
Uma abordagem para a recuperação e adaptação de casos em um Sistema Tutor Inteligente

Demetrius Ribeiro Lima¹, Marta Costa Rosatelli²

¹Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Universidade Federal de Santa Catarina
Campus Universitário, Trindade, Florianópolis – SC, 88040-900

²Programa de Mestrado em Informática - Universidade Católica de Santos
R. Dr. Carvalho de Mendonça, 144, Vila Mathias, Santos – SP, 11070-906

ribeiro@ilog.com.br, rosatelli@unisantos.edu.br

Resumo. Neste artigo apresentamos uma abordagem para a recuperação e adaptação de casos em um Sistema Tutor Inteligente, cuja função é dar suporte e acompanhar o aluno durante um curso a distância. Para aumentar a performance na etapa de recuperação de casos pelo Sistema Tutor Inteligente a abordagem proposta torna a etapa de adaptação da técnica de Raciocínio Baseado em Casos simples e eficaz.. A adaptação deve permitir com que novos casos possam ser armazenados na base de casos, bem como atributos de casos já armazenados possam ser modificados de acordo com a necessidade e interação do aluno com o sistema.

1 Introdução

Baseados na nova realidade de comunicação proporcionada pela Internet, os departamentos de recursos humanos das empresas e instituições de ensino têm buscado o aprimoramento dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA).

Segundo Cunha Filho & Neves (2000, p.58), estes ambientes evidenciaram um novo paradigma na informática da educação, onde a interação mútua entre os atores do processo pedagógico (alunos, tutores e ambiente) atinge um novo patamar, baseado na troca de informações plena, possibilitando a criação de comunidades virtuais que interagem através das redes em debates sincronizados e/ou assíncronos. Para facilitar a atuação do tutor como condutor e incentivador desta interação, o uso de um Sistema Tutor Inteligente (STI) integrado à um AVA, com o intuito de dar suporte ao aluno durante o seu aprendizado, possibilitará um acompanhamento mais personalizado do aluno minimizando o atendimento pelo tutor, o qual poderá planejar melhor o conteúdo dos debates.

Neste artigo é apresentada uma abordagem para a implementação das etapas de recuperação e adaptação do ciclo de Raciocínio Baseado em Casos (RBC) (Watson, 1997). RBC é uma técnica de Inteligência Artificial (IA) que no modelo proposto será utilizada por um STI para prover suporte ao aluno em um curso a distância. Para aumentar a performance na recuperação de casos pelo STI, a abordagem proposta torna a etapa de adaptação simples e eficaz.

O artigo está organizado da seguinte forma. Na seção 2 definimos o ciclo de etapas do RBC e as vantagens que esta técnica pode trazer na sua utilização por um STI. Na seção 3 apresentamos como será o modelo proposto para a implementação das etapas de recuperação e adaptação de casos. Na seção 4 concluímos o artigo.

2 Raciocínio Baseado em Casos

O RBC é uma técnica de IA que propõe a utilização de casos ou experiências passadas que estão armazenadas de forma organizada e estruturada numa base de dados, para solução de problemas atuais. Através de um mecanismo de recuperação busca-se situações utilizadas em problemas similares para ajudar a resolver o novo problema. Ao mesmo tempo desconsidera-se nesta busca os casos de insucessos dos problemas similares ao atual (Riesbeck & Schank, 1989).

De acordo com Watson (1997), as principais características da técnica de RBC podem ser representadas pelas seguintes etapas:

- 1) representação do caso: Os casos representam problemas já resolvidos e sua estrutura é formada por três tipos de atributos: descrição do problema, descrição da solução e descrição das estratégias usadas para a produção da solução.
- 2) indexação: Sua importância está em otimizar o processo de recuperação de casos organizando-os numa estrutura específica e caracterizar cada caso através dos atributos que lhe são peculiares.
- 3) armazenamento: Após cumprir as etapas anteriores o caso pode ser armazenado e conseqüentemente será formada a base de casos que será utilizada na recuperação.
- 4) recuperação: A recuperação é executada por meio de um algoritmo que compara o caso de entrada, ou atual, com os casos existentes na base de casos, e retorna aqueles considerados mais similares ao atual.
- 5) adaptação: A adaptação implica em reconhecer que a solução contida no caso recuperado mais semelhante não é adequada, em algum grau, ao problema (caso) atual, possibilitando adaptar o caso ou a base de casos.

Uma das vantagens de aplicação do RBC está em trabalhar com domínios previamente desconhecidos. Segundo Watson (1997) sistemas RBC não requerem um modelo explícito do domínio, pois a recuperação do conhecimento é feita através da recuperação de casos armazenados na base de casos. Assim, o domínio pode ser construído ao longo do aprendizado, partindo de uma base de conhecimento inicial. Além disso, em um contexto educacional, os casos podem ser explorados como situações a serem apresentadas aos estudantes para que estes tentem encontrar soluções adotadas anteriormente em problemas semelhantes, sintetizá-las, aplicá-las na nova solução e ainda fornecer as explicações que motivaram a escolha. Estes aspectos fazem com que o uso de RBC seja interessante como uma ferramenta no processo de ensino/aprendizagem (Khan e Yip, 1996). Segundo Reyes e Sison (2001), utilizar o RBC em STI, habilita o sistema a usar referências de experiências passadas para identificar quais estratégias instrucionais foram aplicadas numa situação similar bem como as características dos estudantes.

A técnica de RBC pode ser utilizada para implementar várias partes de um STI. No modelo do estudante, ao fazer comparação entre o conhecimento do estudante e outros estudantes já avaliados (que formam a base de casos), o RBC pode ajudar a selecionar a melhor estratégia de ensino (Guin-Duclosson et al., 2002). Já o modelo de domínio baseado em RBC, que é capaz de resolver problemas por ele mesmo sem necessitar de respostas corretas, permite que o STI não fique restrito somente aos problemas de um domínio conhecido e específico, mas também possa trabalhar com domínios desconhecidos (Kumar, 2002). Também alguns STIs possuem o modelo de tutor que ensina utilizando RBC, literalmente comparando e contrastando problemas aos casos passados a fim extrair e justificar inferências sobre os novos problemas (Ashley et al., 2002).

3 Modelo de Utilização da Técnica de RBC

Um dos principais papéis do modelo do domínio do STI proposto neste artigo é a utilização do RBC para buscar respostas às dúvidas dos alunos, quando se dá a intervenção do modelo do tutor.

Como foi visto no tópico anterior o RBC é definido por um ciclo: representação, indexação, armazenamento, recuperação e adaptação. Daremos atenção neste artigo somente para as duas etapas finais do ciclo – a recuperação e a adaptação.

3.1 Recuperação

O objetivo da etapa de recuperação de casos da técnica de RBC é recuperar o caso “mais similar”, ou o grupo de casos mais similares, armazenados na base de casos, em relação ao problema atual. Os casos mais similares podem ter conflitos com alguns dos atributos que foram especificados na consulta (problema atual). Assim, em RBC a recuperação não depende somente de um caso propriamente dito, mas também de outros, possivelmente melhores, existentes na base de casos (Leake, 1996).

Considera-se que problemas similares possuem soluções semelhantes. Assim um caso é útil se ele é similar ao problema atual. A similaridade tem por objetivo selecionar casos que possam ser facilmente adaptados para o problema em questão (Wangenheim, 2002).

Para esse autor, o processo de recuperação pode ser dividido nos seguintes passos:

1. descrição do problema/situação atual;
2. busca na base de casos;
3. comparação parcial dos casos da base com o problema atual;
4. ordenação dos casos selecionados na base de acordo com o valor da similaridade.

Segundo Watson (1997) na recuperação de casos duas técnicas são geralmente utilizadas pelas ferramentas de RBC comerciais: recuperação pelo vizinho mais próximo (*nearest-neighbor*) e recuperação indutiva. Essas técnicas utilizam como medida a similaridade entre os casos, que por sua vez, deve ser definida em relação aos tipos específicos de atributos do caso e ao contexto de aplicação específico.

O sistema proposto neste artigo utiliza-se da *Frequently Asked Question* (FAQ), que faz parte de um AVA, como base de casos do STI, onde o par Q-R (Questão-Resposta) representa um caso. Consideramos que a Questão é um índice para o conhecimento contido na Resposta. Os atributos do caso são do tipo *string* e devido a isto se utiliza como método de recuperação uma técnica clássica de Recuperação de Informação (*Information Retrieval*), conhecida como Modelo de Vetor.

A utilização da técnica do Modelo de Vetor deve-se à dificuldade que existe em calcular a similaridade entre *strings*, pois esta demandaria uma comparação semântica entre as palavras, tornando o processo muito complexo. Assim sugere-se substituir as *strings* por valores simbólicos sempre que possível, facilitando o cálculo da similaridade através de outras técnicas, tais como, a do Modelo de Vetor (Wangenheim, 2002).

O modelo de vetor é definido pela indicação de pesos não-binários para os termos considerados como índices nas Dúvidas e Documentos/Casos. Estes pesos de termos são utilizados para computar o grau de similaridade entre cada documento armazenado e a dúvida do usuário, conforme apresentado abaixo.

Por classificação em ordem decrescente de grau de similaridade são recuperados os Documentos/Casos, os quais o modelo considera parcialmente iguais aos termos da Dúvida (Baeza-Yates e Ribeiro-Neto, 1999). Assim considera-se a Dúvida como sendo o texto inserido pelo aluno através da interface do STI e os Documentos como sendo os casos representados pelos pares Q-R armazenados na base de casos. Os termos considerados índices são aqueles que não estão presentes na “*Stop List*” - lista que contém todos os termos que serão desconsiderados na comparação. Todos os outros termos são considerados relevantes para representação do conhecimento na Dúvida ou no Documento/Caso.

Por definição tanto a Dúvida quanto o Documento/Caso são associados a pesos positivos e não-binários, e representados respectivamente pelos vetores $\vec{q} = (w_{1,q}; w_{2,q}; \dots; w_{t,q})$ e $\vec{d}_j = (w_{1,j}; w_{2,j}; \dots; w_{t,j})$, onde t é número total de termos índices. Segundo Baeza-Yates e Ribeiro-Neto

(1999) o modelo de vetor propõe, para avaliar o grau de Similaridade (Sim) do Documento/Caso d_j com a Dúvida q , a correlação entre os vetores \vec{d}_j e \vec{q} , conforme a mostra a figura 1. Esta correlação pode ser quantificada pelo cosseno do ângulo entre estes dois vetores.

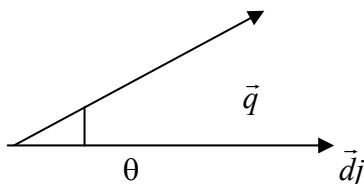


Figura 1 – O cosseno de θ é adotado como $\text{Sim}(d_j, q)$

Isto é,

$$\text{Sim}(d_j, q) = \frac{\vec{d}_j \cdot \vec{q}}{|\vec{d}_j| \times |\vec{q}|} = \frac{\sum_{i=1}^t w_{i,j} \cdot w_{i,q}}{\sqrt{\sum_{i=1}^t w_{i,j}^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^t w_{i,q}^2}}$$

O fator $|\vec{q}|$ não faz efeito na classificação porque é o mesmo para todos os Documentos/Casos devido ao cálculo utilizar somente os termos da Dúvida. O fator $|\vec{d}_j|$ provê a normalização dos Documentos/Casos no espaço, pois geralmente o tamanho do vetor de documentos pode ser grande (Salton e Buckley, 1987).

Como próximo passo, é necessário definir como os pesos dos termos índices são obtidos. Existem várias técnicas para se calcular os pesos de termos, mas a idéia principal destas está relacionada com a técnica de agrupamento.

Através destas técnicas precisa-se definir:

1. grupo de características que provêm a quantificação da Sim intra-*cluster*;
2. grupo de características que provêm a quantificação da Dissimilaridade (DISSim) inter-*cluster*.

Os mais bem sucedidos algoritmos de agrupamento tentam balancear estes dois efeitos.

No modelo de vetor, a Sim intra-*cluster* é medida pela freqüência do termo K_i dentro do Documento/Caso d_j , conhecida como fator “tf” (*term frequency*). Segundo Salton e Buckley (1987), pesos baseados na freqüência dos termos têm sido utilizados por muitos anos em ambientes de indexação automática. E a DISSim inter-*cluster* é quantificada pela medida inversa da freqüência do termo K_i nos Documentos/Casos da coleção, conhecida como fator “idf” (*inverse document frequency*). A motivação para usar “idf” se dá porque termos que aparecem em muitos Documentos/Casos não são usuais para distinguir os relevantes de não-relevantes (Baeza-Yates e Ribeiro-Neto, 1999).

Assim tem-se que a freqüência normalizada $f_{i,j}$ do termo K_i é dada por:

$$f_{i,j} = \frac{\text{freq}_{i,j}}{\max_L \text{freq}_{L,j}}$$

Onde $freq_{i,j}$ é a frequência do termo K_i no Documento/Caso d_j e o $\max_L freq_{L,j}$ é o número máximo de vezes que um termo aparece no texto do Documento/Caso d_j e é calculado sobre todos os termos que são mencionados. Já idf_i pode ser definida como o inverso da frequência do termo K_i no Documento/Caso, e é dada por:

$$idf_i = \log \frac{N}{n_i}$$

Nessa equação tem-se que: N é o número total de Documentos/Casos na base e n_i o número de Documentos/Casos em que o termo K_i aparece.

Utilizando-se tais definições, Salton e Buckley (1987) sugerem as seguintes equações para cálculos de pesos de termos índices em sistemas de identificação de contextos. Neste trabalho, estas equações foram utilizadas para cálculo dos pesos em Documentos/Casos e Dúvidas respectivamente:

$$w_{i,j} = f_{i,j} \times \log \frac{N}{n_i}$$

e

$$w_{i,q} = w_{i,q} = \left(0,5 + \frac{0,5 \cdot freq_{i,j}}{\max_L freq_{L,q}} \right) \times \log \frac{N}{n_i}$$

As principais vantagens do Modelo de Vetor são:

1. o método de pesagem de termos melhora a performance da recuperação;
2. a estratégia de comparação parcial, devido à utilização de termos índices, permite a recuperação de Documentos/Casos que aproximam-se às condições da Dúvida;
3. a equação de classificação pelo cosseno ordena os Documentos/Casos de acordo com seu grau de similaridade com a Dúvida.

Teoricamente o modelo de vetor tem a desvantagem de que se assume que os termos índices são mutuamente independentes, ou seja, estes índices podem ser considerados individualmente sem levar em conta o contexto. Entretanto, na prática, considera-se que a dependência de termos pode ser uma desvantagem pois devido a localização de algumas dependências, sua aplicação indiscriminada em todos os Documentos/Casos da base pode ser um fato prejudicial à performance de recuperação (Baeza-Yates e Ribeiro-Neto, 1999).

Assim tem-se a etapa de recuperação concluída, onde os casos são apresentados ao aluno por ordem de similaridade com a sua Dúvida apresentada ao STI. Como estes casos serão utilizados pelo aluno, se eles solucionaram ou não o problema levantado, é o que deve ser trabalhado na etapa seguinte, a adaptação.

3.2 Adaptação

Um dos principais objetivos da etapa de adaptação da técnica de RBC é aumentar o desempenho da etapa de recuperação, promovendo o incremento de novos casos na base bem como atualização dos atributos que representam os casos.

No contexto do STI, o modelo do tutor deve entender a nova situação em termos de situações passadas e adaptar a velha solução para a nova situação encontrada (Reyes et. al., 2000).

O modelo de adaptação proposto neste artigo utiliza os dois tipos possíveis de adaptação: (1) derivacional, cujas regras utilizadas para representação e indexação dos casos da base são

aplicadas em novos casos que serão armazenados juntamente aos outros da base e (2) estrutural, cujas atualizações são aplicadas diretamente no caso armazenado na base (Watson, 1997).

Quando o processo de intervenção do STI inicia, o aluno tem opções diferentes ao interagir com a interface. Nessas opções, a interação aluno-interface fornece dados ao sistema para iniciar a etapa de adaptação e armazenar o histórico de todo processo.

Como a base de casos que é utilizada neste trabalho possui o formato da tabela “FAQ” do banco de dados do AVA, a representação dos casos é feita através dos atributos: “Questão”, “Resposta”, “data inclusão” e “IDResponsavel”.

Utiliza-se também outra tabela relacionada à FAQ, conhecida como “Feedback”, que representa os seguintes atributos: “Questão”, “Resposta”, “IDResponsável”, “IDFaq” e “Status”. Para adaptar a base de casos é necessário que a nova solução se enquadre nestas regras de representação e indexação.

O primeiro tipo de adaptação proposto é aquele em que apenas a tabela “Feedback” da base é atualizada. Logo após a apresentação dos resultados da etapa de recuperação, o STI questiona ao aluno se algum dos casos apresentados ajudou-o a solucionar a questão. Em caso positivo pede-se que ele assinale qual delas.

Nesses termos, assume-se que não é necessário o armazenamento de um novo caso na base de casos, mas sim a sinalização de que o caso recuperado tem grande importância perante os outros casos recuperados, dada a questão apresentada pelo aluno. Para isso acrescenta-se um novo registro na tabela “Feedback” com os atributos “Questão” contendo a dúvida que o aluno apresentou ao STI e “IDFaq” com o identificador da tabela “FAQ” do caso escolhido. O atributo “Status”, por sua vez, é igual a “Ajudou”.

Pode-se observar esta interação entre o STI e o usuário através da figura 2 e 3 abaixo:

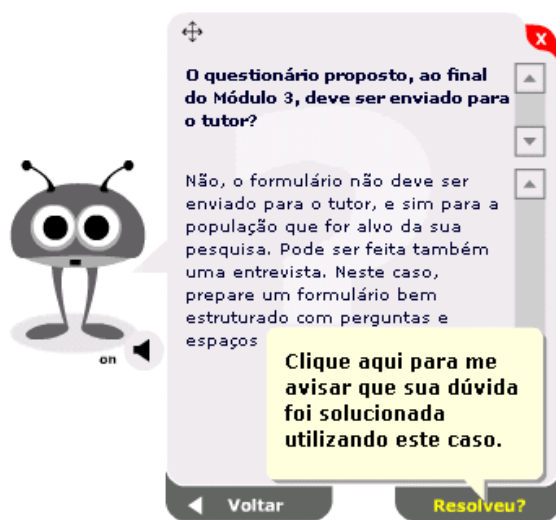


Figura 2 – O STI apresenta o caso e permite que o aluno indique que resolveu a dúvida

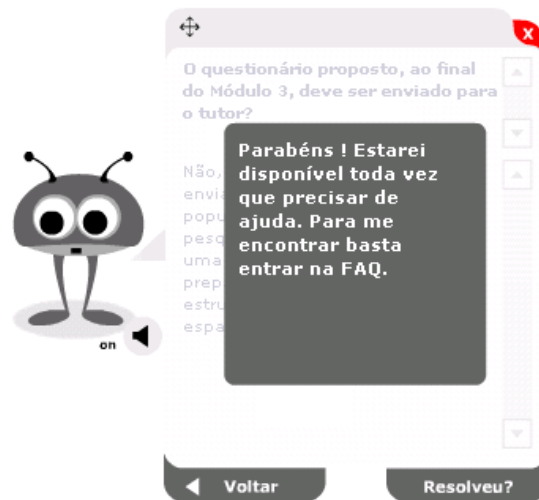


Figura 3 – O STI responde ao aluno que indicou que resolveu a dúvida

Um segundo tipo, como mostram as figuras 4, 5 e 6, refere-se ao tratamento do sistema quando a resposta para a pergunta que o STI fez ao aluno for negativa. Neste caso, o STI questiona se ele conseguiu resolver o problema por outro caminho e, em caso afirmativo, qual o caminho utilizado. A descrição de forma dissertativa é representada como o “R” do par Q-R e a questão inicial levantada pelo aluno como o “Q”, gerando um novo caso. Antes de confirmar o armazenamento do novo caso, é necessário a intervenção manual do tutor que verifica questões ortográficas e de conteúdo, e confirma a inserção do novo caso na base.

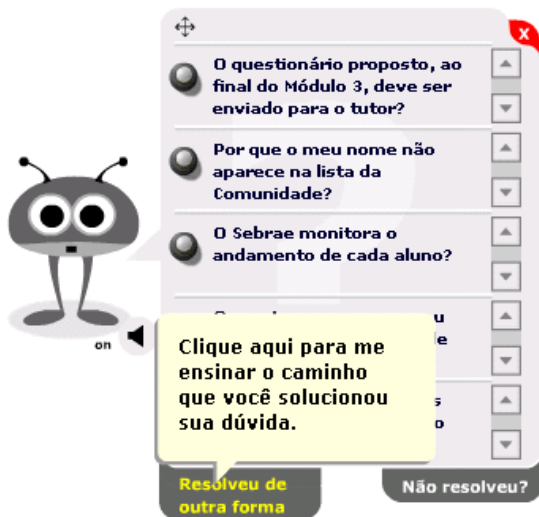


Figura 4 – Aluno indica como resolveu

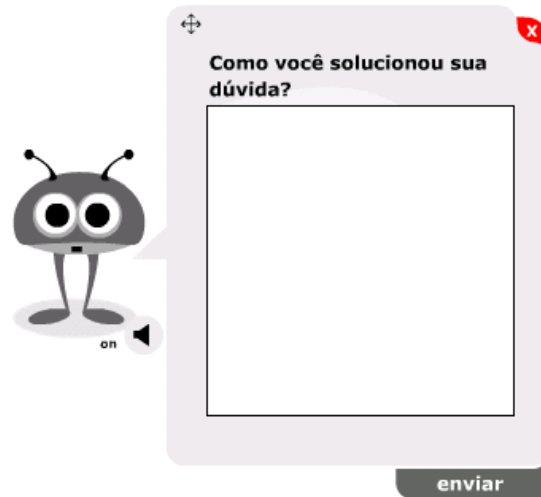


Figura 5 – Aluno preenche como solucionou

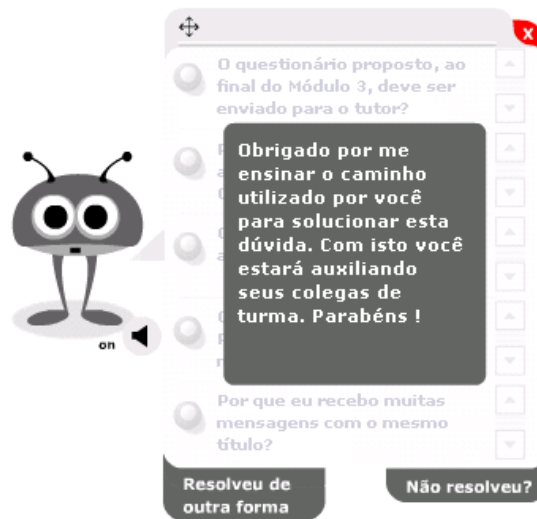


Figura 6 – STI agradece ao aluno que preencheu solução

Todas as outras opções disponíveis ao aluno levam ao armazenamento do histórico de todo processo de intervenção do tutor, e será utilizado posteriormente para aumentar a performance da recuperação dos casos, dependendo do motivo apresentado pelo aluno.

O primeiro motivo ocorre quando o aluno não consegue solucionar a questão nem pelas respostas apresentadas pelo STI nem por outro caminho. Desse modo, a Dúvida é armazenada no campo “Questão” da tabela “Feedback” e o atributo “Status” do caso recebe o valor de “naoresolveu”.

Isso se torna importante quando uma questão similar a esta for apresentada por outro aluno e este solucionar o problema. Nessa situação, o caso recebe o valor de “novasolucao” no atributo “Status” e a nova resposta é armazenada no campo “Resposta” da tabela “Feedback”, completando o par Q-R. Tal procedimento resulta no seu armazenamento na base de casos, após a aprovação pelo tutor. Esse processo é conduzido pela interação apresentada nas figuras 7 e 8 abaixo:

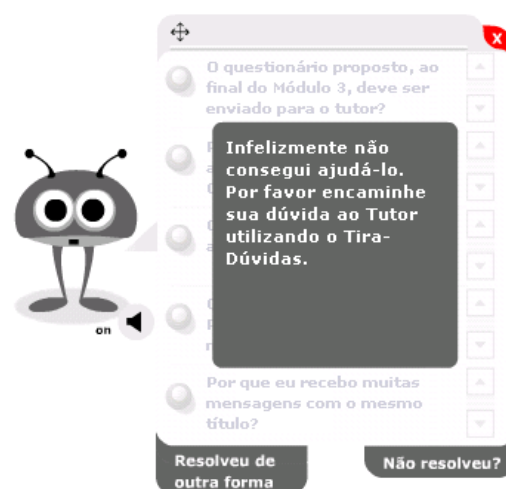
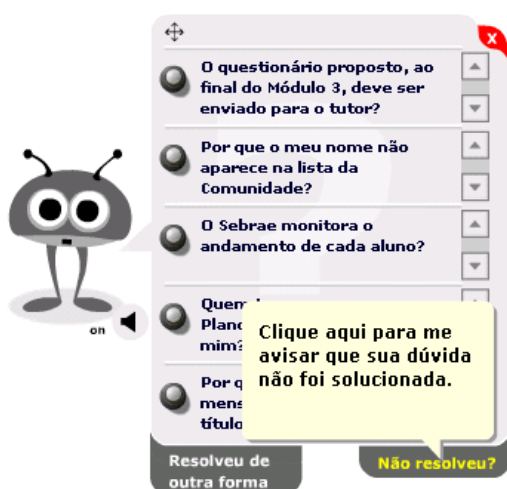


Figura 7 – Aluno indica que não resolveu dúvida **Figura 8** – Aluno é orientado a procurar tutor

O outro motivo previsto pelo sistema é quando o aluno fecha a janela da interface, sem dar nenhum tipo de *feedback* ao STI, em qualquer momento da interação após a apresentação das respostas recuperadas.

Após o STI apresentar os resultados, a Dúvida é armazenada na tabela “Feedback” como “Questao” e o atributo “Status” recebe o valor de “resultado”.

Caso isto aconteça quando o aluno estiver interagindo com a interface onde um caso é apresentado individualmente, o valor do atributo “Status” será “vendorespota”.

Nas situações apresentadas anteriormente, as questões armazenadas somente são utilizadas para avaliação do STI através dos relatórios estatísticos. Esta avaliação tem como objetivo a melhoria do modelo proposto.

Por fim, tem-se a situação em que o aluno fechou a janela da interface antes mesmo de apresentar sua questão ao STI. Neste caso trata-se então de armazenar como histórico somente o atributo “Status”, na tabela “Feedback”, com valor de “pergunta”, cujo uso será também para avaliação do STI.

Para todas as formas apresentadas faz-se o registro de quem interagiu com o STI, e isso se torna importante ao fornecer auxílio no acompanhamento dos alunos pelo tutor, que pode intervir de acordo com os dados apresentados pelo histórico armazenado.

Nesta seção vimos que o modelo proposto para a etapa de adaptação do ciclo de RBC, nos permite utilizar informações armazenadas durante a interação do aluno com o STI para melhorar a recuperação dos casos. Por exemplo, a informação de que o STI ajudou o aluno a solucionar a dúvida com um determinado caso, permite, além da similaridade, classificar os casos dentre os mais utilizados. Dessa maneira pode-se utilizar as outras informações garantindo uma eficácia maior na recuperação dos casos. Isso permite, diferentemente de algumas técnicas utilizadas para prover a adaptação, que o RBC seja aplicado em sistemas com domínios desconhecidos.

Por fim, percebe-se que a etapa de adaptação proposta contempla as características definidas pela técnica de RBC de forma simples e eficiente, contribuindo para a melhoria da performance de recuperação dos casos da base, bem como promovendo a avaliação do sistema através de históricos armazenados durante todo processo de interação com o STI.

4 Conclusão

Com o aumento no uso de tecnologias de IA na educação, soluções otimizadas têm sido cada vez mais necessárias para melhorar o desempenho dos sistemas. Na utilização da técnica de RBC isto também se faz necessário. Além disso, também torna-se importante quando seu uso está integrado a um STI, diminuindo o tempo e custo gastos no desenvolvimento, variáveis que são impeditivas para a aplicação em escala de STI. Assim, acredita-se que o modelo proposto pode tornar a implementação da técnica de RBC no STI apresentado mais simples, garantindo uma eficácia nos resultados esperados desta pesquisa.

5 Referências

- Ashley, K. D., Desai, R. & Levine, J. M. (2002) “Teaching Case-Based Argumentation Concepts Using Dialectic Arguments vs. Didactic Explanations”, S.A Cerri, G. Gouardères, and F. Paraguaçu (Eds.): ITS 2002, LNCS 2363, p. 585-595.
- Baeza-Yates, R. & Ribeiro-Neto, B (1999) “Modern Information Retrieval” ACM Press, New York.

-
- Cunha Filho, Paulo C., Neves, A. M. & Pinto, R. C. (2000) "O Projeto Virtus e a Construção de Ambientes Virtuais de Estudo Cooperativo", In: ead.br: Educação à Distância no Brasil na era da Internet. São Paulo: Anhembi Morumbi, p. 58.
- Guin-Duclosson, N., Jean-Daubias, S. & Nogry, S. (2002) "The Ambre ILE: How to Use Case-Based Reasoning to Teach Methods", S.A Cerri, G. Gouardères, and F. Paraguaçu (Eds.): ITS 2002, LNCS 2363, p. 782-791.
- Khan, T. & Yip, Y.J. (1996) "Pedagogic principles of case-based CAL", Journal of Computer Assisted Learning, 12, pp. 172-192.
- Kumar, A. N. (2002) "Model-Based Reasoning for Domain Modeling in a Web-Based Intelligent Tutoring System to Help Students Learn to Debug C++ Programs", S.A Cerri, G. Gouardères, and F. Paraguaçu (Eds.): ITS 2002, LNCS 2363, p. 792-801.
- Leake, D. (1996) "CBR in Context: The Present and Future", In: Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons & Future Directions. Menlo Park: AAAI Press/MIT Press, p. 13-14.
- Reyes, R. L., Ruiz, C., Ordoná, E., Galvey, C. & Gocolay, C (2000) "Multimedia Intelligent Tutoring System for Context-Free Grammar" Proceedings of the 6th International Conference on Computers in Education (ICCE'00), IEEE.
- Reyes, L. R. & Sison, Raymond (2001) "A Case-Based Reasoning Approach to an Internet Agent-based Tutoring System", Artificial Intelligence in Education, J.D. Moore et al. (Eds.), IOS Press, p. 123.
- Riesbeck, C. & Schank, R (1989) "Inside Case-based Reasoning", Lawrence Erlbaum Associates, Institute for the Learning Sciences.
- Salton, G. & Buckley, C. (1987) "Term weighting approaches in automatic text retrieval" Ithaca, New York: Department of Computer Science, Cornell University.
- Watson, I. (1997) "Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Enterprise Systems", Morgan Kaufmann.
- Wangenheim, C. G. & Wangenheim, A. (2003) "Raciocínio Baseado em Casos" Editora Manole.