



EduTraceSys como objeto de aprendizagem na remediação de erros

Using *EduTraceSys* learning object in classroom activities

Priscila Meier de Andrade TRIBECK ¹; Francisco REINALDO ²; Maici Duarte LEITE ³

Recibido: 28/09/2017 • Aprobado: 22/10/2017

Conteúdo

1. Introdução
2. Metodologia
3. Resultados
4. Conclusões

Referências bibliográficas

RESUMO:

EduTraceSys é um recurso educacional digital construído como um objeto de aprendizagem para a correção de erros na matemática. Desenvolvido sobre a Arquitetura ADOA e modelado com a Ferramenta Autorizada para Remediação de Erros com Mobilidade de Aprendizagem (FARMA), o EduTraceSys classifica e apresenta uma correção em muitos níveis de abstração. O desenvolvimento do objeto de aprendizagem EduTraceSys foi um produto de uma necessidade latente de contribuir com a disciplina de cursos de Geometria Analítica e Álgebra Linear na UTFPR.

Palavras chave Recurso Educacional Digital, Sistemas de tutores inteligentes, Objeto de aprendizagem

ABSTRACT:

This article presents EduTraceSys as a digital educational resource was modeled as a learning object for the remediation of errors in mathematics. Developed on the ADOA learning object Architecture and modeled with the Authoritative Tool for Remediation of Errors with Learning Mobility (FARMA), EduTraceSys classifies and present a remediation at many abstraction levels. The EduTraceSys Learning Object development was a product of a latent need to contribute to the discipline of Analytical Geometry and Linear Algebra courses at UTFPR.

Keywords Digital Educational Resource, Intelligent Tutoring Systems, Learning Object

1. Introdução

O erro matemático é tradicionalmente considerado como um fenômeno comum na trajetória escolar dos alunos. Técnicas envolvendo Inteligência Artificial existem para permitir o monitoramento e a modelagem das ações do aluno para remediação de erros (Leite, 2011; Marczal e Direne, 2011; Jaques, Rubi e Sefrin, 2012; Rau e Scheines, 2012). Embora existam tecnologias capazes de apoiar o aluno na remediação de erros, pouco se produz em simulação e experimentação em sala de aula.

Teorias foram desenvolvidas explorando os benefícios de representações para a aprendizagem

de conceitos voltadas ao cognitivismo (Cox e Brna, 1995; Ainsworth, 2006). Mas, a variedade e a complexidade dos erros matemáticos torna a tarefa mais árdua no que se refere a classificação e remediação de erros. Remediação de erro é o fato de apresentar um feedback para o aluno no momento em que se desvia da trajetória correta para a resolução do problema. No que tange a remediação de erros, pouquíssimo material literário realmente aborda a possibilidade do aluno revisar sua trajetória em cada resolução com técnicas que envolvam inteligência artificial. Adicionalmente, a análise de erros matemáticos é outro grande desafio, uma vez que são necessários conhecimentos específicos do conteúdo a ser tratado, bem como, dos fatores que originaram a situação de erro. Os recursos educacionais digitais desenvolvidos com foco em aquisição de conceitos devem manter o aluno em um caminho de solução correta. Assim, o uso de teorias cognitivas consolidadas em inteligência artificial apresenta suporte para o estudo, uma vez que possuem como ponto comum a base para a aquisição de conceitos, tais como a Teoria das Classificações de Erros Matemáticos (Leite, 2011), a Teoria das Múltiplas Representações Externas - MRE (Ainsworth, 2006) e a Teoria Adaptive Control of Thought - ACT (Anderson, 1983).

Especificamente, a classificação proposta pela MRE (Ainsworth, 2006) apresenta funções de intervenção, sendo (a) função de papéis complementares para explorar a representação em um processo cognitivo; (b) função restrição de compreensão para restringir possíveis representações que não sejam relevantes para determinados conceitos; e (c) função de construção de conhecimento aprofundado para explorar a possibilidade do uso de MRE na criação de uma compreensão aprofundada obtida pela generalização de regularidades a partir do conteúdo apresentado.

Já o cognitivismo oferecido pela teoria ACT sugere recursos para remediar os erros matemáticos classificados por representações externas (Leite, Pimentel e Pietruchinski, 2012). Esta teoria controla o correto tempo pedagógico ao otimizar o caminho ideal (*prunning*) do aluno deve percorrer para a aquisição de um conceito por *modus ponens* durante o processo de resolução. Pela ACT, o modelo cognitivo usa de *model tracing* quando necessita identificar o caminho para uma solução de determinado problema na etapa de remediação dentro do processo de resolução em que o aluno se encontra.

Nesta vertente, o uso de Sistemas Tutores Inteligentes (STI) evidência a possibilidade de proporcionar um ensino personalizado ou menos impessoal, levando em consideração as reais necessidades do aluno. Outra característica presente em STI é a aprendizagem na forma interativa, onde o aluno, a partir de seus conhecimentos primitivos e da análise de suas ações no processo de resolução, consegue avançar no processo de aquisição de conhecimento.

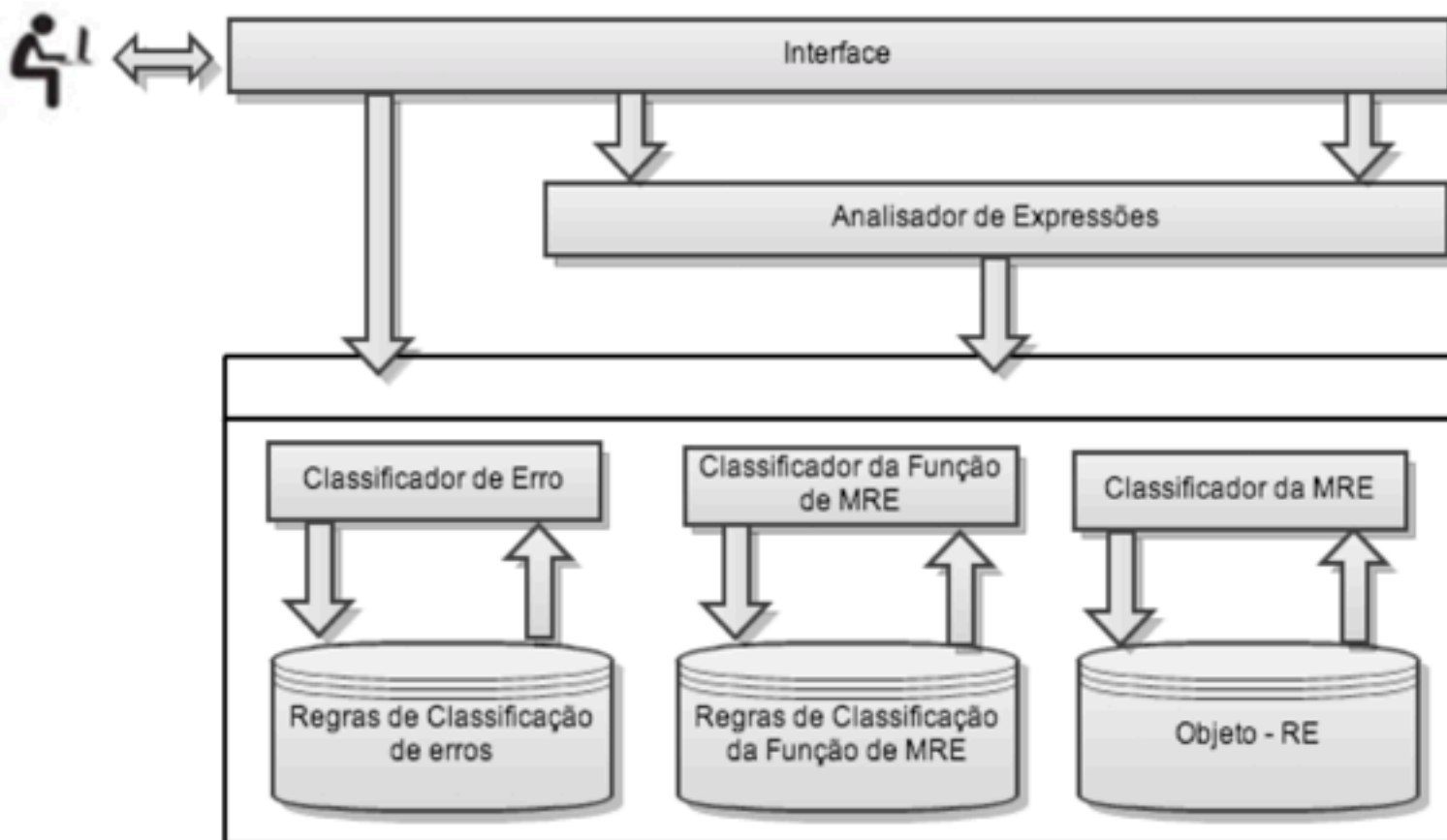
Portanto, a remediação de erros pode ser considerada como uma das principais características dos STI. Objetos de aprendizagem usam do STI para apresentar a remediação desde que contemple peculiaridades específicas durante o *model tracing* (Dalmon e Isotani, 2010; Gomes, 2010; Marczal e Direne; 2011; Jaques, Rubi e Sefrin, 2012; Rau e Scheines, 2012;).

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um Objeto de Aprendizagem para facilitar a aprendizagem do aluno na disciplina de Geometria Analítica e Álgebra Linear Álgebra nos cursos de Engenharia oferecida de forma presencial e à Distância através em todos os campi da UTFPR, em especial de Francisco Beltrão – PR. Este objeto foi modelado sobre o framework da arquitetura ADOA (Leite, 2013) e hibridizado com as características de um STI.

A arquitetura ADOA (Figura 1) é um framework que estrutura o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem com características de STI. Assim, ADOA potencializa a aquisição de conceitos matemáticos em um ambiente computacional, propondo a remediação do erro ao aluno apoiado por representação externa em um contexto computacional, no caso, um objeto de aprendizagem.

Figura 1

Arquitetura ADOA para implementação em Objeto de Aprendizagem



ADOA contém vários módulos, sendo os principais: (a) módulo classificador de erro, responsável por identificar e classificar o erro, a partir da solução do aluno, usando para isso as regras de produção, (b) o módulo classificador de MRE, que tem como objetivo vincular a função da MRE adequada ao erro, também explora as regras de produção, e (c) o módulo Gerenciador de MRE capaz de identificar a MRE mais adequada ao momento do aprendizado e apresentá-la ao aluno, na sessão de aprendizagem, é usado o.

É importante destacar que ADOA (Leite, 2013) apresenta características de STI, que explora uma abordagem para uso de representações externas (desenhos, imagens, figuras, tabelas,...) no processo de remediação de erros matemáticos da seguinte forma: selecionar exercícios, dividir cada enunciado em etapas, mapear os tipos de erros para cada etapa, selecionar para cada etapa a representação externa que irá compor a ajuda, estruturar o feedback final para o professor acompanhar o desempenho do aluno.

Noutra vertente, a Ferramenta de Autoria para a Remediação de erros com Mobilidade na Aprendizagem, intitulada FARMA (Marczal e Direne, 2011), é uma ferramenta de autoria web gratuita que permite a criação de Objetos de Aprendizagem. Uma das principais características da ferramenta é a possibilidade de explorar os erros apresentados pelos alunos durante a interação com os Objetos de Aprendizagem. As pesquisas que envolveram o uso da ferramenta FARMA destacaram como objetivos principais do uso para desenvolvimento de sessões de ensino: (a) redução dos esforços necessários para construção de softwares educacionais, caracterizado pela intuitividade; (b) redução da habilidade mínima necessária para lidar com conteúdos fora do domínio específico do autor.

O estudo que explora este artigo surgiu como demanda reprimida a partir da submissão do Edital 32-2014/PROGRAD - Apoio à Produção de Recursos Educacionais Digitais, da UTFPR-FB para Edital 32-2014/PROGRAD - Apoio à Produção de Recursos Educacionais Digitais, onde foi proposto o desenvolvimento de um Objeto de Aprendizagem para o ensino de conceitos pertinentes a disciplina de Geometria Analítica e Álgebra Linear. O Objeto de Aprendizagem foi oferecido de forma presencial e à Distância através em todos os campi da UTFPR, em especial de Francisco Beltrão - PR, nos cursos de Engenharia, apoiado na Arquitetura para desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem baseado em Múltiplas Representações Externas para propor a Remediação do Erro (Leite, 2013).

2. Metodologia

Os erros matemáticos e os percursos de ação, produzidos pelos alunos, geraram dados e metadados para modelar a construção do objeto.

Utilizou-se a ferramenta computacional FARMA para desenvolver as rotinas em remediação que unem a arquitetura ADOA proposta por Leite (2013), com o recurso de classificação de erro por Múltiplas Representações Externas para implementar a Remediação do Erro - MRE (Leite, Pimentel e Pietruchinski, 2012) com STI no objeto de aprendizagem.

O procedimento técnico para implementação da remediação do erro teve como suporte a mapeamento dos erros possíveis de serem apresentados pelos alunos durante a resolução das tarefas. Também se considerou aspectos como a persistência no erro condicionada ao número de tentativas; sucesso ou fracasso com a apresentação de uma remediação/feedback condicionada a ação do aluno.

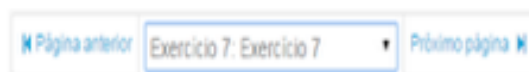
3. Resultados

Objeto de Aprendizagem modelado com ADOA e FARMA sob a perspectiva STI, intitulado EduTraceSys contém as seguintes características de remediação de erro: (1) Interpretação equivocada da linguagem e esse tipo de erro alertar o aluno sobre a dificuldade em avançar na tarefa para a compreensão da estrutura do problema e então formula uma estratégia; (2) Diretamente Identificáveis, onde este tipo de erro pode ser sub-classificado em erro de deficiência no domínio ou uso inadequado de dados e erro de deficiência de regra, teorema ou definição, além do erro referente a operador lógico; (3) Indiretamente identificáveis, tal que esta classificação contempla o erro apresentado pela falta de lógica correta, neste caso, poderia ser uma classificação incorreta, uma resposta para uma estratégia incorreta ou transformação sem avanço; (4) Solução não-categorizável, onde o presente erro tem como objetivo contemplar a inexistência de classificação entre os demais.

A proposta do uso do modelo cognitivo baseado na teoria ACT exigiu a multiplicidade de passos. Este aspecto foi explorado quando se estruturou o enunciado de um problema a partir das etapas que compõem o processo resolutivo. A ideia central é que as etapas permitam encontrar os equívocos/erros do aluno, e receber algum tipo de apoio para diminuir os equívocos, no caso a remediação do erro.

A Figura 2 apresenta o exercício 7 (sete), que compõe o Objeto de Aprendizagem EduTraceSys. Vale destacar que o objeto se encontra em uma plataforma web, e para seu uso basta somente o professor da disciplina inscrever os alunos, através de um convite enviado por e-mail.

Figura 2
Exercício n.7 presente EduTraceSys



Exercício 7

Um modo comum de envio de mensagens codificadas é associar um valor inteiro a cada letra do alfabeto. O exercício proposto contém uma mensagem codificada para você aluno. Utilize as duas matrizes a seguir para decifrá-la. Os números da matriz resultante correspondem a sua posição no alfabeto ex. Letra A = 1. A mensagem está disposta seguindo a sequência das colunas da matriz resultante. Sendo assim responda:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 5 & 3 \\ 2 & 3 & 2 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 73 & 37 & 39 \\ 182 & 94 & 97 \\ 131 & 73 & 77 \end{bmatrix}$$

Para o referido exercício tem-se o texto abaixo, que foi reproduzido a fim de tornar mais clara a visualização:

Um modo comum de envio de mensagens codificadas é associar um valor inteiro a cada letra do alfabeto. O exercício proposto contém uma mensagem codificada. Utilize as duas matrizes (A e C) para decifrar os números da matriz resultante correspondem a sua posição no alfabeto, ex: Letra A = 1

A mensagem está disposta seguindo a sequência das colunas da matriz resultante. Sendo assim responda:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 5 & 3 \\ 2 & 3 & 2 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 73 & 37 & 39 \\ 182 & 94 & 97 \\ 131 & 73 & 77 \end{bmatrix}$$

O referido exercício apresenta quatro questões a serem exploradas pelo aluno. Para cada questão seguiu-se a metodologia da Arquitetura ADOA. A Figura 3 apresenta a questão C, com uma das questões pertinentes ao enunciado já mencionado e citado no exercício 7.

Figura 3

Questão C do exercício n.7 do EduTraceSys

Questão C

Qual alternativa contém os elementos da matriz correspondente a mensagem proposta no exercício? Obedecendo a ordenação de colunas como indicado anteriormente:

- 1) 22;15;21;16;1;19;19;1;18
- 2) 21;15;16;1;2;18;9;4;13
- 3) 3;17;20;21;15;7;9;10;1

Cada questão permite que o aluno receba até três remediações distintas. A Figura 4 mostra a remediação de uma primeira intervenção. Vale destacar que ADOA prevê o desenvolvimento de Objetos Aprendizagem que ofereçam remediação de erro baseado em na seguinte sistemática: persistência no erro, número de tentativas; sucesso ou fracasso com representação externa e ação do aluno (no sentido do aluno executar outro procedimento não previsto em nenhuma das anteriores).

Figura 4

Resposta incorreta para a Questão C do exercício n.7 do GEOLI

The screenshot shows a quiz interface. On the left, under the heading "Resposta:", there is a red-bordered box containing the text "Incorreto" in red and "25.25.26" in black. To the right of this box is a larger red-bordered box containing a hint. The hint text reads: "Resposta Incorreta, analise a dica e tente novamente". Below this, it says "Tentativa: 1" and "Dica: 1". The main hint text is: "Após calcular A^{-1} , deve-se realizar a multiplicação da mesma pela matriz C encontrando assim a matriz resultante e decodificando a mensagem." There are blue arrows at the bottom left and right corners of the hint box.

Assim, EduTraceSys oferece um aprendizado gradual por meio da estruturação de passos, que neste caso foram transformados em etapas, possibilitando aplicar os conceitos presentes no ACT, como *model tracing*. A cada interação com as etapas, o erro apresentado é classificado, e também é armazenada a etapa pertinente ao evento em que o aluno se encontra, validado a ordem do equívoco, vinculado as funções de MRE, para então surgir uma remediação do erro.

4. Conclusões

Leite (2013) já apresentava uma classificação para erros matemáticos, mas foi necessário revisar conceito junto aos professores das disciplinas, a fim de validar se a referida classificação de erros é pertinente ou não. Após a definição da categorização dos erros matemáticos foi necessário associar cada categoria de erro, gerada na classificação estruturada e presente na proposição de um conceito, a um tipo de representação externa. A referida tarefa foi realizada por 3 (três) professores da UTFPR (Francisco Beltrão – PR) das disciplinas ao qual o objeto de aprendizagem atenderia a demanda

Além disso, os referidos professores, também validaram o relacionamento entre a proposição dos conceitos que posteriormente foram abordados, os tipos de erros e as representações externas para o contexto em questão, a fim de oferecer a remediação de erros com maior êxito para a aquisição de conhecimento por parte do aluno.

O uso de Múltiplas Representações Externas vem sendo explorado como forma de ajuda, e que cada vez mais a remediação de erros vem ganhando destaque no processo de interação do aluno e apresentando resultados significativos em relação ao ganho nos processos de aprendizagens.

O uso de uma taxionomia de Múltiplas Representações Externas (Ainsworth, 2006) mostrou-se relevante para propor a remediação do erro de forma mais consistente no que se refere ao feedback oferecido ao aluno.

O uso da arquitetura ADOA baseada em conceitos de STI permitiu criar O Objeto de Aprendizagem EduTraceSys, através da ferramenta FARMA. O ganho para esta forma de intervenção é bem interessante uma vez que é possível incluir mais atividades, assim como, MRE para serem usadas na remediação do erro, por parte do professor. Outro aspecto relevante em relação ao EduTraceSys é que pode ser utilizado na plataforma de Ensino à Distância, bem com, em aula presenciais.

A possibilidade de feedback direcionado ao erro apresentado pelo aluno, que considera aspectos como a persistência no erro condicionada ao número de tentativas; sucesso ou fracasso com a apresentação de uma remediação/feedback condicionada a ação do aluno, evita o procedimento do aluno tentativa-erro.

O aspecto que fortemente contribuiu na aprendizagem foi a divisão em etapas e a cada etapa ser possível apresentar uma remediação ao erro, minimizando o esforço cognitivo do aluno, quando somente é avisado de seu equívoco na resposta final. O referido aspecto ganha mais relevância porque não se trata de somente uma remediação ao erro e, sim, o uso de uma classificação de erro vinculado as funções de MRE permitindo ao aluno, receber um alerta bem específico. E caso, a remediação apresentada não acabe com o impasse e o aluno apresente o erro novamente, uma nova remediação é utilizada e uma outra MRE é apresentada, tudo com o propósito de diminuir sua carga cognitiva.

Consolidando o enfoque da ADOA que é a viabilidade de alertar o aluno no momento em que se desvia da trajetória de estratégia correta, permitindo que revise suas etapas no processo de resolução, de tal forma que possa retomar a estratégia de resolução correta passando pelo processo de pensamento, como alternativa ao processo de tentativa-erro.

A intervenção junto ao aluno antes da progressão em um determinado erro, evita uma solução completa, mas equivocada. A redução de erros é uma consequência e um ganho em relação ao processo de aquisição de um conceito, e pode-se confirmar esse aspecto como relevante na proposta do estudo aqui apresentado.

Referências bibliográficas

Ainsworth, S. (2006) DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. In: *Learning and Instruction*, 16, 2006, 183-198, 2006.

Anderson, J. (1983). The architecture of cognition. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

Cox, R.; Brna, P. (1995). Supporting the use of external representations. In Problem Solving: The need for flexible learning environments. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, v. 6, 239-302, 1995.

Dalmon, D. L.; Isotani, S.; Brandão, L. O. (2010). Melhorando a geometria interativa com o uso de tutores rastreadores de padrões: IGEOM e CTAT. *XVI Workshop de Informática na Escola*. Anais do XXX CSBC. Belo Horizonte-MG., 2010.

Gomes, E. R. (2005). *Objetos de Aprendizagem: uma abordagem baseada em agentes para objetos de aprendizagem*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Informática, 2005.

Jaques, P.; Rubi, G.; Seffrin, H. (2012) Evaluating different strategies to teach algebra with an intelligent equation solver. *VII Latin American Conference on Learning Objects and Technologies (LACLO)*. Equador, 2012.

Leite, M. D.; Pimentel, A. R.; Oliveira, F. D. (2011). Um estudo sobre classificação de erros: uma proposta aplicada a objetos de aprendizagem. *22o. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Anais do XXII SBIE - XVII WIE, 264-273, 2011.

Leite, M. D.; Pimentel, A. R.; M. H. Pietruchinski (2011). Remediação de erros baseada em Múltiplas Representações Externas e classificação de erros aplicada a Objetos de Aprendizagem Inteligentes. In: *Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, 2012, Rio de Janeiro - RJ. Anais do XXIII SBIE - XVIII WIE. Brasil. SBC.

Leite, M. D., Marczal, D., Pimentel, A. R. (2013) Multiple External Representations in Remediation of Math Errors. *15th International Conference on Enterprise Information Systems*. ICEIS-2013, Angers, França. v. 1, 540-544.

Marczal, D.; Direne, A. I. (2011). Um arcabouço que enfatiza a retroação a contextos de erro na solução de problemas. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 19 (63), 19-27.

Peng, A.; Luo, Z. (2009) A framework for examining mathematics teacher knowledge as used in error analysis. *For the Learning of Mathematics, pensive: 29*), 22-25, 2009. Rau, M. A.;

Scheines, R. (2012) Searching for variables and models to investigate mediators of learning from multiple representations. In Yacef, K., Zaiane, O., HersHKovitz, H., Yudelson, M., and Stamper, J. (Eds.), *Proceedings of the 5th International Conference on Educational Data Mining*, p. 110-117, 2012.

1. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Profa. Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia. Departamento de Ciências Humanas, letras e artes. Campus Francisco Beltrão - PR/Brasil. pmtribeck@utfpr.edu.br

2. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Prof. Doutor em Eng. Electrotécnica e de Computadores. Departamento de Informática. Campus Francisco Beltrão - PR/Brasil. reinaldo@utfpr.edu.br

3. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Profa. Doutora em Informática. Departamento de Informática. Campus Francisco Beltrão - PR/Brasil. maicileite@utfpr.edu.br

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 39 (Nº 05) Año 2018

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2018. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados