Mediação do erro na educação: um arcabouço de sistema para a instrumentalização de professores e alunos

Alexander Robert Kutzke¹, Alexandre Direne¹

¹Departamento de Informática – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Caixa Postal 19.081 – 81.531-980 – Curitiba – PR – Brasil

{alexander, alexd}@inf.ufpr.br

Abstract. *The central problem with using the error as a fundamental part of the teaching and learning process is presented critically. The main difficulties faced by teachers and students are described and analyzed. To fill deficiencies in the literature it is proposed a system framework for handling response records based on their similarity relationships. This framework aims to promote the error mediation with effective teacher participation. The implementation and a first application of the framework for teaching computer programming are shown and demonstrate relevant progress to the error mediation. The main conclusions of the study are described and future works are pointed out.*

Resumo. *O problema central do uso do erro como parte fundamental do processo de ensino e aprendizagem é apresentado de maneira crítica. As principais dificuldades enfrentadas por professores e alunos são descritas e analisadas. Para suprir carências encontradas na literatura é proposto um arcabouço de sistema para a manipulação de registros de respostas baseado em suas relações de similaridade. Tal arcabouço visa promover a mediação do erro com participação efetiva do professor. A implementação e uma primeira aplicação do arcabouço para o ensino de programação de computadores são descritas e apresentam avanços relevantes para a mediação do erro. As principais contribuições da pesquisa são apresentadas e apontam-se trabalhos futuros.*

1. Introdução

Estudam-se, recentemente, quais são as contribuições para alunos e professores da análise de erros cometidos por alunos durante o processo de ensino e aprendizagem. Pesquisas como as apresentadas por [Aquino 1997] e [Pinto 2000] são exemplos de trabalhos que reforçam a contribuição positiva do uso do erro na educação. No mesmo sentido, situam-se uma série de trabalhos que, além de demonstrar os benefícios da análise de erros nas atividades educativas, sinalizam que estes são ainda pouco explorados. Especificamente para [Serconek 2006, p. 104], tal fato possui relação com a associação do erro a um suposto fracasso do aluno, uma limitação inerente a ele.

Teorias pedagógicas comumente presentes no ideário dos professores, como as apresentadas por [Ferreira and Duarte 2012], destacam a importância do “errar” durante o processo de ensino e aprendizagem. Apesar disso, muitos professores no decorrer de sua prática mantêm uma visão tradicional do erro [Serconek 2011]. Tal visão, aponta o erro como um resultado imediato da incapacidade intelectual do aluno ou da sua displicência com os estudos. Dessa forma, professores deixam de problematizar o erro.

Essa falta de problematização não provém diretamente da ausência de interesse ou da formação dos professores, mas sim de um contexto muito mais complexo. A análise de erros é uma tarefa árdua na educação escolar segundo [Serconek 2006]. Pois, professores são responsáveis, na maioria dos casos, por um número de alunos muito além do ideal, o que impossibilita a análise individual dos erros dos estudantes. Neste caso, os educadores acabam por recorrer a procedimentos de correção em grupo. Neste tipo de correção, os alunos deixam de sanar suas dúvidas, não desenvolvem consciência de seus erros e permanecem sem reorientação por parte do professor.

A Pedagogia Histórico-Crítica e a Psicologia Histórico-Cultural [Saviani 2012, Martins 2013] buscam superar as concepções naturalistas e biologizantes do psiquismo — como a visão tradicional do erro. Tal superação é alcançada a partir da compreensão do ser humano em sua constituição histórica, social e cultural. De acordo com tais abordagens, o aluno — por meio da ação pedagógica do professor (*mediação*) sobre a zona de desenvolvimento próximo [Martins 2013] — é capaz de superar um conceito simplificado já formado, composto por generalizações potencialmente incorretas. O que produz um processo contínuo de ampliação do conhecimento em direção a conceitos cada vez mais complexos.

Sem que haja uma análise do erro professores não possuem condições ideais para refletir sobre seu próprio método de ensino. De acordo com tal problema, faz-se necessário facilitar o acesso aos registros de erros tanto para professores quanto para alunos, tendo como *objetivo final a superação da visão tradicional do erro e a promoção de sua mediação*. Uma mediação que se caracteriza não pela remoção do erro, mas por entendê-lo como parte integrante do processo de formação de conceitos [Serconek 2006]. Assim, para que este processo de mediação do erro seja possível — e para que produza impactos realmente relevantes no desenvolvimento humano dos alunos — são necessárias possibilidades de mudanças nas condições materiais (instrumentos pedagógicos) de professores e alunos.

Neste sentido, este trabalho propõe um arcabouço de sistema para solução de tal problema. Este arcabouço, fundamentado na Pedagogia Histórico-Crítica e na Psicologia Histórico-Cultural, permite ao professor visualizar e manipular registros de respostas e suas relações. Para tanto, desenvolve-se o conceito de grafo de similaridade entre respostas, sobre o qual, com participação ativa do professor, o sistema provê funcionalidades como: classificação semi-automática de respostas, recomendação de respostas para grupo de alunos e diferentes tipos de visualização dos dados armazenados. Com este instrumento, permite-se ao professor uma análise do processo de formação de conceitos do aluno de uma maneira mais concreta e sintética em detrimento de uma visão imediatista e empírica.

O arcabouço proposto foi implementado e testado para o ensino de programação de computadores. Durante este processo, foi possível notar a contribuição do sistema para a mediação do erro pelo professor.

O restante deste artigo se organiza da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta a resenha literária com uma visão geral dos trabalhos presentes na literatura relacionados ao uso do erro no processo de ensino e aprendizagem. A Seção 3 exhibe os fundamentos básicos da solução adotada e detalhes do arcabouço proposto. A implementação do

arcabouço para o ensino de programação de computadores é descrita na Seção 4. Por fim, a Seção 5 apresenta as principais conclusões obtidas com o estudo e aponta trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

A presente Seção aborda, de maneira crítica, trabalhos existentes na área de Informática Educativa relacionados a esta pesquisa. De maneira geral, são poucos os estudos que trabalham, especificamente, com registros de erros no processo de ensino e aprendizagem. Parte deles se encontram no campo de **Mineração de dados Educacionais** (EDM) [Peña-Ayala 2014]. As análises mais frequentes envolvem dados de *taxa de erros* de alunos [Rau and Scheines 2012] e o uso de ferramentas de monitoramento de estudantes [Dyckhoff et al. 2011]. Entretanto, o estudo de registros de erro ainda é secundário nas pesquisas de EDM [Peña-Ayala 2014].

Especificamente no campo de ferramentas de monitoramento de estudantes, situa-se o trabalho de [Gaudencio et al. 2013]. Neste é apresentada a ferramenta **TSTView**, capaz de armazenar respostas de alunos para exercícios de programação de computadores. Tal ferramenta exibe ao professor relatórios de desempenho dos estudantes, através de estatísticas e gráficos. Os autores ressaltam, também, a inexistência na literatura de discussões sobre a visualização e o acompanhamento dos dados obtidos por meio do armazenamento de respostas de alunos e o seu impacto prático sobre a sala de aula.

No domínio de ferramentas de autoria, pode-se destacar o sistema **FARMA** [Marczal and Direne 2012]. Tal sistema, além de realizar o armazenamento automático das respostas dos alunos, propõe a retroação ao estado do sistema no momento em que o erro ocorreu como uma forma de promover o aprendizado. Contudo, a ferramenta não realiza nenhum processamento sobre os registros de erro armazenados.

Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), por sua vez, tratam erros de alunos, de maneira geral, por meio de 3 processos: diagnóstico [Johnson and Soloway 1985], remediação [Leite et al. 2012] e classificação de erros [Leite et al. 2011]. O primeiro, diagnóstico, consiste em encontrar e classificar de maneira automática os erros cometidos pelos alunos durante o uso do sistema. A remediação de erros, por sua vez, é a ação, também automática, tomada pelo sistema quando um erro é capturado. Neste instante, é dado ao sistema a oportunidade de expressar fatos e regras que possam levar o aluno a corrigir o erro. Por fim, a classificação de erros, automática ou não, visa agrupar erros em diferentes classes de acordo com suas propriedades e detalhes pedagógicos.

Diante dessa breve resenha, pode-se concluir que poucos trabalhos fornecem apoio ao professor na análise de erros de alunos. Em geral, apresentam processos automáticos e análises estatísticas sem a participação do professor, o que impede um estudo mais profundo das causas concretas do erro. Outro ponto a ser destacado é a ausência de qualquer análise da relação entre diferentes registros de erro. Apenas foi possível constatar um tratamento individualista do erro sem o estudo de suas conexões e similaridades.

As características apresentadas pelos trabalhos listados condizem com pedagogias centradas no aluno e não no professor. Demonstram uma tendência de valorização da aprendizagem em detrimento da transmissão do conhecimento [Ferreira and Duarte 2012]. Tendência esta contrária às concepções da Pedagogia Histórico-Crítica.

3. Metodologia de Solução

Diante da pesquisa realizada sobre a problematização da mediação do erro no processo de ensino e aprendizagem, conclui-se que uma série de barreiras dificultam tal atividade. Uma das barreiras mais fundamentais é a impossibilidade de acesso aos registros devido a sua quantidade e falta de organização. Dessa forma, argumenta-se aqui que um arcabouço de sistema que contenha o armazenamento automático, a recuperação, a visualização e a manipulação de registros de respostas pode promover a mediação do erro. Este trabalho propõe tal arcabouço.

O arcabouço proposto trabalha sobre as relações de similaridade existentes entre diferentes respostas. Tais relações são de similaridade sintática ou semântica captadas automaticamente pelo sistema ou manualmente pelo professor. O arcabouço visa prover quatro funcionalidades básicas: (1) armazenamento automático dos registros de resposta; (2) manipulação dos registros de resposta; (3) recuperação facilitada dos registros de resposta; e (4) visualização dos registros de resposta.

O armazenamento dos registros de resposta (1) tem o objetivo de que nenhuma resposta dada pelo aluno se perca ou seja ignorada. Assim, com o uso de longo prazo da ferramenta, os dados do aluno permanecem armazenados. O que possibilita uma análise concreta do processo de desenvolvimento dos seus conceitos científicos. A manipulação dos registros (2), por sua vez, é composta pela classificação¹ e controle das relações de similaridade das respostas. É uma funcionalidade disponibilizada para que professores exerçam operações sobre o conjunto de dados armazenados. Juntamente com o auxílio da visualização dos dados, professores podem se apropriar das informações armazenadas e aplicar seu conhecimento sobre estas. A recuperação dos registros de resposta (3) visa dar acesso facilitado para alunos e professores aos registros. A recuperação de uma resposta deve ser simples e efetiva, com intuito de diminuir impedimentos para a mediação do erro. Por fim, a visualização dos registros de resposta (4) possibilita o acesso às expressões gráficas das respostas armazenadas. Procura-se facilitar a abstração e assimilação dos dados para que estes sirvam como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem. Cada uma dessas funcionalidades é descrita em detalhes nas Seções a seguir.

3.1. Armazenamento

Os componentes básicos que compõem o arcabouço são: uma base de dados e uma máquina de semelhança. A base de dados tem por função armazenar todas as respostas dadas pelos alunos, assim como outras propriedades (relações entre registros e categorizações). A máquina de semelhança é responsável por realizar o cálculo de similaridade entre os registros, o qual determina quão semelhantes duas respostas são. Vale ressaltar que o grau de semelhança entre duas respostas é altamente dependente do domínio da qual a questão respondida faz parte (*i.e.* português, matemática, história, etc.).

A partir das relações de similaridade obtidas pela máquina de semelhança e pelas definições do professor o sistema gera um grafo de similaridade. Neste grafo, os vértices representam as respostas e as arestas ligam respostas consideradas semelhantes. O peso de cada aresta representa o grau de semelhança entre duas respostas. A partir do grafo de similaridade, forma-se a estrutura de dados base do arcabouço, sobre a qual é possível realizar asserções e generalizações sobre o conjunto de respostas armazenadas.

¹Exposta em detalhes na Seção 3.2.

3.2. Manipulação

A manipulação dos registros se caracteriza pelas operações de categorização de respostas e inserção e remoção de relações entre respostas. Essas ações são disponíveis ao professor. A ação de categorização se resume à atribuição de uma ou mais palavras-chaves, ou *tags*, a um registro. A inserção e a remoção de relações entre respostas são ações que permitem ao professor adicionar e remover relações de semelhança entre registros de respostas. Assim, por um lado, é possível adicionar relações que não foram inferidas automaticamente pela máquina de semelhança. E por outro lado, pode-se remover relações potencialmente erradas definidas anteriormente pela máquina de semelhança ou pelo próprio professor.

A partir das ações de manipulação executadas pelo professor, o sistema agrega subsídios para realizar generalizações automáticas sobre as categorizações das respostas. Tais generalizações, referem-se às atribuições de tags de maneira automática para respostas semelhantes as classificadas pelo professor.

Para cada generalização feita pelo sistema, o professor pode, se desejar, confirmá-la ou negá-la. Nesse sentido, a cada nova informação dada a ferramenta se adapta. Portanto, quanto maior for a participação do professor no sistema, pode-se dizer que, mais “treinada” será a generalização executada.

O processo de generalização descrito acima é definido, neste trabalho, como o processo de *propagação de tags* sobre o grafo de similaridade. Ao executar qualquer uma das operações de manipulação, o sistema propaga as alterações por meio do grafo de similaridade. Para um maior esclarecimento de como ocorre esse processo é apresentado a seguir o algoritmo para a propagação de tags.

3.2.1. Algoritmo para Propagação de Tags

Consideramos um grafo de similaridade G , não dirigido, que representa as respostas (vértices) V e suas relações de similaridade (arestas) E . Cada relação possui um peso, o qual indica o valor de certeza da mesma. Consideramos, também, $P(v_i, t)$ como a probabilidade da tag t ser atribuída ao vértice v_i . Caso o professor tenha atribuído, ou confirmado, a tag t ao vértice v_i , dizemos que $P(v_i, t) = 1$, pois esta foi explicitamente definida pelo professor. Similarmente, caso o professor tenha rejeitado a atribuição de t à v_i , dizemos que $P(v_i, t) = 0$. O processo de propagação de tags pelo grafo é como segue.

Em primeiro lugar, adicionam-se os vértices modificados pela operação de manipulação em uma fila de espera. Retira-se, então, o primeiro vértice v_i da fila e marca-se este como visitado. Para cada um de seus vizinhos ainda não visitados, atribui-se as tags de v_i . A atribuição de tags de um vértice a a outro vértice b é a cópia das tags de a para b , com a alteração dos valores de $P(b, t)$, para cada tag t de a . Tal correção ocorre da seguinte maneira:

$$P(b, t) = W(a, b) * P(a, t) \quad (1)$$

onde $W(a, b)$ é o peso da aresta entre os vértices a e b . Ou seja, é o próprio grau de semelhança entre os vértices e é um valor entre 0 e 1. Caso haja alguma alteração nas tags

de b , este é adicionado à fila de espera. O processo continua até que a fila esteja vazia².

3.3. Recuperação de Registros

O processo de recuperação de registros de resposta é composto por duas funcionalidades: busca por palavras-chave e meta-dados e recomendação de respostas e questões.

Um sistema de busca por palavras-chave e meta-dados como nome do aluno, turma, intervalo de tempo, exercício e etc., é disponibilizado ao professor e ao aluno. Dessa forma, é possível recuperar, de maneira facilitada, dados específicos que sejam de interesse de ambos em prol da mediação do erro.

Além da busca, pela análise do grafo de similaridade, o sistema é capaz de encontrar automaticamente registros de resposta e questões que podem ser de alta relevância pedagógica para um grupo específico de alunos. Tais registros são apresentados ao professor na forma de recomendações. Estas sugerem para que o professor realize comentários sobre as respostas e questões informadas. Caso a recomendação seja aceita pelo professor, seus comentários são enviados ao grupo de alunos.

A definição de quais respostas e questões são relevantes para um grupo de alunos é composta por 3 etapas: (1) encontram-se grupos de alunos com alto grau de semelhança entre suas respostas; (2) para cada um dos grupos, define-se quais questões possuem, supostamente, maior relevância para o grupo; (3) dentre as respostas dadas pelos alunos do grupo às questões consideradas relevantes, encontram-se as mais representativas.

Esse processo, de definição de relevância, segue da seguinte forma: diante da análise do grafo de similaridade de respostas, o sistema é capaz de derivar outro grafo: o grafo de similaridade entre alunos. Este é definido pela análise da semelhança entre as respostas de diferentes alunos. Quanto maior a média de semelhança entre as respostas de dois alunos maior é a semelhança entre eles. Uma vez definido o grafo de similaridade de alunos, é possível encontrar suas componentes conexas³, ou seja, definir grupos de alunos similares entre si (1).

Inicia-se, então, a definição da questão mais relevante para cada grupo de alunos (2). Uma questão é dita relevante para um grupo de alunos se a média de similaridade das respostas dos alunos do grupo para a questão é maior do que um certo limiar. O sistema seleciona, assim, as questões com maior relevância.

Para as questões selecionadas, define-se o conjunto de respostas mais representativas (3). Ou seja, o conjunto que melhor representa todas as respostas dadas pelo grupo de alunos para tal questão. Esse conjunto é composto pelas respostas que possuem as maiores médias de similaridade entre as demais. Dessa forma, o sistema é capaz de definir para um grupo de alunos registros de respostas e questões possivelmente relevantes. Cabe ao professor analisar a relevância e realizar a mediação de tais registros.

Além da recomendação automática, outro modo de operação é fornecido ao professor. Neste modo operativo, é possível que o professor possa agir pedagogicamente por

²Um detalhe merece atenção no processo de atribuição de tags entre dois vértices: um vértice pode receber uma mesma tag a partir de mais de um vizinho. Neste caso, considera-se apenas a tag recebida pelo vizinho ligado pela aresta de maior peso, ou seja, pelo vizinho de maior semelhança.

³Para a definição de grupos de alunos similares é possível determinar um limiar mínimo de similaridade para que uma aresta seja incluída na componente conexa.

meio da recomendação manual. Respostas e exercícios adicionais podem ser enviados a um aluno, ou a um grupo de alunos, juntamente com comentários dados pelo professor.

3.4. Visualização dos Dados

O professor tem acesso a dois tipos de visualização das respostas armazenadas. O primeiro é a visualização gráfica do grafo de similaridade, no qual é possível visualizar o grafo e realizar operações de manipulação sobre as respostas. Assim, o educador tem uma representação gráfica dos dados armazenados, o que pode favorecer sua abstração e assimilação.

O outro tipo de visualização possibilita, a professores e alunos, o acesso às respostas representadas sobre uma linha do tempo. Isto é, essa visualização respeita a ordem cronológica das tentativas dos alunos. Com isso, existem mais fundamentos para uma análise contextualizada do processo de formação de conceitos do aluno.

4. Desenvolvimento do Sistema para Ensino de Programação de Computadores

A implementação do arcabouço proposto nesse trabalho foi direcionada para o ensino de programação de computadores. Entretanto, tal arcabouço permite que qualquer domínio de conhecimento (dadas as devidas adaptações) seja utilizado. Nesta Seção são apresentados os detalhes dessa implementação.

A ferramenta FARMA [Marczal and Direne 2012] foi escolhida como base à aplicação do arcabouço proposto. Duas razões principais direcionaram essa escolha, são elas: a ferramenta apresenta uma boa forma de autoria de Objetos de Aprendizagem aos professores; e, também, já realiza o armazenamento automático das respostas.

Para que a ferramenta FARMA comporte exercícios de programação, é necessária a criação de um sistema avaliador capaz de determinar se uma resposta está ou não correta. No contexto dessa implementação, as respostas dos exercícios são códigos fonte de programas escritos nas linguagens C, Pascal ou Ruby.

O método de avaliação das respostas se aproxima do utilizado pelo software BOCA [De Campos and Ferreira 2004]. Neste método, a resposta do aluno é aferida a partir de pares de entrada e saída, ou casos de teste, previamente definidos pelo professor. Para cada caso de teste, a resposta tem seu resultado armazenado. Se o resultado for considerado incorreto, o aluno recebe como retorno comentários previamente armazenados pelo professor.

Nessa implementação, a semelhança entre duas respostas é baseada em vários fatores, entre eles: grau de semelhança (de texto) entre a saída obtida para cada conjunto de testes e a saída esperada; grau de semelhança entre as saídas obtidas para cada caso de teste; e grau de semelhança entre o código-fonte das respostas.

4.1. Aplicação para Ensino de Programação de Computadores

Durante o primeiro semestre de 2014, uma prévia do sistema foi aplicada durante a disciplina de Algoritmos e Estruturas de Dados 1 no Departamento de Informática da Universidade Federal do Paraná. Os alunos foram instruídos a responder as listas de exercícios através do sistema, contudo, seu uso era facultativo.

Um conjunto de 26 alunos realizaram cadastro no sistema e, durante todo o período da disciplina, realizaram a submissão de 402 respostas (142 corretas e 260 incorretas). O uso do sistema permitiu aos monitores da disciplina uma mediação mais ativa dos erros por meio do acesso aos registros de resposta. Anteriormente ao uso do sistema, a oportunidade de intervenção durante o processo de resolução da questão pelos alunos era perdida, pois os monitores apenas recebiam as respostas finais de cada estudante.

Já ao final do semestre, a base de dados recolhida durante a disciplina foi inserida no sistema completamente implementado. A simples aplicação desses dados e o breve uso do sistema pelos monitores já foi capaz de indicar contribuições relevantes da ferramenta. Além da clara facilidade proporcionada pelo processo de correção automática das respostas, o sistema possibilitou neste pequeno teste:

- uma prévia classificação automática⁴ de registros de respostas e seu aprimoramento pela manipulação do grafo de similaridade;
- a análise do processo de formação de conceitos de alunos por meio da visualização dos registros de resposta;
- a recomendação de registros de respostas para grupos de alunos que, sem o sistema, possivelmente não seriam percebidos;
- a recuperação de respostas durante o atendimento individual de alunos.

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam imagens da implementação final do sistema. A visualização de linha do tempo é exibida na Figura 1. Nela é possível observar uma pequena sequência de respostas no lado esquerdo e um quadro com detalhes referente à resposta selecionada no lado direito. A Figura 2 mostra um exemplo de recomendação automática de respostas para um grupo de alunos. Por fim, a Figura 3 apresenta visualização do grafo de similaridade utilizado para realizar a manipulação dos registros. Além de uma barra de busca e outras opções de manipulação, é possível observar, à direita, um quadro com informações sobre a relação selecionada (aresta em amarelo). Ao fundo estão visíveis alguns registros de respostas adicionados ao grafo e suas relações

Figura 1. Visualização de Linha do Tempo.

Figura 2. Exemplo de recomendação automática.

5. Conclusão

Neste estudo, foram expostas as principais dificuldades enfrentadas por professores e alunos no uso do erro como parte fundamental do processo de ensino e aprendizagem. Com

⁴ Algumas tags foram adicionadas automaticamente durante a correção das respostas. Tags como “Erro de Compilação”, “Tempo excedido”, “Erro de Saída”, entre outras foram utilizadas.

Figura 3. Visualização do grafo de similaridade.

base em estudos como de [Serconek 2011], foi descrita a necessidade da mediação do erro na educação, bem como a superação da visão tradicional do erro. Evidenciou-se, a partir da revisão bibliográfica, que os trabalhos existentes na literatura não apresentam meios de professores e alunos manipularem registros de erros. Em geral, os trabalhos apresentam apenas processos automáticos e análises estatísticas de erros sem a participação do professor. Também não demonstram qualquer análise das relações existentes entre diferentes registros de erros. Outro ponto observado foi a presença majoritária de pedagogias centradas no aluno e não no professor.

Para suprir tais carências na literatura e com o objetivo de instrumentalizar professores e alunos, foi proposto um arcabouço de sistema. Este arcabouço descreve um sistema para a manipulação de registros de respostas que promove a mediação do erro com participação efetiva do professor. A implementação e uma primeira aplicação do arcabouço para o ensino de programação de computadores demonstrou contribuições relevantes para a mediação do erro no processo de ensino e aprendizagem. Assim, de maneira direta, acredita-se que a presente pesquisa produza subsídios para a mediação do erro na educação e que promova, ainda, a superação da visão tradicional do erro. Além disso, este trabalho pode fomentar pesquisas sobre o uso do erro no processo de ensino e aprendizagem tanto na literatura de Informática Educacional quanto no campo pedagógico. A criação e disponibilização de um banco de dados rico (de respostas e categorizações) também são consideradas contribuições previstas para este trabalho.

Trabalhos futuros vislumbrados para esta pesquisa envolvem: a aplicação do sistema em turmas de ensino de programação de computadores para sua validação e ajuste; e pesquisas nas áreas de Mineração de Dados Educacionais e de sistemas recomendadores para educação.

Referências

- Aquino, J. G. (1997). *Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas*. Summus.
- De Campos, C. P. and Ferreira, C. E. (2004). Boca: um sistema de apoio a competições de programação. In *Workshop de Educacao em Computacao*. Anais do Congresso da SBC.

- Dyckhoff, A. L., Zielke, D., Chatti, M. A., and Schroeder, U. (2011). elat: An exploratory learning analytics tool for reflection and iterative improvement of technology enhanced learning. In *The 4th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2011)*.
- Ferreira, B. d. J. P. and Duarte, N. (2012). O lema aprender a aprender na literatura de informática educativa. *Educação e Sociedade*, volume 33.
- Gaudencio, M., Wanderley, L. F., Lemos, F. W., de Araújo, E. C., Figueiredo, J. C., and Guerrero, D. D. (2013). Eu sei o que vocês fizeram (agora e) na aula passada: o tstview no acompanhamento de exercícios de programação. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, volume 24.
- Johnson, W. and Soloway, E. (1985). Proust: Knowledge-based program understanding. *Software Engineering, IEEE Transactions on*, SE-11(3):267–275.
- Leite, M. D., Pimentel, A. R., and Oliveira, F. D. (2011). Um estudo sobre classificação de erros: uma proposta aplicada a objetos de aprendizagem. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, volume 1.
- Leite, M. D., Pimentel, A. R., and Pietruchinski, M. H. (2012). Remediação de erros baseada em múltiplas representações externas e classificação de erros aplicada a objetos de aprendizagem inteligentes. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, volume 23.
- Marczal, D. and Direne, A. (2012). Farma: Uma ferramenta de autoria para objetos de aprendizagem de conceitos matemáticos. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, volume 23.
- Martins, L. M. (2013). *O Desenvolvimento do Psiquismo e a Educação Escolar: contribuições à luz da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico-crítica*. Autores Associados, Campinas, SP, 1 edition.
- Peña-Ayala, A. (2014). Educational data mining: A survey and a data mining-based analysis of recent works. *Expert Systems with Applications*, 41(4, Part 1):1432 – 1462.
- Pinto, N. B. (2000). *O erro como estratégia didática: estudo do erro no ensino da matemática elementar*. Papirus Editora.
- Rau, M. and Scheines, R. (2012). Searching for variables and models to investigate mediators of learning from multiple representations. In *The 5th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2012)*.
- Saviani, D. (2012). *Pedagogia Histórico-Crítica. Primeiras Aproximações*. Autores Associados, Campinas, SP, 11 edition.
- Serconek, G. C. (2006). O conceito e a abordagem do erro na prática docente nas séries iniciais do ensino fundamental. Universidade Estadual de Maringá - Programa de Pós-Graduação em Educação - Maringá, PR, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- Serconek, G. C. (2011). As perspectivas de conhecimento e o enfoque histórico-cultural de mediação do erro. *Anais do V Encontro Brasileiro de Educação e Marxismo: Marxismo, Educação e Emancipação Humana*.