
MINERAÇÃO DE DADOS E A GESTÃO INTELIGENTE DA APRENDIZAGEM: DESAFIOS E DIRECIONAMENTOS

**Ranilson Paiva¹, Ig Ibert Bittencourt¹, Henrique Pacheco², Alan Pedro da Silva¹,
Patrícia Jacques³, Seiji Isotani⁴**

¹Instituto de Computação – Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Av. Lourival Melo Mota, s/n - Tabuleiro do Martins, CEP 57.072-970 Maceió, AL – Brazil
{roap, ig.ibert, alapedro}@ic.ufal.br

²COPIN – Universidade Federal de Campina Grande
Rua Aprigio Veloso, 882 Bodocongo, CEP 58.109-900, CEP 58.109-970 Campina Grande, PB – Brazil
luispacheco@copin.ufcg.edu.br

³PIPCA – UNISINOS
Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, CEP 93.022-000 São Leopoldo – Brazil
pjaques@unisinos.br

⁴Instituto de Matemática e Estatística – Universidade de São Paulo (USP)
Rua. do Matão, 1010, CEP 05508-090 São Paulo, SP – Brazil
sisotani@icmc.usp.br

Abstract. *The intelligent learning management is an objective becoming, increasingly, necessary and required in Brazil. However the difficulty to reach it is proportional to the educational problems faced by our country. Among other problems, we can mention insufficient investments in technology and efficient management, and the activities overload present in teachers' everyday work routine. The objective of this article is to present the educational data mining (EDM) area as a possible help provider for those problems mentioned above. We are going to do that dealing with some classical, and some more recent, problems in education, listing EDM techniques that offer a solution for them.*

Resumo. *A gestão inteligente da aprendizagem é um objetivo cada vez mais necessário e desejado no Brasil. Entretanto a dificuldade em alcançá-lo é diretamente proporcional aos problemas educacionais enfrentados em nosso país. Dentre esses problemas podemos mencionar investimentos insuficientes em tecnologia e gestão eficiente, e a sobrecarga de atividades enfrentada pelos professores em sua rotina diária de trabalho. O objetivo desse artigo é apresentar a área de mineração de dados educacionais como uma alternativa ao auxílio a esses problemas. Faremos isso tratando sobre alguns problemas clássicos e, outros, mais atuais, da educação listando técnicas que propõem solução a ele.*

1. Introdução

A Constituição Brasileira prevê a criação de um Plano Nacional de Educação, o qual deve servir como um "roteiro" para definir, em um prazo de 10 anos, as prioridades e estratégias com relação à educação nacional. Em 15 de Dezembro de 2010, um novo Plano Nacional de Educação (PNE) foi enviado à Câmara dos Deputados contudo, até o momento, não foi aprovado [PROJETO DE LEI 8035, 2010].

O plano proposto no fim de 2010 possui 20 metas e, para cada meta, existem algumas estratégias para implementá-las em um período de 10 anos (de 2011 a 2020). Norteando essas metas estão as seguintes diretrizes: Erradicação do analfabetismo; Universalização do atendimento escolar; Superação das desigualdades educacionais; Melhoria da qualidade do ensino; Formação para o trabalho; Promoção da sustentabilidade socioambiental; Promoção humanística, científica e tecnológica do país; Estabelecimento de meta de aplicação de recursos públicos em educação como proporção do produto interno bruto; Valorização dos profissionais de educação e difusão dos princípios da equidade, do respeito à diversidade e à gestão democrática da educação [PNE, 2010].

Essas metas constituem os desafios da educação para os próximos anos. Atingir essas metas demandará estratégias organizadas envolvendo profissionais de diversas áreas. O uso da tecnologia da informação será essencial em algumas delas, como por exemplo:

***Estratégia 8.1:** institucionalizar programas e desenvolver tecnologias para correção de fluxo, acompanhamento pedagógico individualizado, recuperação e progressão parcial, bem como priorizar estudantes com rendimento escolar defasado considerando as especificidades dos segmentos populacionais considerados [PNE, 2010].*

E em outras metas, o uso da tecnologia da informação, mesmo não tendo o status de "essencial" poderia oferecer diversas vantagens (agilidade na análise de dados, armazenamento e centralização da informação, automação de tarefas e processos, maior eficácia, maior eficiência, e etc.):

***Estratégia 2.1:** criar mecanismos para o acompanhamento individual de cada estudante do ensino fundamental [PNE, 2010].*

Além dos desafios da educação, temos aqueles enfrentados pelos professores em sua rotina diária de trabalho, como: precariedade de ferramentas e material, instalações inapropriadas, sobrecarga de atividades, falta de material didático atualizado e/ou de qualidade, pouca motivação dos alunos (decorrência da descrença da população nos benefícios da educação), baixos salários, falta de investimento em cursos e especializações, e o grande consumo de tempo com atividades burocráticas. [OLIVEIRA, 2004]

Desta forma, é necessário que soluções para a educação, e para os professores, sejam capazes de lidar com grande quantidade e diversidade de dados, ofereçam soluções ágeis, antecipem a descoberta de problemas, gerem recomendações, ofereçam alternativas diferentes à análise de uma mesma questão e, ainda, sejam de fácil uso para

professores não especialistas em Tecnologia da Informação e Comunicação [BITTENCOURT, 2009; 2011].

Tais requisitos são imprescindíveis para que haja uma melhora na qualidade do ensino através da mediação tecnológica. Desta forma, o tempo do professor seria melhor utilizado em atividades diretamente relacionadas às suas aulas, como o aperfeiçoamento de avaliações, adaptação de estratégias e táticas de ensino, dentre outras atividades. Entretanto o que se observa é um esforço muito grande do professor em produzir, verificar, validar e corrigir cada documento gerado. Tal problema ainda é potencializado quando se tem uma grande quantidade de alunos, distribuídos em diferentes cursos, disciplinas e níveis. Diante disto, percebe-se uma grande necessidade quanto à automatização dessas tarefas, o que poderia, não apenas, reduzir a sobrecarga de trabalho dos professores, como também, minimizar erros e garantir que as informações fossem geradas com base em padrões.

Para isso os cursos semipresenciais ou à distância desenvolvidos com o apoio de ambientes virtuais de aprendizagem possuem a vantagem de manter registros de todas as ações e interações, tornando possível uma análise mais completa dos processos de ensino e aprendizagem.

Sob esta perspectiva, a computação pode prover soluções para os problemas citados acima. Imaginemos, por exemplo, um sistema onde, de um lado teríamos diversos cursos, aulas, atividades e exercícios, preparados por uma equipe pedagógica. Do outro lado teríamos os alunos interagindo e consumindo esse conteúdo. O sistema seria capaz de identificar as dificuldades de um determinado aluno e sugerir, ao mesmo, exercícios adicionais ou bibliografia alternativa ou, ainda, detectar que o aluno se encontra em um nível incompatível com as suas capacidades. Ao mesmo tempo, o professor poderia ser alertado sobre os fatos e traçar estratégias para acompanhar/resolver a dificuldade desse aluno. No final desse processo, as decisões/estratégias dos professores seriam armazenadas para que servissem como uma alternativa para a resolução de problemas futuros.

Dentre as áreas da computação voltadas para a automatização de atividades e o processamento de grande quantidade de dados, tem-se a Inteligência Artificial (IA), em especial a mineração de dados [WITTEN, 2011]. Mineração de dados, quando aplicada ao contexto educacional, deu origem à linha de pesquisa Mineração de Dados Educacionais (do inglês *Educational Data Mining - EDM*), que vem, gradativamente, ganhando reconhecimento [ROMERO, 2011].

A EDM é uma disciplina em ascensão, focada no desenvolvimento de métodos para explorar os dados oriundos de contextos educacionais. De uma forma geral, os objetivos da EDM são: aprimorar a educação e o aprendizado, e facilitar pesquisas no contexto educacional [ROMERO, 2011]. Diante disto, acredita-se que a Mineração de Dados Educacionais contenha as técnicas desejadas para propor soluções aos desafios citados anteriormente.

Este artigo tem por objetivo apresentar desafios da educação que podem ser atacados/supridos através da área de Mineração de Dados Educacionais. Serão dados destaques aos problemas relacionados à sobrecarga do professor e a gestão inteligente de aprendizagem (acompanhamento individualizado da aprendizagem).

O artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2 trataremos sobre o Plano Nacional de Educação (2011-2020), suas diretrizes e suas metas, e a relevância da Tecnologia da Informação como parte da estratégia de resolução. Discorreremos, com mais detalhes, sobre a Mineração de Dados, com ênfase na Mineração de Dados Educacionais, na Seção 3. Na Seção 4 descreveremos como a proposta pode ser útil na gestão inteligente da aprendizagem, oferecendo alguns direcionamentos na forma de cenários. Por fim, concluiremos o artigo condensando todos os assuntos abordados no mesmo, justificando a importância da proposta.

2. Plano Nacional de Educação e os Desafios na Educação

As reformas educacionais iniciadas há, aproximadamente, uma década repercutiram significativamente na natureza do trabalho escolar, bem como nos métodos e processos dos profissionais da educação, em especial, os professores [OLIVEIRA, 2004].

Essas reformas possuem como guia o Plano Nacional de Educação (PNE), um documento, cuja criação é prevista pela Constituição Brasileira. Para entrar em vigor, o projeto de lei (PL) deve ser enviado ao Congresso para discussão, ajustes e aprovação. Foi o que ocorreu no dia 15 de Dezembro de 2010, quando o projeto de lei 8035/2010 foi submetido. Esse PL trata sobre a criação do novo Plano Nacional de Educação, cujo objetivo é nortear as ações na área da educação, para o país, no período de 2011 a 2020.

O plano que se pretende criar apresenta 10 diretrizes objetivas e 20 metas. Cada uma das metas é acompanhada de estratégias para a sua concretização. Tanto as metas como as estratégias premiam iniciativas para todos os níveis, modalidades e etapas educacionais. Há, além disso, estratégias específicas voltadas à inclusão das minorias: alunos com deficiência, indígenas, quilombolas, estudantes do campo e alunos em regime de liberdade assistida [Portal do Ministério da Educação].

Alguns estudos citados em [OLIVEIRA, 2004], afirmam que as reformas educacionais geram um acúmulo de variadas funções, por parte das escolas e, em consequência disso, os professores recebem grande sobrecarga, passando até a desempenhar funções que estão além da sua formação (psicólogo, agente público, agente social, etc.). Além disso, o trabalho docente passa a ser definido não apenas como atividade em sala de aula, ele agora compreende a gestão da escola no que se refere à dedicação dos professores ao planejamento, à elaboração de projetos, à discussão coletiva do currículo e da avaliação. Nota-se, então, um claro acúmulo de cargos e de tarefas.

Esse acúmulo aumenta quanto maior for o número de turmas, disciplinas lecionadas e alunos que esse professor possua. O excesso de tarefas é motivo de prejuízos na qualidade das aulas, no acompanhamento da aprendizagem dos alunos e até na eficácia do ensino da disciplina como um todo.

Poucos são os professores que dispõem de ferramentas educacionais para auxiliá-los e evitar que o excesso de tarefas se torne um fardo cumulativo. Mais incomum, ainda, é encontrar ferramentas tecnológicas atualizadas e apropriadas às necessidades dos professores, e que ofereçam considerável e confiável ajuda em suas responsabilidades profissionais [SILVA, 2012].

Essa deficiência dificulta bastante uma execução com qualidade, por parte do professor, de todas as suas tarefas e obrigações, acarretando nos prejuízos citados acima. Além disso, o acompanhamento da aprendizagem dos alunos torna-se, muitas vezes, algo subjetivo e sem um processo definido, replicável e passível de validação.

A criação de ferramentas de auxílio apropriadas, demandaria investimentos elevados e, em decorrência disso, seriam necessários critérios rigorosos para a seleção das melhores técnicas e estratégias para esse propósito.

Pretendemos, com base no Plano Nacional de Educação, propor uma solução fundada em métodos tecnológicos que diminua, significativamente, essa sobrecarga, bem como, promover a Gestão Inteligente da Aprendizagem. Essa solução faria uso de Mineração de Dados Educacionais [BITTENCOURT, 2011].

3. Mineração de Dados e Mineração de Dados Educacionais

Com o barateamento dos equipamentos para armazenar e transmitir dados, estamos, cada vez mais, consumindo, guardando e propagando dados das mais diversas áreas. Aquilo que, há alguns anos, eliminaríamos é armazenado para posterior apreciação e esses dados pode nos acompanhar até onde estivermos devido à World Wide Web, aos equipamentos que utilizam memória flash e a, tão comentada, nuvem.

Estima-se que a cada 20 meses a quantidade de dados armazenados, mundialmente, duplique. É uma avaliação assustadora, mas gera, dentre outras, uma grande dúvida: somos capazes de entender esses dados? Ou seja, obter informações úteis através deles.

A mineração de dados preocupa-se com esse fato. Obter informações relevantes de grandes quantidades de dados. Isso é feito através da busca automatizada ou, pelo menos, aprimorada através de sistemas de computadores. Isso é feito através da descoberta de padrões, com grande significância, nesses dados permitindo, dessa forma, que se façam descobertas não triviais em um conjunto novo de dados [WITTEN, 2011].

As fontes de geração desses dados são diversas, entretanto quando utilizamos as técnicas de mineração de dados no contexto educacional, temos a Mineração de Dados Educacionais (do Inglês: Educational Data Mining – EDM).

Dados nesse contexto podem ser provenientes de sistemas tutores inteligentes, sistemas educacionais clássicos baseados em computação, dados administrativos da própria escola, testes padronizados, etc. e a EDM utiliza-os com o objetivo de melhorar o ensino e o aprendizado.

3.1. Áreas de Pesquisa

Segundo [ROMERO, 2011], os esforços em EDM estão focados, principalmente, em três áreas de pesquisa:

1. Desenvolver ferramentas e técnicas computacionais.

Exemplo de ferramenta/técnica nessa área: é o uso da EDM para definir que características incluir nos formulários de avaliação da curva de aprendizado, para torná-los mais funcionais e flexíveis.

-
2. Definir quais perguntas se deve fazer aos dados, ou seja, como obter as respostas minerando os dados educacionais.

Exemplo: analisar as interações entre alunos, e atividades realizadas pelos mesmos, no sistema e avaliar se uma atividade em grupo seria apropriado essa turma, ou se retornaria resultados proveitosos.

3. Determinar quem são os interessados (stakeholders) que poderiam se beneficiar de mecanismos de relatórios aprimorados, possíveis através das técnicas de EDM.

Exemplo: utilizar EDM para avaliar avanços e recuos no progresso dos alunos e informar/parabenizar pais e/ou responsáveis.

3.2. Aplicações e Técnicas Utilizadas

Ainda consultando [ROMERO, 2011], a EDM vem, nos últimos anos, sendo utilizada para a obtenção de diversos objetivos educacionais. Essas tarefas podem ser agrupadas nas seguintes categorias:

1. **Comunicação stakeholders:** visa prover auxílio a administradores de cursos e professores a avaliar as atividades realizadas pelos alunos, bem como a participação dos mesmos no curso.

Mineração de processos, geração de relatórios, visualização de dados e a análise estatística de dados, são as técnicas mais utilizadas para esse grupo de aplicações [FERREIRA, 2012].

2. **Realizar melhorias e manutenções em cursos:** tem como objetivo ajudar gestores de curso e educadores sobre quais estratégias utilizar para obter se melhorias em cursos.

Associação, ‘clusterização’ e classificação, são as técnicas mais usuais nesse grupo.

3. **Gerar recomendações:** objetiva recomendar conteúdo apropriado para o momento educacional vivenciado pelo estudante.

Associação, sequenciação, ‘clusterização’ e classificação, são as técnicas mais usuais nesse grupo [ABEL, 2010].

4. **Prever resultados de atividades/provas ou de avaliações de aprendizado:** busca antever o resultado de testes e de outras avaliações educacionais, com base na análise das atividades realizadas pelo estudante.

Mais uma vez, Associação, ‘clusterização’ e classificação, são as técnicas mais utilizadas [FERREIRA, 2012].

5. **Criar modelos de alunos:** o objetivo é estudar determinadas características dos alunos.

Para esse tipo de aplicação, há uma demanda maior. Análises estatísticas, redes Bayesianas, modelos psicométricos e aprendizado por reforço.

6. **Análise da estrutura do domínio:** busca avaliar a estrutura do domínio, através da análise da performance (como o domínio realiza uma tarefa).

As técnicas mais comuns para esse tipo de aplicação incluem, regras de associação, métodos de clusterização e algoritmos de busca.

4. Gestão Inteligente da Aprendizagem

O acompanhamento individualizado do aprendizado já é desejado há algum tempo. Ao observarmos as metas definidas no PNE, conhecendo os problemas enfrentados pelos professores e sabendo sobre os desafios atuais e futuros para a educação, percebemos uma necessidade essencial do uso da computação como solução para a gestão inteligente da aprendizagem.

A gestão inteligente do aprendizado tem como objetivo ofertar soluções específicas para maximizar a experiência de aprendizado ou solucionar problemas educacionais de um aluno específico ou de um grupo particular de alunos.

Entretanto, ainda com o auxílio de computadores, quantidades elevadas de dados podem comprometer a eficiência de um sistema criado para esse fim. Para superar essa dificuldade é que técnicas especiais, tais como a Análise Estatística dos Dados, a Inteligência Artificial e a Mineração de Dados, devem ser utilizadas [BITTENCOURT, 2009].

Através do uso dessas técnicas, podemos gerar sugestões para as duas abordagens de aprendizado: o aprendizado individualizado e o aprendizado colaborativo, que serão explicados, com mais detalhes, a seguir.

4.1 Aprendizagem Individualizada

A aprendizagem individualizada foca nas necessidades individuais de cada aluno. O objetivo, de uma forma geral, é manter as características fortes e melhorar aquelas abaixo de uma média, após identificá-las.

Algumas metas, que já são obtidas através do uso de EDM, estão listadas a seguir como sugestão de direcionamento. Faremos, também, comentários sobre sua pertinência para a gestão inteligente do aprendizado.

4.1.1. Previsão do Resultado Final

A identificação antecipada de uma possível falha, permitirá o planejamento e a reação apropriada a algum problema.

Alguns professores são capazes de estimar, com certa precisão, quantos e quais alunos apresentarão dificuldades nas últimas etapas de um curso e/ou matéria. Entretanto essa capacidade está muito relacionada à experiência do professor e a outros fatores, inerentes às capacidades do professor ou não, que podem variar e comprometer esse julgamento.

A EDM, com base no acompanhamento nos dados do aluno (atividades e exercícios, presença às aulas, resultados dos testes anteriores), é capaz de prever, com segurança, quais as chances de esse aluno não ser bem sucedido no teste seguinte [MÁRQUEZ-VERA, 2011].

4.1.2. Dificuldade em uma Matéria ou Assunto

Levando-se em consideração os acertos e erros do aluno na realização de uma atividade, é possível identificar padrões nesses dados e identificar possíveis dificuldades. Se durante a elaboração desses exercícios, as questões receberem algum tipo de identificação/classificação (com base em assunto abordado e dificuldade, por exemplo), isso dará mais controle aos gestores, no momento da avaliação desses dados.

Tal estratégia pode ser, ainda, utilizada para detectar questões "mal formuladas" ou uma deficiência global da turma, oferecendo um foco de atuação para os educadores reverterem o problema.

Uma outra possibilidade é a detecção de alunos que estão 'arriscando' as respostas. Isso pode ser percebido quando os acertos/erros desse aluno fogem completamente dos padrões anteriores ou de um padrão com base na própria prova.

4.1.3. Sugerir Atividades Complementares

Com os resultados dos exercícios, testes e atividades, dentre outros, é possível gerar recomendações sobre leitura extra, exercícios extra e, em caso de alunos enfrentando dificuldade, pode-se recomendar conteúdo que abordem o assunto de uma forma diferente (sites educacionais, livros, são alguns exemplos).

Entretanto essas tarefas devem ter sido previstas por uma equipe pedagógica. Mesmo requerendo uma preparação maior, esse planejamento fornecerá certa autonomia para abordar, dentro de certos limites, os casos que surgirem.

4.2. Aprendizagem Colaborativa

A aprendizagem colaborativa visa promover a interação entre um estudante com outros grupos de estudantes, o que para alguns alunos é considerado 'menos intimidador' que tratar diretamente com um professor. E dessas interações, pretende-se obter progresso acadêmico significativo e aprendizado [BITTENCOURT, 2009].

4.2.1. Detectar Interesse em Determinado Assunto

Atividades, exercícios (ou questões específicas), artigos, textos que gerem uma grande quantidade de comentários e avaliações, relevantes, podem sinalizar algo (bom ou ruim). É preciso monitorar essas interações e utilizá-las na tomada de decisões.

É preciso, ainda, avaliar se os comentários/avaliações são feitos em quantidade considerável, se são feitos por alunos de diversos grupos (agrupados conforme características e interesses distintos), por alunos cujos comentários são pertinentes, se esses alunos possuem um determinado grau de influência (positiva ou negativa) nas opiniões de outros alunos (evidenciado, dentre outras formas, através de comentários a respeito de outro comentário)

4.2.2. Detectar Alunos com Participação Relevante

Alunos que mais participam nem sempre são os que oferecem as participações mais relevantes. Uma combinação entre o desempenho do alunos e outros pontos (realização bem sucedida de atividades, atividades extra, outros comentário bem avaliados, etc.) que podem fortalecer o 'prestígio' de um determinado aluno, tornando o seu comentário 'valioso'. A EDM é capaz de avaliar essas características e atribuir uma relevância ao aluno [REIHANEH, 2011].

Essa busca por relevância entre os alunos, pode auxiliar na busca por alunos com perfil de liderança. Para isso será necessário avaliar, também, ações positivas espontâneas relevantes (auxiliar um colega em perceptível dificuldade, postar acesso a um conteúdo que proporcione auxílio ao grupo, etc.)

O mesmo pode ser feito em relação a um comentário em particular, não importando quem o fez. Isso pode ser utilizado em consultas posteriores, exibindo no topo da lista os comentários mais pertinentes para determinado assunto.

4.2.3. Agrupamento de Alunos

É possível minerar os interesses dos alunos, seja através de perguntas diretas, ou através da análise dos hábitos de busca e leitura, e inferir sobre suas preferências, estilo de aprendizado, auxílio personalizado, etc. Quanto maior (qualidade e diversidade) for o número de interações do aluno com o ambiente de aprendizado, mais preciso será o resultado.

Os alunos com interesses similares podem receber conteúdo personalizado e participar de atividades mais focadas em suas características [DOMINGUEZ, 2010].

4.2.4. Cyberbullying

Alunos que referenciam outros de forma ofensiva ou que, ainda, demonstram desprezo ou opiniões desrespeitosas sobre a participação de colegas devem ser monitoradas e ter esse tipo de atitude advertida o quanto antes.

Esse tipo de comportamento não é de fácil detecção, devido ao uso de figuras de linguagem para 'ocultar' o verdadeiro teor do conteúdo. A consequência é muito danosa e o problema gerado pode acarretar em desistência ou queda, abrupta, de desempenho sem um aparente motivo [REYNOLDS, 2011].

5. Conclusão

O novo Programa Nacional de Educação mostra o interesse do governo em tratar questões que geram incômodo à educação. Algumas dessas questões já são problemas conhecidos que não obtiveram uma solução satisfatória, e são abordadas de uma nova maneira, enquanto outras dessas questões são mais recentes.

As estratégias para atingir as metas propostas no PNE terão, como executores finais, os professores, que já se encontram sobrecarregados com as metas existentes e muitas vezes não possuem ferramentas apropriadas para auxiliar em suas tarefas diárias.

As técnicas mencionadas nesse artigo, são apenas uma parte daquilo que está sendo criado em Mineração de Dados Educacionais e, por isso, acreditamos, fortemente, que a EDM ofereça a base necessária para a criação de ferramentas que auxiliem na gestão inteligente do aprendizado, acompanhando o progresso dos alunos, individualmente, e de suas interações entre si. Detectando problemas com eficiência e antecipação, quando houverem, e sugerindo formas de tratá-los.

A EDM ainda é capaz de fornecer auxílio aos professores em suas, muitas, tarefas e, ainda, acredita-se que a EDM tem grande potencial para ajudar o Brasil a atingir as metas do PNE e a se destacar no cenário educacional mundial através de ações que promovam o ensino eficaz nos ambientes de EaD e nas escolas através do uso de tecnologias educacionais que complementam o ensino em sala de aula. Com isso o Brasil vai poder utilizar técnicas de EDM para proporcionar uma aprendizagem mais personalizada e de melhor qualidade.

6. Referências Bibliográficas

- Abel, F. ; Bittencourt, Ig Ibert ; COSTA, Evandro de Barros ; HENZE, N. ; KRAUSE, Daniel; VASSILEVA, J. Recommendations in Online Discussion Forums for E-Learning Systems. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 3, p. 165-176, 2010;
- Anna Katrina Dominguez; Kalina Yacef; James R. Curran. Data Mining for Individualised Hints in eLearning. *Proceedings of the 3rd International Conference on Educational Data Mining*. Junho, 2010.
- Baker, R., & Isotani, S. (2011). Mineração de Dados Educacionais: Oportunidades para o Brasil. Obtido de: <http://br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/1301> em: 10 de fevereiro de 2012.
- Bittencourt, Ig Ibert ; COSTA, Evandro de Barros ; Marlos Silva ; SOARES, Elvys . A Computational Model for Developing Semantic Web-based Educational Systems. *Knowledge-Based Systems*, v. 22, p. 302-315, 2009;
- Bittencourt, Ig Ibert ; COSTA, Evandro de Barros . Modelos e Ferramentas para a Construção de Sistemas Educacionais Adaptativos e Semânticos. *Revista Brasileira de Informação na Educação*, v. 19, p. 85-98, 2011.
- C. Márquez-Vera; Romero C.; Ventura S. Predicting School Failure Using Data Mining. *Proceedings of the 4th International Conference on Educational Data Mining*. Julho, 2011.
- Ferreira, Rafael ; COSTA, Evandro de Barros ; Brito, Patrick ; Bittencourt, Ig Ibert ; Aydano Machado ; Marinho, Tarsis ; Holanda, Olavo . A Framework for Building Web Mining Applications in the World of Blogs: A Case Study in Product Sentiment Analysis Expert Systems With Applications. *Expert Systems with Applications*, v. 39, p. 4813-4834, 2012.;
- Merceron, A. (2005). Educational data mining: a case study. *Proceeding of the 2005 conference on Artificial*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1562589>
- Oliveira, Dalila Andrade. A Reestruturação do Trabalho Docente: Precarização e Flexibilização. *Educ. Soc.*, Campinas, vol. 25, n. 89, p. 1127-1144, Set./Dez. 2004 Disponível em <<http://www.cedes.unicamp.br>>.
- Portal do Mec. Plano Nacional de Educação – PNE. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16478&Itemid=1107>. Acessado em: 24/04/2012.
- Projeto de Lei 8035/2010. Câmara dos Deputados. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=490116>>. Acessado em: 12/04/2012.
- Reihaneh Rabbany k., Mansoureh Takaffoli; Osmar R. Zaiane. Analyzing Participation of Students in Online Courses Using Social Network Analysis Techniques. *Proceedings of the 4th International Conference on Educational Data Mining*. Julho, 2011.
- Reynolds, K.; Kontostathis, A.; Edwards, L. Using Machine Learning to Detect Cyberbullying. *10th International Conference on Machine Learning and Applications and Workshops*. p. 241-244, 2011.
- Romero, Cristóbal, Ventura, Sebastian: (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert Systems with Applications*, 33(1), 135-146. doi:10.1016/j.eswa.2006.04.005
- Romero, Cristóbal; Ventura, Sebastian; Pechenizkiy; Baker, Ryan. *Handbook of Educational Data Mining*. Florida: CRC Press, 2011.
- Russell, Stuart; Norvig, Peter. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3. ed. New Jersey: Pearson Education, 2010.
- Silva, Alan Pedro da ; Costa, Evandro ; Bittencourt, Ig Ibert . Uma Linha de Produto de Software baseada na Web Semântica para Sistemas Tutores Inteligentes. *Revista Brasileira de Informação na Educação*, v. 20, p. 87, 2012.
- Witten, Ian; Frank, Eibe; Hall, Mark. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. 3. ed. Massachusetts: Elsevier, 2011.