

Sistema Hiperfídia Adaptativa para o Ensino de Inglês

Valéria Farinazzo Martins¹, Daniel Allan Silvério¹, Fábio dos Santos¹, Marcelo de Paiva Guimarães²

¹Faculdade de Computação e Informática - Universidade Presbiteriana Mackenzie
São Paulo, Brasil

² Universidade Federal de São Paulo/membro do Programa de Mestrado da Faculdade
Campo Limpo Paulista - São Paulo, Brasil

Email: valfarinazzo@hotmail.com, daniel.silverio@hotmail.com,
fmy.fabio@gmail.com, marcelodepaiva@gmail.com

Abstract. *This paper presents an adaptive e-learning system focused on teaching English without tutors. The system performs content adaptation to assist students. The system verifies the student's knowledge in a specific content and directs him to the appropriate lesson. The adaptation solution is based on Fuzzy inferences rules. The application developed was evaluated by 10 users and the results are also presented.*

Resumo. *Este artigo apresenta um sistema de ensino à distância adaptativo voltado ao ensino de inglês sem a intervenção de um tutor. O sistema realiza adaptação de conteúdo para auxiliar os alunos. Ele verifica o conhecimento do aluno no conteúdo e o direciona para a atividade adequada. A funcionalidade de adaptação de conteúdo teve como base o uso de regras de inferência Fuzzy. O sistema foi avaliado por 10 usuários e os resultados são apresentados no artigo.*

1. Introdução

O ensino presencial tem se transformado nos últimos anos; já prevê um uso mais efetivo de ferramentas para o ensino a distância, e já está previsto em lei em alguns países, como no Brasil. Isso facilitou a proliferação dos Cursos Online Aberto e Massivo (Massive Open Online Courses) [McAndrew and Jones 2012] [Martin 2012]. Contudo, como o conhecimento de cada aluno não é homogêneo e a aprendizagem segue ritmos diferentes, torna-se necessária a busca por soluções que possibilitem o tratamento individual de cada um deles.

Uma opção que tem sido bastante utilizada para isso são os Sistemas Hiperfídia Adaptativos (SHA), que ampliam a funcionalidade dos Sistemas Hiperfídia possibilitando a personalização (adaptação) do ambiente Hiperfídia aos usuários individualmente. Os SHAs monitoram o padrão de atividades dos usuários e, automaticamente, ajustam a interface ou conteúdo provido pelo sistema para acomodar-se ao usuário, assim como às suas mudanças nas habilidades, conhecimentos e preferências. Esses sistemas proporcionam a cada usuário uma visão e possibilidades de navegação individualizada para a interação [Brusilovsky 1996] [Oliveira and Fernandes

2004]. Sistemas Hiperídia Adaptativos Educacionais tem sido desenvolvidos para promover cursos em que os alunos são tratados individualmente. Esses sistemas têm sido o centro de estudo de diversos autores que investigam modelos e técnicas para adaptação de usuários individualmente [Brusilovsky 1996] [Wu 2001] [Opperman and Specht 1998][Leiva 2003][Bueno, Brito and Brito 2011]. Uma das possibilidades para implementar tal adaptação é o uso de Lógica Fuzzy [Mourão, Malvezzi and Bressan 2010][Faria et al 2008][Parreira e Costa 2009]. Há outras maneiras de promover adaptação para um SHA, tais como redes neurais e sistemas tutores. Neste trabalho, optou-se pela Lógica Fuzzy por sua simplicidade de ser implementada e compreendida.

A lógica Fuzzy permite expressar o conhecimento de um especialista em linguagem natural, expressar os conceitos subjetivos e operar matematicamente com estes conceitos, ou seja, traduzir conhecimento humano para operações de máquina. Ela tem uma aplicação bastante indicada para certas classes de objetos que não admitem tratamento convencional [Zadeh 1965] [Zadeh 1996], como, por exemplo, sistemas modelados empiricamente, sistemas definidos de maneira vaga ou imprecisa, e sistemas de difícil modelagem por métodos convencionais. Sendo assim, pode-se modelar o comportamento de um professor, buscando adaptar o ensino e os conteúdos ao nível de conhecimento de cada aluno.

A partir da extração do conhecimento do especialista, obtém-se a modelagem Fuzzy - determinação das variáveis de entrada e de saída identificadas como imprecisas e seu comportamento - e o mecanismo de inferência. Cada um destes conceitos (variáveis) é associado a um grau de imprecisão, que indica sua relevância na base de conhecimento durante a ação do mecanismo de inferência Fuzzy. Desta forma, o sistema avalia as regras Fuzzy, apontando então qual é a ação subsequente a ser executada [Zadeh 1965] [Zadeh 1996].

Neste contexto, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando Fuzzy. Por exemplo, Fabri e Fabri (2002) propõem uma ferramenta que utiliza Fuzzy para o acompanhamento do desempenho de alunos num curso a distância. O objetivo é verificar se o aluno está apto ou não a avançar um módulo no curso em questão, dando ao autor do curso mais um subsídio para que ele possa saber se o curso está atingindo os objetivos propostos. Já Malvezzi, Mourão e Bressan (2010) propõem um sistema de acompanhamento de alunos num modelo de educação presencial mediado por tecnologia, utilizando Fuzzy para auxiliar professores a avaliar o desempenho individual do aluno, bem como todo o processo de aprendizagem.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um sistema Hiperídia Adaptativo Educacional para apoiar o ensino a distância da língua inglesa. A adaptação de conteúdo é realizada utilizando regras Fuzzy associada à quantidade de respostas corretas, ao tempo gasto para responder a questão e a sequência de acertos ou de erros. Assim, o sistema analisa a situação de aprendizagem atual e direciona o aluno de forma apropriada, fazendo o papel de tutor no que tange ao acompanhamento das dificuldades. O aluno pode então avançar no conteúdo ou receber explicações mais detalhadas sobre a matéria abordada no momento, o que simula uma nova explicação dada por um professor.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 a metodologia científica empregada no desenvolvimento do trabalho; a seção 3 apresenta o desenvolvimento do sistema, abordando desde a análise de requisitos até a implementação do sistema

adaptativo; a seção 4 traz os resultados da avaliação do sistema com potenciais usuários finais; e, por fim, a seção 5 traz as considerações finais do trabalho.

2. Metodologia do Trabalho

Para o desenvolvimento da aplicação, optou-se por uma abordagem de desenvolvimento iterativo de sistemas de software, adaptado às peculiaridades de sistemas de hipermídia adaptativa. Conforme discutido por Stuart (1996), esta abordagem combina características de desenvolvimento *top-down* e *bottom-up*, buscando a geração de versões (ou protótipos) que vão sendo sucessivamente refinados, até se chegar a uma implementação que atenda aos requisitos inicialmente identificados [Sommerville 2003]. O desenvolvimento deste módulo durou cerca de 60 dias entre desenvolvimento e testes.

Inicialmente realizou-se a definição dos requisitos funcionais e não-funcionais. Os funcionais foram levantados diretamente com uma professora de língua inglesa da universidade, através de entrevistas e conversas informais. Em seguida, o projeto foi concebido e a implementação realizada. Então, a aplicação foi avaliada com os alunos.

Para este trabalho, a equipe de desenvolvimento foi composta por quatro desenvolvedores, alunos dos semestres finais do curso de Ciência da Computação de uma universidade privada da cidade de São Paulo. Eles contaram com um professor-orientador, principalmente para os problemas e dúvidas relacionadas à modelagem Fuzzy. Para a análise de requisitos e testes, eles puderam contar com o apoio de uma professora de língua inglesa da universidade.

3. Desenvolvimento do Sistema Hipermídia Adaptativo Educacional para Apoiar o Ensino à Distância da Língua Inglesa

Inicialmente, realizou-se a definição dos requisitos funcionais e não-funcionais do sistema. Assim, foram identificados os seguintes requisitos funcionais: a aplicação deve ser capaz de realizar *login* individual; deve manter o histórico do conteúdo abordado para cada aluno; cada conteúdo deve estar dividido em módulos; cada módulo deve prover um conteúdo padrão e, no mínimo, outro adicional; e cada módulo deve estar associado a exercícios. Os requisitos não-funcionais foram os seguintes: a aplicação deve funcionar através da Web, a interface deve ser fácil de utilizar e de aprender e a aplicação deve suportar usuários com níveis de inglês e conhecimento de computação diferentes.

Esses requisitos serviram como ponto de partida para a modelagem do sistema, permitindo a identificação das funcionalidades. Internamente teve-se como necessidade a criação de fluxos de execução de conteúdos. Por exemplo, se o aluno teve um excelente desempenho no conteúdo atual, então ele é direcionado em seguida para conteúdos mais complexos. Como consequência, o conteúdo de ensino está ligado a uma estratégia pedagógica.

A arquitetura do sistema é apresentada na Figura 1. Além de levar em conta a situação de aprendizagem momentânea do aluno, que é gerada a partir das variáveis de entrada, o sistema adaptativo também considera o perfil do mesmo, que é criado ao responder questões antes de iniciar as interações. As regras Fuzzy são aplicadas nessa situação momentânea e, em consequência, são geradas as variáveis de saída, que indicam as ações seguintes do sistema.



Figura 1. Arquitetura do Sistema hipermídia adaptativo educacional para apoiar o ensino à distância da língua inglesa

O conteúdo pedagógico considerou o fluxo de execução da aplicação, que é apresentado na Figura 2. Logo após o *login*, o sistema verifica se o aluno já possui o perfil registrado. Se não possuir, então aplica-se o questionário que trata de descobrir o perfil do aluno e, em seguida, gera-se o conteúdo adaptado para o mesmo. Se o aluno possuir o perfil registrado, então o histórico é verificado e o conteúdo adaptado para o perfil do aluno é gerado. Todas as ações do aluno são registradas durante a interação com o conteúdo. Quando um conteúdo é finalizado, o sistema verifica o histórico e apresenta outro conteúdo adaptado. Por fim, o aluno executa o *logout*.

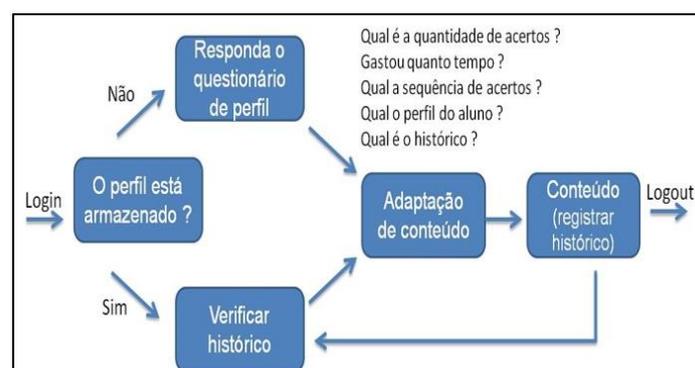


Figura 2. Fluxo de execução do Sistema hipermídia adaptativo educacional para apoiar o ensino à distância da língua inglesa

A figura 3 (a) mostra um exemplo de conteúdo teórico apresentado. Ele explica a conjugação do verbo “to be”. Neste caso, o aluno faz a leitura do conteúdo, porém poderia ter acesso a este conteúdo por outros meios, como, por exemplo, um vídeo. Após o estudo de um conteúdo teórico, o aluno inicia as tarefas associadas, como a atividade de responder questões, como é mostrada na figura 3 (b).

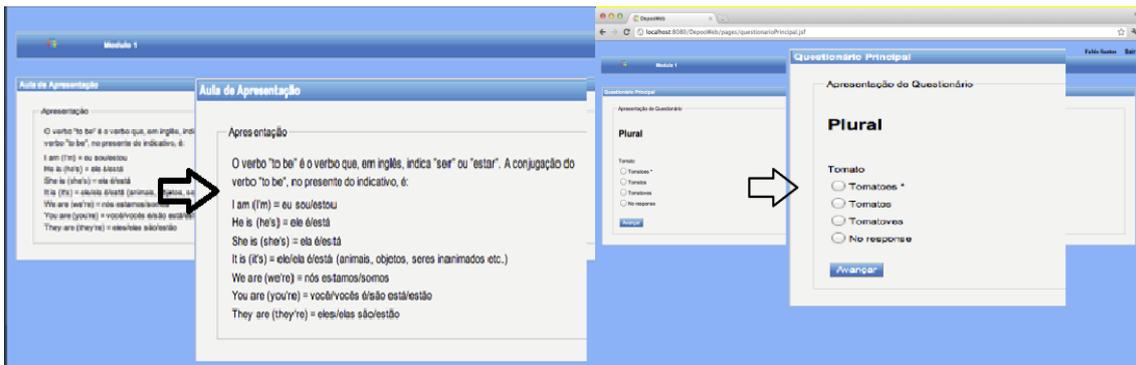


Figura 3. (a) Apresentação da teoria sobre o conteúdo específico abordado
 (b) Questão apresentada ao aluno

2.1. Adaptação de Conteúdo

A aplicação desenvolvida utiliza Lógica Fuzzy como meio de avaliação do desempenho do estudante. Ela possui quatro variáveis linguísticas de entrada e duas de saída, que representam o resultado final da avaliação de desempenho do aluno. Estas variáveis e suas regras de inferência são apresentadas nas tabelas 1 e 2. A função de pertinência utilizada pelas variáveis do projeto foi o Trapezoidal (Equação 1). Ela resulta os graus de pertinência apresentados nas tabelas 1 e 2 – onde a, b, c e d são as arestas do trapézio. O grau de pertinência é um valor real compreendido no intervalo [0,1], que significa o quanto é possível que o valor da variável pertença ao conjunto Fuzzy. Essa função de pertinência é fundamental para que seja possível utilizar Lógica Fuzzy [Zadeh 1965] [Zadeh 1996].

$$trapmf(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c}\right), 0\right)$$

Equação 1 - Função de Pertinência utilizada

Os valores apresentados na Tabela 1 são extraídos de especialistas na área. Neste caso, estes valores advêm de entrevistas com professores de língua inglesa e de especialistas em educação a distância. Estes valores são configuráveis no sistema.

Tabela 1 - Variáveis de entrada e de saída com seus respectivos conjunto Fuzzy e grau de pertinência de cada termo linguístico

Variáveis de Entrada			
Nome da Variável	Termos Linguísticos	Grau de Pertinência (intervalo)	Descrição
Tempo de resposta	Bom	[0.0, 93.5]	Tempo médio de resposta que um aluno levou para responder uma determinada quantidade de questões. Unidade de Medida: segundos
	Médio	[90.0, 192.0]	
	Ruim	[188.5, 300]	
Quantidade de acertos	Ótimo	[0.70, 1.0]	Quantidade de questões respondidas de forma correta pelo aluno
	Regular	[0.35, 0.75]	
	Péssimo	[0.0, 0.40]	
Sequência de Corretas	Muito	[0.67, 1.0]	Quantidade de questões respondidas de forma correta pelo aluno sequencialmente
	Razoável	[0.34, 0.78]	
	Pouco	[0.0, 0.40]	
Sequência de Erradas	Muito	[0.70, 1.0]	Quantidade de questões respondidas de forma errada pelo aluno sequencialmente
	Razoável	[0.40, 0.72]	
	Pouco	[0.0, 0.45]	

Variáveis de Saída			
Nome da Variável	Termos Linguísticos	Grau de Pertinência (intervalo)	Descrição
Mostrar Apoio	Não	[0.0, 0.10]	Dependendo do desempenho do aluno, o sistema irá automaticamente identificar se ele necessita de apoio extra
	Apoio Nível 1	[0.08, 0.73]	
	Apoio Nível 2	[0.67, 1.0]	
Pular Fases	Não	[0.0, 0.77]	Dependendo do desempenho positivo do aluno, o sistema irá automaticamente elevar o nível de dificuldade
	Sim	[0.74, 1.0]	

Tabela 2 – Regras Fuzzy

REGRAS FUZZY
1) Se (Tempo de Resposta é Bom) e (Sequência de Corretas é Muito) então (Pular Fases é Sim)
2) Se (Tempo de Resposta é Ruim) e (Sequência de Erradas é Muito) então (Ensino é Parar)
3) Se (Tempo de Resposta é Médio) e (Quantidade de Acertos é Regular) e (Sequência de Corretas é Pouco) e (Sequência de Erradas é Razóavel) então (Mostrar Apoio é Apoio Nível 1)
4) Se (Tempo de Resposta é Médio) e (Quantidade de Acertos é Péssimo) e (Sequência de Corretas é Pouco) e (Sequência de Erradas é Razóavel) então (Mostrar Apoio é Apoio Nível 2)
5) Se (Quantidade de Acertos é Regular) e (Sequência de Corretas é Razoável) e (Sequência de Erradas é Pouco) então (Ensino é Continuar)

Esta aplicação foi desenvolvida utilizando a arquitetura MVC (*Model View Controller*), com linguagem de programação Java, banco de dados MySQL e biblioteca de funções Fuzzy (JFuzzyLogic).

4. Testes

Após um plano de testes funcionais realizado pela equipe de desenvolvimento, foi percebido que a aplicação estava funcionando como o esperado. Então, a aplicação foi colocada em teste para que pessoas interessadas em utilizar a aplicação pudessem experimentar seu funcionamento.

Foi estabelecido que o usuário do sistema poderia ser qualquer pessoa interessada em utilizar a aplicação, com ou sem experiência no idioma e sem a necessidade de frequência no uso de computadores. Assim, os testes com os usuários finais foi composta por quatro fases, adaptado de Diah (2010) e de Mitchell (2007):

- Questionário de pré-teste: o usuário responde a algumas questões relacionadas a seu perfil, tais como idade, frequência de uso de computadores e grau de proficiência em língua inglesa;
- Apresentação dos testes: os usuários são informados sobre a aplicação e o que está sendo testado;
- Aplicação dos testes: os usuários podem utilizar a aplicação com tempo máximo de 40 minutos. Porém, sempre havia um observador para verificar se o sistema funcionava como o esperado;
- Questionário pós-teste: os usuários depois de utilizarem a aplicação respondem a questões relacionadas à facilidade de uso.

De acordo com o questionário de pré-teste, foram registradas as seguintes informações referentes aos 10 usuários: 4 eram do sexo feminino; a faixa etária variava de 18 a 54 anos; 4 usuários diziam ter grau de proficiência elevado, 5 grau de proficiência intermediário e 1 baixo ou nulo; 8 usuários utilizavam o computador, ao

menos, 5 dias por semana e 2 usuários utilizavam menos de 2 vezes por semana; nenhum estava muito familiarizado com Educação a Distância.

O material da aplicação apresentado aos usuários era relacionado ao módulo tido como inicial em um curso de inglês e as perguntas relacionavam-se, entre outras, ao verbo “to be”. Os usuários puderam utilizar a aplicação em suas casas, mas sempre havia uma pessoa do grupo de desenvolvimento presente.

4.1. Resultados

A Tabela 3 apresenta os perfis de alunos e os respectivos valores para as duas variáveis linguísticas de saída esperados como resposta. O sistema se adaptou conforme o aluno. Por exemplo, o aluno 1 demonstrou o melhor desempenho, por isso o sistema de adaptação indicou a necessidade de pular algumas fases do conteúdo; por outro lado, o aluno 7 demonstrou dificuldades, então o sistema ofereceu dois níveis de material de apoio para o mesmo. Percebeu-se então que durante os testes o sistema correspondeu conforme esperado.

Optou-se, para a realização destes testes que todos os alunos, independente do seu grau de proficiência, começassem a utilizar o mesmo módulo (inicial).

Tabela 3 – Valores possíveis das variáveis linguísticas simulados.

Aluno	Tempo de Resposta	Quantidade de Acertos	Sequência de Respostas Corretas	Sequência de Respostas Erradas	Mostrar Apoio	Pular Fases
1	BOM	OTIMO	MUITO	POUCO		X
2	BOM	REGULAR	POUCO	MUITO	X	
3	RUIM	REGULAR	RAZOÁVEL	POUCO		
4	RUIM	OTIMO	MUITO	POUCO		
5	MÉDIO	REGULAR	POUCO	POUCO		
6	MÉDIO	PESSIMO	POUCO	MUITO	X	
7	RUIM	PESSIMO	POUCO	MUITO	X (NÍVEL 2)	
8	BOM	REGULAR	POUCO	POUCO		
9	RUIM	REGULAR	POUCO	POUCO	MUITO	
10	MÉDIO	OTIMO	MUITO	POUCO		

4.2. Grau de Satisfação

Após os usuários terem utilizado o sistema de apoio, foi disponibilizado a eles um questionário contendo cinco perguntas (Gráfico 1) relacionadas ao grau de satisfação. O Gráfico 1 apresenta a porcentagem de respostas para cada questão. Foi utilizada a escala Likert (1932) para pontuar as questões.

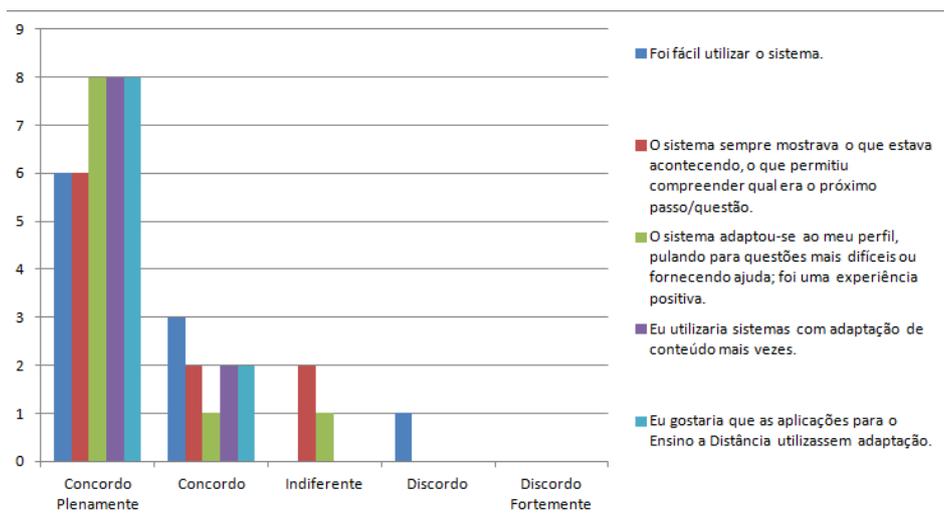


Gráfico 1 – Grau de Satisfação dos Usuários

Através do Gráfico 1 é possível perceber uma grande concentração de respostas entre concordo plenamente e concordo, o que permite concluir que os usuários se mostraram satisfeitos com o sistema. Os usuários mostraram-se satisfeitos com o uso do sistema, sendo que:

- Dois usuários tiveram texto adicional com material de apoio e responderam ter sido uma estratégia boa de ensino.
- Os quatro usuários que tinham grau de proficiência alta e que foram submetidos a testes de grau básico de inglês, tiveram seu teste finalizado antes de responder a todas as questões daquele nível e passaram para um nível mais alto de dificuldade. Eles entenderam esta estratégia como bastante útil e motivadora.
- Os três outros usuários responderam ao questionário todo (e não tinham grau de proficiência muito alto). Eles disseram ter gostado do sistema.
- Apenas um usuário, que tinha maior dificuldade em utilizar a aplicação e também grau de proficiência em inglês baixo, demonstrou certo pessimismo na avaliação da satisfação. Este sugeriu que, além de textos adicionais, que fossem acrescentadas outras abordagens de material, tais como vídeo.

5. Conclusões

Este trabalho apresentou o uso de Lógica Fuzzy para desenvolver um sistema hipermídia adaptativo para a área educacional e voltado para o ensino a distância, no aprendizado de língua inglesa. Através de variáveis de entrada como tempo de resposta, número de respostas corretas que o aluno responde, o sistema pode perceber se o aluno já retém o conhecimento sobre aquele tema específico e já o direciona à próxima aula, ou se perceber que o aluno está com dificuldade, apresenta a ele um conteúdo adicional.

Visto as considerações citadas na seção de testes, o resultado foi satisfatório e a utilização de Lógica Fuzzy foi abrangente o suficiente para detectar com precisão os pontos de regressão e evolução de estudo de um determinado aluno. Através das variáveis

utilizadas pelas funções de pertinência e com base nos fatos históricos manipulados pelos alunos envolvidos, é possível que o sistema interaja para que o mesmo consiga ter uma continuidade ideal dos estudos, bem como um reforço maior em uma matéria ou apenas uma apresentação superficial de um assunto que o aluno já domine.

O conhecimento do estado de estudo dos alunos e as tomadas de decisões são de muita importância para ensino a distância, pois o objetivo do sistema é de proporcionar um aprendizado efetivo; o sistema mostrou fielmente ao aluno se o grau de aprendizado está satisfatório ou ineficiente. A Lógica Fuzzy proporcionou eficiência em avaliar dentro do sistema o aluno, fazendo tomada de decisões de forma transparente sem nenhuma intervenção de um professor ou de um tutor.

Estudos e pesquisas ainda podem ser realizados com o intuito de avaliar qual técnica de adaptação é mais eficiente utilizar: Lógica Fuzzy ou Redes Neurais, levando em consideração o desempenho, confiabilidade e o grau de dificuldade de implementação de cada uma. Uma linha interessante a ser seguida, talvez não seja em verificar qual técnica é mais eficiente, e sim pesquisar a possibilidade de serem aplicadas em conjunto, a fim de abstrair o máximo de qualidade de cada uma, a fim de trabalharem de forma complementar.

Outra possibilidade de expandir o trabalho seria trabalhar não somente com o nível de proficiência do aluno, mas, por exemplo, com o estilo de aprendizado de cada aluno e com suas preferências em termos de adaptação da apresentação do material.

Referências

- Brusilovsky, P.1996. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction, Special issue on adaptive hypertext and hypermedia, Vol. 6, n 2-3, 87-129.
- Bueno, A. M. F., Brito, A. G. S. and Brito, L. C. 2011. Abordagem Hipermedia Educacional Adaptativa para a Personalização do Processo de Ensino Através da Web. XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. ISSN: 2176-4301, 110-119.
- Diah, N.M., Ismaill, M., Ahmad, S. and Dahari, M.K.M. 2010. Usability testing for educational computer game using observation method. CAMP'10 is the first international conference on Information Retrieval and Knowledge Management. Shah Alam, Malaysia. 157-161. DOI = <http://dx.doi.org/10.1109/INFRKM.2010.5466926>
- Fabri, J. A. and Fabri, M. G. (2002). Ferramenta Fuzzy para Acompanhamento do Desempenho dos alunos nos Cursos a Distância. In XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Workshop de Informática na Escola. Campinas.
- Faria, M.N., Malva, G.R.O., Dorça, F.A., Lopes, R.S., Fernandes, M.A., and Lopes, C.R. 2008. Um Sistema De Avaliação em Ead Baseado em Lógica Fuzzy, Revista Horizonte Científico, Uberlândia, 1-17.
- Leiva, W. D. 2003. Um modelo de hipertexto para apoio ao ensino mediado pela Web. Tese (Doutorado em Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação), Universidade de São Paulo, 12 set. 2003. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-17112003-071043>.

- Likert, R. 1932. A Technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.
- Malvezzi, W. R., Mourão, A. B., and Bressan, G. (2010). Uma ferramenta baseada em Teoria Fuzzy para o acompanhamento de alunos aplicado ao modelo de educação presencial mediado por tecnologia. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação* (Vol. 1, No. 1).
- Martin, F.G.2012. Will Massive Open Online Courses Change How We Teach? *Communications of the ACM*, Vol. 55 No. 8, ACM New York, NY, USA, 26-28. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/2240236.2240246>.
- McAndrew, P., Jones, A.2012. Editorial: Massive Open Online Courses, a perspective paper by Sir John Daniel. *Journal of Interactive Media in Education*, Vol. 3. <http://http://jime.open.ac.uk/2012/17>
- Mitchell, P.P., 2007. A step-by-step guide to usability testing, Lincoln, NE: iUniverse. ISBN-10= 0595866689, ISBN-13 = 978-0595866687.
- Mourao, A. B., Malvezzi, W. R. and Bressan, G. 2010. Uma Ferramenta Baseada em Teoria Fuzzy para o Acompanhamento de Alunos Aplicado ao Modelo de Educação Presencial Mediado por Tecnologia. XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, JOÃO PESSOA. *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. 10 pages.
- Oliveira, J. M. P., Fernandes, C. T. (2004). *Sistemas Hipermídia Adaptativos Educacionais: Breve Panorama e Modelo de Referência*. Congresso Nacional de Ambientes Hipermídia para Aprendizagem, Florianópolis.
- Opperman, R., Specht, M. (1998). ACE – Adaptive Courseware Environment. *Proceedings of 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia (HYPERTEXT'98)*, Pittsburgh, USA, 20-24, June, 141-161.
- Parreira, A.P. Jr and Costa, H.A.X. (2009). SGSO – Um Sistema Baseado em Lógica Fuzzy para Geração e Correção de Simulados e Provas via Web. WIE XV Workshop Sobre Informática na Escola, Publisher: XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Pages: 1881-1890.
- Sommerville, I. (2003). *Engenharia de Software*. 6 ed. São Paulo: Addison Wesley.
- Stuart, R. (1996). *The Design of Virtual Environments*. Fairfield, Pennsylvania, McGraw-Hill.
- Wu,H. (2001). Reference Architecture for Adaptive Hypermedia Systems. In: *ACM Conference on Hypertext and Hypermedia – Hypertext' 01*, 12., Arhus, Denmark.
- Zadeh, L.A. (1965).Fuzzy Sets, *Information and Control*, Vol. 8, 338-353.
- Zadeh, L.A. (1996). Fuzzy logic, neural networks, and soft computing, *World Scientific Series In Advances In Fuzzy Systems*, 775 - 782.