

LEARNING ANALYTICS: REVISÃO DA LITERATURA E O ESTADO DA ARTE

São Paulo/SP Julho/2016

Cicero Benedito da Silva Junior - IPT-SP - cicero.silva.junior@gmail.com

Ivan Carlos Alcântara de Oliveira - IPT-SP - ivancaoliveira@gmail.com

Tipo: INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA (IC)

Natureza: RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA

Categoria: MÉTODOS E TECNOLOGIAS

Setor Educacional: EDUCAÇÃO SUPERIOR, EDUCAÇÃO CORPORATIVA, EDUCAÇÃO CONTINUADA EM GERAL

RESUMO

O crescente interesse a respeito da aplicação de Tecnologias da Informação e Comunicação na educação, associado ao uso de ambientes virtuais de aprendizagem e à necessidade de análise dos dados gerados a partir das interações dos alunos nesses ambientes, com o objetivo de contribuir para a melhoria do processo de ensino aprendizagem, gerou elementos para o surgimento da área de Learning Analytics. Com o objetivo de compreender e apresentar os principais trabalhos e ferramentas relacionados a esta área, assim como as teorias, técnicas e características aplicadas e suas relações, este trabalho realizou uma revisão sistemática da literatura disponível nas bases de pesquisas de conteúdo científico ACM, Google Scholar, IEEE, Scielo, Science Direct, Springer, Unesp, Unicamp e USP, considerando o período de 2010 a 2016, utilizando como palavras chave os principais conceitos identificados em um mapa conceitual, e selecionou os trabalhos que demonstraram maior relevância para o objetivo desta pesquisa. Dentre os resultados são apresentados o total de trabalhos selecionados, a distribuição temporal e geográfica das publicações, os principais conceitos relacionados à área de Learning Analytics e áreas correlatas, além da relação das ferramentas desenvolvidas e suas principais características.

Palavras-chave: Learning Analytics; Revisão; Ferramentas.

1 Introdução

Atualmente, é possível observar um crescente interesse a respeito de novas formas de aprendizagem que agregam o uso de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) na educação com o objetivo de apoiar a melhoria da qualidade do ensino (GOMES e SERRANO, 2015).

A crescente oferta de cursos na modalidade a distância com o uso de Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), em decorrência da disseminação da Educação a Distância (EaD), e o consequente aumento na quantidade de usuários que os utilizam tem ocasionado um incremento na quantidade de dados gerados pelos AVAs. Esses dados têm origem a partir da interação do usuário no ambiente on-line, seja ele um AVA ou um ambiente de colaboração na internet, e por meio de sua análise é possível identificar padrões de relacionamentos que permitem a extração de novas informações que estariam inicialmente implícitas (DO CARMO et al., 2012; SCHROEDER, 2009, apud DYCKHOFF et al., 2012, p.1).

Associado a esses fatores, ocorreu também um aumento no interesse a respeito da forma como tais dados podem ser utilizados para melhorar o processo de ensino e aprendizagem, permitindo o desenvolvimento da área de Learning Analytics (ELIAS, 2011).

Nesse contexto, este trabalho apresenta o resultado da revisão da literatura a respeito de Learning Analytics identificando o estado da arte dessa área.

Este artigo foi organizado em seções, conforme descrição a seguir. A seção 2 aborda a metodologia. O mapa conceitual elaborado sobre o tema e alguns resultados obtidos durante as pesquisas nas bases de trabalhos acadêmicos são descritos na seção 3. A seção 4 apresenta a revisão da literatura, envolvendo dentre outros os conceitos, mineração, visualização e ferramentas sobre Learning Analytics. Por fim, a seção 5 discute os resultados obtidos, resume as conclusões e indica trabalhos futuros.

2 Metodologia

Para responder ao objetivo da investigação, foi utilizada a técnica de revisão sistemática como método de pesquisa, sendo essa dividida em etapas.

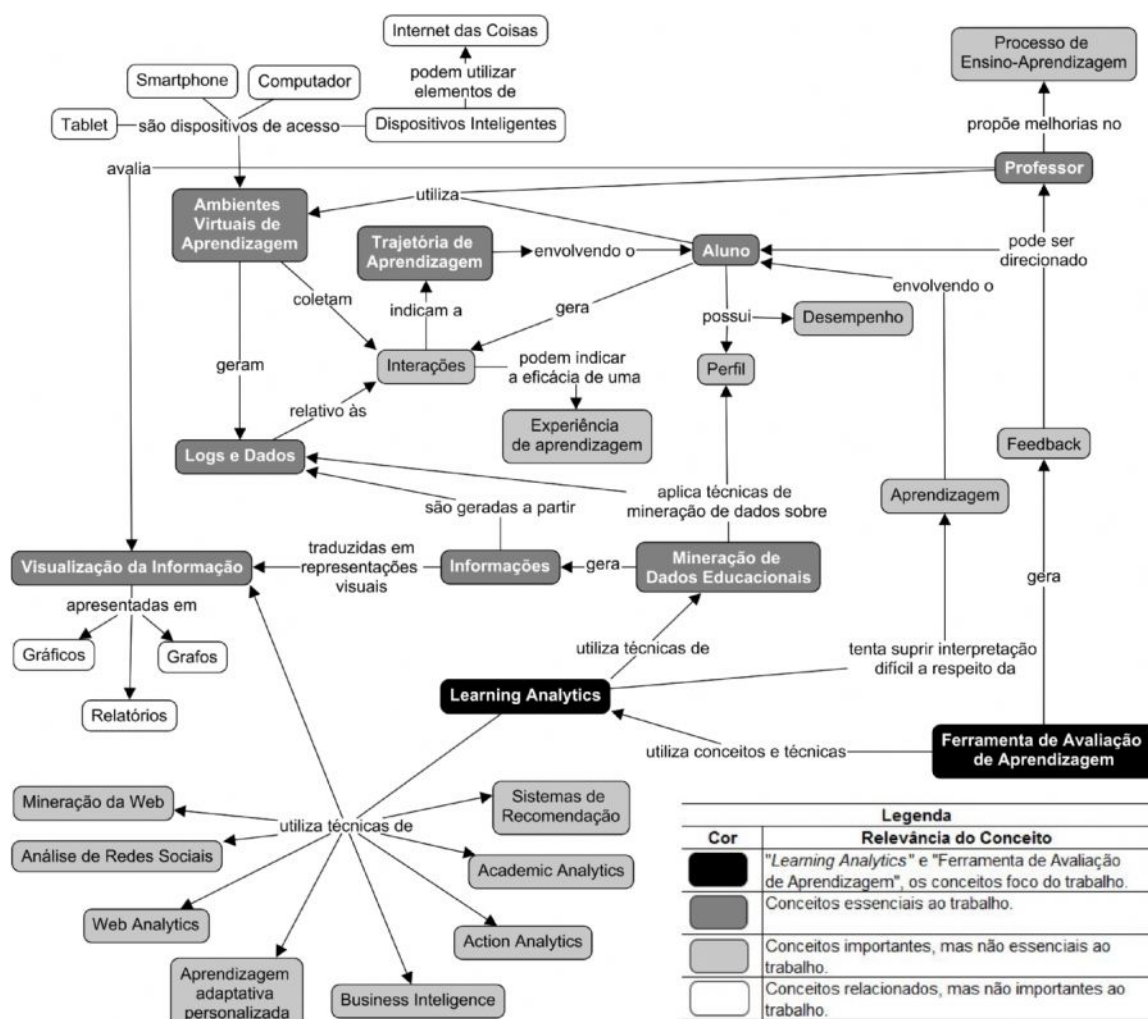
A primeira etapa do trabalho inclui atividades regulares de estudos na área de Learning Analytics e a elaboração de um mapa conceitual identificando os principais conceitos relacionados ao foco “Learning Analytics” e “Ferramentas de Avaliação da Aprendizagem”.

Na etapa seguinte, foi realizada a pesquisa de trabalhos relacionados a Learning Analytics, utilizando como palavras-chave alguns conceitos do mapa conceitual elaborado, e termos relacionados a área de pesquisa. As bases utilizadas foram ACM, Google Scholar, IEEE, Scielo, Science Direct, Springer, Unesp, Unicamp e USP. Ainda, nessa etapa, foram lidos os resumos dos trabalhos encontrados e selecionados aqueles com maior relevância ao objetivo desta pesquisa. Enquanto, na terceira etapa, foi realizada a leitura sistemática da literatura selecionada, e, na quarta etapa, foram realizadas estatísticas dos trabalhos selecionados e elaborada a revisão da literatura.

3 Mapa conceitual, Pesquisa Bibliográfica e Resultados

Na fase inicial, foi elaborado um mapa conceitual identificando os principais conceitos relacionados aos focos “Learning Analytics” e “Ferramenta de Avaliação da Aprendizagem”, os quais foram divididos em cores de acordo com a sua relevância em relação ao foco do trabalho, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Mapa conceitual



Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura pode-se observar os conceitos essenciais Aluno, Ambientes Virtuais de Aprendizagem, Logs e Dados, Informações, Mineração de Dados Educacionais, Professor e Visualização da Informação associados aos conceitos foco. O mapa conceitual não tem a finalidade de apresentar todos os conceitos relacionados ao foco, mas ilustrar aqueles considerados relevantes para alcançar os objetivos desta pesquisa.

A partir do mapa conceitual foram selecionados alguns conceitos utilizados como palavras-chave na pesquisa bibliográfica. Porém, devido a constante evolução e produção de conteúdo científico relacionado ao tema Learning Analytics, foram selecionados somente os trabalhos publicados a partir do ano de 2010 até fevereiro de 2016, recuando em relação a esta data apenas para as publicações que abordam temas de escassa produção e grande relevância para a fundamentação do trabalho. O total de trabalhos selecionados foi 90, porém somente alguns foram citados neste artigo.

Com o objetivo de estabelecer uma relação da produção científica na área de Learning Analytics e a sua distribuição geográfica ao longo de um período, foram identificados o ano e a localização geográfica de publicação dos trabalhos selecionados, e elaborado o Quadro 1. Nesse quadro, pode-se observar que os anos de 2014 e 2015 tiveram um maior volume de trabalhos selecionados, e que a Europa, representada pela Espanha, é responsável pela produção de 48% dos trabalhos, enquanto o continente Americano, representado pelos Estados Unidos, é responsável por 32% do volume.

Quadro 1 - Total de trabalhos selecionados por ano e localidade

Ano de publicação	Quantidade de trabalhos selecionados	País	Continente
2005	1	Estados Unidos	América
2008	1	Brasil	América
2010	1	Canadá e República Checa	Europa
2011	7	Austrália, Bélgica, Canadá, Espanha e Estados Unidos	América, Europa e Oceania
2012	15	Alemanha, Bélgica, Brasil, Canadá, Espanha, Estados Unidos e Inglaterra	América e Europa
2013	15	África do Sul, Alemanha, Arábia Saudita, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Inglaterra, Malásia, República Checa, Sérvia, Suíça e Taiwan	África, América, Ásia e Europa
2014	24	Alemanha, Austrália, Brasil, Chipre, Cuba, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, Grécia, Holanda, Inglaterra, Sérvia, Suíça e Taiwan	América, Ásia, Europa e Oceania
2015	23	Alemanha, Austrália, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Coreia do Sul, Espanha, Estados Unidos, Estônia, França, Grécia, Filipinas, Holanda, Índia, Inglaterra, Japão, Marrocos e Paquistão	África, América, Ásia, Europa e Oceania
2016	3	China, Colômbia e Grécia	América, Ásia e Europa

Fonte: Elaborado pelo autor

Os trabalhos selecionados foram ainda classificados em seis categorias levando em consideração o principal objetivo de cada trabalho. No Quadro 2 pode-se observar as categorias utilizadas e o total de trabalhos obtidos por ano, além do maior volume de artigos classificados como Estudos de caso, 46 (quarenta e seis), o aumento na quantidade de trabalhos deste tipo nos últimos anos, e o fato de que essa é a única categoria que possui publicações anteriores ao ano de 2010.

Quadro 2 - Total de trabalhos obtidos por categoria e ano

Categoria	2005	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Desenvolvimento de ferramenta para aluno	-	-	-	-	-	1	-	1	-
Desenvolvimento de ferramenta para professor	-	-	-	-	3	3	4	3	2
Desenvolvimento de ferramenta para ambos	-	-	-	1	-	-	5	1	-
Estudo comparativo entre as ferramentas desenvolvidas	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Estudo de caso	1	1	1	4	8	6	11	15	-
Revisão da literatura	-	-	-	2	4	5	4	2	1

Fonte: Elaborado pelo autor

4 Revisão da literatura

Nesta seção, é apresentada a revisão da literatura relacionada ao tema Learning Analytics (LA), bem como o seu estado da arte envolvendo os elementos: conceitos, características; relação com outras teorias; técnicas e algoritmos utilizados; e ferramentas disponíveis.

4.1 Conceitos

Diferentes definições foram propostas para o termo Learning Analytics (LA), embora todas possuem ênfase na conversão de dados educacionais em informações que permitam a realização de ações para apoiar a melhoria no processo de aprendizagem (CHATTI et al., 2012).

Elias (2011) descreve LA como um campo de estudos emergente, onde ferramentas analíticas sofisticadas podem ser usadas para melhorar o processo de aprendizagem e a área da educação. Enquanto Dyckhoff et al. (2012) reforçou a visão de área multidisciplinar de LA, que aproveita as melhores práticas das áreas relacionadas para transformar dados educacionais em informações úteis para a tomada de decisão.

Dentre as principais áreas a partir das quais são baseadas as práticas e técnicas de LA, destacam-se Academic Analytics, Action Research, Educational Data Mining, Sistemas de Recomendação e Aprendizagem Adaptativa Personalizada mencionadas por Chatti et al (2012), além de Business Intelligence e Web Analytics complementadas por Ferguson (2012).

4.2 Processo de Learning Analytics

Baker (2007, apud ELIAS, 2011, p.7) propôs um processo denominado Knowledge continuum, sugerindo que o conhecimento a partir de um determinado dado é contínuo. Esse processo é composto por quatro passos, a saber: obter fatos e dados brutos, fornecer significado aos dados obtidos, analisar e sintetizar as informações derivadas desses dados, e utilizar o conhecimento adquirido para estabelecer e atingir metas.

Dyckhoff et al (2012), por sua vez, sugerem que um típico processo de LA tem início na coleta de dados, seguida por um processo de mineração desses dados. Depois disso, os resultados do processo de mineração podem ser apresentados como um widget integrado ao ambiente de aprendizagem, e a partir da análise gráfica dos dados, os professores devem ser capazes de interpretar mais rapidamente as informações visualizadas e avaliar se os objetivos foram alcançados.

De maneira similar, Chatti et al. (2012), indicam que o processo de LA normalmente é iterativo e composto de três passos, sendo que na primeira etapa os dados são coletados de diversas fontes e pré-processados para a etapa seguinte. Na segunda etapa, técnicas de LA podem ser aplicadas de acordo com os dados e com os objetivos de análise. Enquanto a terceira etapa busca garantir a melhoria contínua do processo, pela compilação de novos dados a partir de fontes adicionais e refinamento das informações.

Em um processo similar, Fernández e Mariño (2016) propõem um framework para LA com enriquecimento semântico de informações, composto por quatro fases: limpeza e formatação de dados, análise de dados em sua menor granularidade (bottom-up), análise semântica e visualização das informações.

4.3 Mineração de Dados e Learning Analytics

A mineração de dados educacionais trata da aplicação de técnicas de mineração de dados para resolver problemas da área educacional. Romero e Ventura (2010) ressaltam que os dados e problemas da área de educação possuem características especiais que necessitam de tratamento diferenciado em relação as técnicas de mineração de dados. Embora a maioria das técnicas de mineração de dados seja aplicável a área educacional, algumas devem ser adaptadas ao problema em particular, sendo regressão, clustering, classificação e regras de associação as mais utilizadas (LIU, 2006, apud CHATTI et al., 2012, p.11).

Agudo-Peregrina et al. (2014) ressaltam ainda que Learning Analytics frequentemente é relacionada com a área de Educational Data Mining (EDM), apesar das diferenças existentes entre os dois conceitos, tanto em relação aos objetivos quanto em relação a abrangência de cada área. Uma vez que, segundo Baker e Yacef (2009, apud AGUDO-PEREGRINA et al., 2014, p.2), EDM está relacionada com o desenvolvimento de métodos para análise de dados de aprendizagem, enquanto Learning Analytics está relacionada com o uso desses dados para a melhoria do processo de aprendizagem.

Foram encontrados alguns trabalhos desenvolvidos com o intuito de simplificar a interação entre o usuário e as ferramentas de mineração de dados para os cenários de uso na educação, entre eles destacam-se: Krüger et al. (2010), apresentaram uma ferramenta cujo o objetivo é automatizar e simplificar a etapa de pré-processamento de dados do AVA; Pedraza-Perez et al. (2010), que

apresentaram um primeiro protótipo de uma ferramenta direcionada a não especialistas em mineração de dados que apoia na execução de etapas de mineração de dados de forma simplificada; Zorilla et al. (2011), por sua vez, apresentaram a ferramenta de mineração de dados livre de parâmetros Yacaree; enquanto Jormanainen e Sutinen (2013) propõem uma ferramenta de mineração de dados educacionais, denominada Open Monitoring Environment (OME), que utiliza a abordagem de mineração de dados abertos, para automatizar a coleta e préprocessamento de dados, e permitir que o professor efetue a combinação dos dados capturados pela ferramenta com as suas observações provenientes do processo de aprendizagem.

4.4 Visualização dos dados

As técnicas de visualização baseiam-se na capacidade humana de interpretação visual das informações, e identificação de relacionamentos e padrões que auxiliam na descoberta de novos conhecimentos. A combinação de técnicas de visualização com análises estatísticas é considerada alternativa para a exploração adequada dos dados no processo de descoberta do conhecimento, por conciliar o potencial da análise humana com o processo de descoberta de novos conhecimentos (PERNOMIAN, 2008).

No contexto de um ambiente de LA, a utilização de técnicas de Visualização da Informação pode ser de grande valor para professores, alunos e administradores, uma vez que lhes permite ter uma visão geral das atividades e de como elas se relacionam com as de outros indivíduos durante o processo de aprendizagem (DUVAL, 2011).

Romani (2000 apud PERNOMIAN, 2008, p.26) afirma que existem técnicas de visualização específicas para cada tipo de informação, por exemplo, para dados de 1 dimensão (1D), gráficos em linhas, histogramas e de barras; para dados de 2 dimensões (2D), mapeamento por cores, imagens, histogramas 2D e gráficos de barra (2D); para dados de 3 dimensões ou temporais, renderização volumétrica, textura sobre superfície, animação, dentre outras associadas às informações multidimensionais. No entanto, conforme mencionado por Ball et al. (2006, apud PERNOMIAN, 2008, p. 23), as técnicas de visualização devem ser utilizadas em conjunto com técnicas de Interação humano-computador (IHC), uma vez que precisam apresentar interfaces eficazes para atender às necessidades de LA.

4.5 Feedback e Learning Analytics

Segundo Bichsel (2012, apud CORRIN e BARBA, 2015, p.1), o uso de LA para fornecer feedback diretamente para os alunos sobre o seu envolvimento na aprendizagem e desempenho é uma área em rápida expansão e desenvolvimento, que tem como objetivo fornecer aos alunos acesso direto aos dados sobre a sua avaliação e desempenho a partir de atividades realizadas no AVA.

Corrin e Barba (2015) apresentam uma estratégia para distribuir painéis com as informações de feedback diretamente aos alunos ao longo de um período, e avaliam os resultados dessa ferramenta por meio de pesquisa de opinião. Apesar de preocupações existentes em relação à capacidade dos alunos em interpretar corretamente o feedback apresentado e utilizar esta informação para melhorar seu aprendizado, os resultados do estudo demonstraram que a maioria dos estudantes foi capaz de identificar as lacunas existentes no seu desempenho.

Cruz-Benito et al. (2014) propõem o uso de um sistema que analisa as ações e acontecimentos em um ambiente de ensino em terceira dimensão (3D) e envia informações a respeito dessas ações ao aluno e ao professor para as devidas correções.

Sob outra perspectiva, Romero e Ventura (2010) propõem uma estratégia para fornecer feedback para apoiar autores de cursos, professores e administradores na tomada de decisão a respeito de como melhorar a aprendizagem dos alunos, organizar os recursos de instrução de forma mais eficiente e capacitá-los a tomar medidas apropriadas. Salientando ainda que esta tarefa é diferente de análise de dados e tarefas de visualização, que fornecem informações básicas diretamente a partir de dados, pois apresenta informações completamente novas encontradas nos dados.

4.6 Avaliação de desempenho do aluno

Segundo Romero e Ventura (2010), a previsão de desempenho de um estudante é uma das

aplicações mais antigas e populares de mineração de dados educacionais. De acordo com Hamman et al. (2010, apud WOLFF et al., 2013, p.2), uma possível solução para o caso poderia ser a criação de modelos preditivos, responsáveis por indicar os estudantes que se encontram em risco de evasão. A partir dessa observação, Wolf et al. (2013) propuseram a elaboração de modelos para predição de falha dos alunos utilizando as informações de quantidade de cliques realizados em páginas e o período da ação realizada.

4.7 Ferramentas e suas características

A partir dos resultados obtidos na revisão bibliográfica foram selecionados trabalhos relacionados a ferramentas para aluno, ferramentas para professor e ferramentas para ambos, analisadas as soluções propostas e elaborado o Quadro 3. Ao todo foram encontradas 23 ferramentas, sendo somente 2 para alunos, 15 para professores e 6 para ambos.

Nesse quadro pode-se observar uma maior quantidade de ferramentas que utilizam o ambiente de aprendizagem Moodle, e uma diversidade de plataformas de uso específico e pouco difundidas, como para as plataformas do tipo Massive Open Online Courses (MOOC). Ainda é possível observar que as linguagens de programação mais utilizadas para implementação das ferramentas são PHP, Java e Python, nessa ordem. Sendo que o uso de PHP nesse cenário ocorre principalmente devido em função dessa ser a linguagem padrão do Moodle.

Observou-se também que o desenvolvimento de ferramentas de LA que utilizam as plataformas Moodle e Open edX pode ser feito utilizando o modelo de plug-ins ou com acesso direto à base de dados da plataforma, sendo que o Moodle suporta ainda a integração através de arquivos Extensible Markup Language (XML) ou Application Programming Interfaces (API).

Aspectos de mineração de dados educacionais foram tratados pelo uso da ferramenta Weka e dos algoritmos C4.5, J48 e Classification And Regression Trees (CART) para analisar o desempenho do aluno, e BI-Directional Extension (BIDE) para identificar os caminhos de aprendizagem.

Quadro 3 - Ferramentas de Learning Analytics

Nome da ferramenta	Ambientes de aprendizagem suportados	Linguagem ou plataforma utilizada	Público da ferramenta
QMCU (Quiz My Class Understanding)	Interno	HTML5, jQuery Mobile, e ASP MVC4	Aluno
SCROLL	Interno	Não informada	Aluno
ATS (Artificial Intelligence Tutoring System)	Interno	Não informada	Professor
Class-on	Interno	Não informada	Professor
eLAT	Moodle, L ² P e Dynexite	.Net Framework	Professor
LAe-R (Learning Analytics Enriched Rubric)	Moodle	PHP	Professor
LeMO	Moodle, Clix e Chemgapedia	Java	Professor
Mapper	TelEduc	Java e PHP	Professor
Não informado	Moodle	PHP	Professor
Não informado	Open EDX	Python	Professor
Não informado	Não informado	Java e Javascript	Professor
Não informado	Não informado	PHP e Javascript	Professor
Não informado	Open EDX	Java e R	Professor
OME (Open Monitoring Environment)	Não informado	Não informada	Professor
SoftLearn	Moodle, Blackboard e ELGG	Não informada	Professor
Usalpharma Analytics Tool	Second Life	Python	Professor
VeLA	Moodle	Java	Professor
ALAS-KA (Add-on de Suporte a Learning Analytics na plataforma Khan Academy)	Khan Academy	Python	Ambos
Grockit analytics	Interno	Não informada	Ambos
Learning Analytics Backend Services	Go-Lab	Não informada	Ambos
Não informado	Não informado	Não informada	Ambos
Não informado	Não informado	Não informada	Ambos
SCALE	Moodle e Web-CAT	Não informada	Ambos

Fonte: Elaborado pelo autor

A solução de problemas relacionados à visualização dos dados é observada com o uso de linha do tempo em espiral, nuvem de tags semânticas, grafos de redes sociais, representação paralela de coordenadas, gráficos circulares divididos em segmentos e cores, e da disponibilização de relatórios e gráficos em dispositivos móveis. Enquanto a privacidade dos dados pode ser tratada através da criação de um hash de informações sensíveis do aluno utilizando o algoritmo Message-Digest 5 (MD5) de 128 bits.

Uma das características comumente citadas para a implementação de uma ferramenta de LA trata de sua arquitetura, que deve ser modular para permitir a adição de suporte a diferentes AVAs, e uma implementação possível encontrada utiliza programação MapReduce para processar a informação, MongoDB para armazenar os dados no formato de documentos, a linguagem de programação R para analisar os dados, o servidor web Shiny para permitir a visualização de dados, e um processo de engenharia de conhecimento com Web Ontology Language (OWL) e Resource Description Framework (RDF) para enriquecer as análises e representar o conhecimento.

Ainda, como alternativa aos ambientes de aprendizagem, foi proposto o uso das plataformas Open edX e Khan Academy, que disponibilizam cursos a distância na modalidade MOOC, sendo que esta última é hospedada na plataforma Google App Engine de processamento em nuvem.

5 Discussão, Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e revisão sistemática dos principais artigos identificados a partir das buscas efetuadas. Dos 90 selecionados foi verificado um recente aumento na publicação de trabalhos relacionados ao “Estudo de Caso”, assim como uma baixa quantidade envolvendo “Desenvolvimento de ferramentas para aluno” e ao “Estudo comparativo entre as ferramentas desenvolvidas”. Esses aspectos podem ser indicadores que essas duas últimas áreas estão pouco exploradas e podem ser abordadas em novas pesquisas a respeito das características de ferramentas de Learning Analytics.

Resumindo o obtido na revisão, tem-se que LA: possui diversas definições; é baseada em variadas áreas, dentre elas: Educational Data Mining, Sistemas de Recomendação e Aprendizagem Adaptativa Personalizada, Business Intelligence e Web Analytics; apresenta diversos processos que contemplam, por exemplo, as etapas de obtenção de dados e fatos brutos, fornecimento de significado a eles, análise e uso para atingir metas relacionadas a aprendizagem; apresenta as técnicas regressão, clustering, classificação e regras de associação como as mais utilizadas relativas a mineração de dados; existem técnicas de visualização específicas para cada tipo de informação a ser apresentada; permite fornecer aos alunos acesso direto aos dados sobre a sua avaliação e desempenho a partir de atividades realizadas no AVA; e possibilita criar modelos preditivos para indicar estudantes que se encontram em risco de evasão.

Observa-se ainda que as ferramentas de LA identificadas normalmente apresentam um objetivo específico e utilizam técnicas de LA e mineração de dados para atendê-lo, sendo possível perceber que algumas técnicas são complementares e podem ser avaliadas em conjunto. Também, do total de 23 ferramentas, somente 2 são direcionadas para uso exclusivo de alunos.

Como trabalhos futuros, sugere-se a análise das características das ferramentas encontradas, e a identificação das mais relevantes para a construção de uma ferramenta de LA com foco em feedback e auxílio no reforço da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

AGUDO-PEREGRINA, Ángel F. et al. Can we predict success from log data in VLEs? Classification of interactions for learning analytics and their relation with performance in VLEsupported F2F and online learning. **Computers in Human Behavior**, v. 31, p. 542-550, 2014.

CHATTI, Mohamed Amine et al. A reference model for learning analytics. **International Journal of Technology Enhanced Learning**, v. 4, n. 5-6, p. 318-331, 2012.

CONDE, Miguel Ángel et al. Exploring Student Interactions: Learning Analytics Tools for Student Tracking. In: **Learning and Collaboration Technologies**. Springer International Publishing, 2015. p. 50-61.

CORRIN, Linda; DE BARBA, Paula. How do students interpret feedback delivered via dashboards?. In: **Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics And Knowledge**. ACM, 2015. p. 430-431.

CRUZ-BENITO, Juan et al. Monitoring and feedback of Learning Processes in Virtual Worlds through analytics architectures: A real case. In: **Information Systems and Technologies (CISTI), 2014 9th Iberian Conference on. IEEE**, 2014. p. 1-6.

DO CARMO, Alisson Fernando Coelho et al. Information Visualization to support decision making in the context of distance learning: A study with VLE TelEduc. In: **Informatica (CLEI), 2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En. IEEE**, 2012. p. 1-9.

DUVAL, Erik. Attention please!: learning analytics for visualization and recommendation. In: **Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge**. ACM, 2011. p. 9-17.

DYCKHOFF, Anna Lea et al. Design and Implementation of a Learning Analytics Toolkit for Teachers. **Educational Technology & Society**, v. 15, n. 3, p. 58-76, 2012.

ELIAS, Tanya. Learning Analytics: **The Definitions, the Processes, and the Potential**. 2011.

FERNÁNDEZ, Gloria; MARIÑO, Olga. Visualization Improvement in Learning Analytics Using Semantic Enrichment. In: **State-of-the-Art and Future Directions of Smart Learning**. Springer Singapore, 2016. p. 493-503.

GOMES, Natália Fernandes; SERRANO, María José Hernández. Tecnologias e Modelos de Aprendizagem Emergentes no Ensino Superior. Propostas e Aplicações de Inovações. **Teoría de la Educación; Educación y Cultura en la Sociedad de la Información**, v. 15, n. 4, p. 134, 2014.

JORMANAINEN, Ilkka; SUTINEN, Erkki. An open approach for learning educational data mining. In: **Proceedings of the 13th Koli Calling International Conference on Computing Education Research**. ACM, 2013. p. 203-204.

KRÜGER, André; MERCERON, Agathe; WOLF, Benjamin. **A Data Model to Ease Analysis and Mining of Educational Data**. In: EDM. 2010. p. 131-140.

PEDRAZA-PEREZ, R.; ROMERO, C.; VENTURA, S. A Java desktop tool for mining Moodle data. In: **Proceedings of the 3rd Conference on Educational Data Mining**. 2011. p. 319-320.

PERNOMIAN, Viviane Araujo. **Visualização exploratória de dados do desempenho na aprendizagem em um ambiente adaptável**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ROMERO, Cristóbal; VENTURA, Sebastián. Educational data mining: a review of the state of the art. **Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on**, v. 40, n. 6, p. 601-618, 2010.

SERRANO-LAGUNA, Ángel et al. Tracing a little for big improvements: Application of learning analytics and videogames for student assessment. **Procedia Computer Science**, v. 15, p. 203-209, 2012.

WOLFF, Annika et al. Improving retention: predicting at-risk students by analysing clicking behaviour in a virtual learning environment. In: **Proceedings of the third international conference on**

learning analytics and knowledge. ACM, 2013. p. 145-149.

ZORRILLA, Marta E.; GARCÍA-SAlZ, Diego; BAlCÁZAR, José L. **Towards Parameter-free Data Mining: Mining Educational Data with Yacaree.** In: EDM. 2011. p. 363-364.