um mecanismo viável e aparentemente eficiente de recuperação de situações similares da Base de Conhecimento (Casos).

Como resultado, espera-se que tal sistema potencialize a ação do professor na condução de cursos online, contribuindo assim para a solução de um dos desafios atuais, que é justamente atingir o equilíbrio adequado para que os esforços realizados permitam que os conteúdos disponibilizados aos alunos sejam efetivamente assimilados de forma satisfatória.

Referências

- Anderson, J.R.; Corbett, A.T.; Koedinger, K.; and Pelletier, R. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *The Journal of the Learning Sciences* vol. 4, n. 2, p. 167-207, 1995.
- Anderson, J.R.; Boyle, C.F.; Corbett, A.T.; and Lewis, M.W. (1990). Cognitive modeling and intelligent tutoring. *Artificial Intelligence*, 42, p 7-49, 1990.
- Bauer, M. (1996). A dempster-shafer approach to modeling agent references for plan recognition. *User Modelling and User-Adapted Interaction*, 5, p. 317-348, 1996.
- Conlan, O., Wade, V., Bruen, C., Gargan, M. (2002). Multi-Model, Metadata Driven Approach to Adaptive Hypermedia Services for Personalized eLearning. In the Proceedings of Second International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH 2002 (2002) 100-111.
- Funk, P.; Conlan, O. (2002). Case-Based Reasoning to Improve Adaptability of Intelligent Tutoring Systems. *Workshop on Case-Based Reasoning for Education and Training*, Aberdeen, Scotland, September, 2002. p. 15-24
- Hawkes, L.W.; Derry, S.J.; and Rundensteiner, E.A. (1990). Individualized tutoring using an intelligent fuzzy temporal relational database. *International Journal of Man-Machine Studies*, 33, p. 409-429, 1990.
- Jameson, A. (1996). Numerical uncertainty management in user and student modeling: An overview of systems and issues. *User Modelling and User Adapter Interaction*, 5, p. 193-251, 1996.
- Petrushin, V.A. and Sinista, K.M. (1993). Using probabilistic reasoning techniques for leaner modeling. *World Conference on AI in Education*, Edinburgh, Scotland, p. 418-425, 1993.
- Piva Jr., D.; Freitas, R.L (2002c), AUXILIAR: Uma aplicação de inteligência artificial que possibilita a potencialização da aprendizagem. *Workshop de Informática na Educação*, Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Florianópolis, 217-221. julho de 2002.
- Piva Jr., D.; Miskulin, M.S.; Gonçalves Jr., G.(2002b). Obstáculos encontrados pelos professores da área de engenharia na condução de processos de ensino online, *Revista de Informática*, vol. V, no. 6, p.78-83, Outubro de 2002.

-
- Piva Jr., D.; Miskulin, M.S.; Gunawardena, C.N.; Gonçalves Jr., G.; Miskulin, R.S.(2002a). An Artificial Intelligence-Based Application for Facilitating Interaction and Learning Assessment in On-line Engineering Courses, Section 1496, ASEE 2002 - Annual Conference and Exposition, Montréal, Quebec Canadá, June 16-19.
- Villano, M. (1992). Probabilistic students models: Bayesian belief networks and knowledge space theory. In Second International Conference on Intelligent Tutoring System, p. 491-498, Montreal, Canada, 1992.
- Watson, I. (1997) Applying Case-Based Reasoning: techniques for enterprise systems. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1997.