

Captura e Visualização da Trajetória de Aprendizagem do Aluno: um Mapeamento Sistemático

Eduardo José de Borba
PPGCA, UDESC - Universidade do
Estado de Santa Catarina
Joinville, SC, Brasil
eduardojoseborba@gmail.com

Isabela Gasparini
PPGCA e PPGECDT, UDESC
Universidade do Estado de Santa
Catarina, Joinville, SC, Brasil
isabela.gasparini@udesc.br

Daniel Lichtnow
Colégio Politécnico, UFSM
Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, RS, Brasil
dlichtnow@politecnico.ufsm.br

Marcelo S. Pimenta
PPGC, Instituto de Informática,
UFRGS - Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, Brasil
mpimenta@inf.ufrgs.br

José Palazzo M. de Oliveira
PPGC, Instituto de Informática,
UFRGS - Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, Brasil
palazzo@inf.ufrgs.br

ABSTRACT

Learning pathway is the path taken by the student within a particular discipline in a virtual learning environment. This information can be obtained by analyzing the data of the student's interaction with the environment. There are no systematic mappings of this area to assist and promote its research. This paper aims to investigate the students' learning path, understand the aspects related to the capture, visualization and its application in the teaching-learning process through a systematic mapping. In this research method research questions are defined, which will be answered at the end of mapping to give the researcher a better understanding of this particular area of knowledge.

RESUMO

A trajetória de aprendizagem representa o caminho percorrido pelo aluno dentro de uma determinada disciplina em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Essa informação pode ser obtida através da análise dos dados da interação do aluno com o AVA. Não existem mapeamentos sistemáticos sobre esta área que auxiliem e fomentem a sua pesquisa. Este artigo tem como objetivo investigar a trajetória de aprendizagem dos alunos, compreendendo os aspectos relacionados à captura, visualização e a sua aplicação no processo de ensino-aprendizagem por meio de um mapeamento sistemático. Nesse método de pesquisa são definidas questões de pesquisa, que serão respondidas ao final do mapeamento para dar ao pesquisador um melhor entendimento dessa determinada área do conhecimento.

Descrição de categorias e assuntos

• Information systems → Information systems applications → Data Mining

• Human-Centered computing → Visualization → Information Visualization

Palavras-chave

Trajetoira de aprendizagem; Ambiente Virtual de Aprendizagem; Mapeamento Sistemático

1. INTRODUÇÃO

A trajetória de aprendizagem está relacionada ao caminho que o aluno percorre dentro de uma determinada disciplina em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) [17]. Já caminho “é o

conjunto de passos dado pelo usuário ao interagir com o ambiente” [13].

A trajetória de aprendizagem percorrida pelo aluno contém informações importantes para serem utilizadas tanto pelo AVA quanto pelo professor. Para o professor a importância da trajetória está relacionada a identificar se a maioria dos alunos está percorrendo os objetos de aprendizagem na ordem desejada ou planejada [6]. Além disso, a trajetória de aprendizagem pode auxiliar o professor a compreender o comportamento do aluno e a identificar possíveis problemas em suas disciplinas [5]. Já para o AVA, capturar a trajetória de aprendizagem do aluno pode auxiliar em diversas tarefas, tais como na recomendação de materiais [16], na identificação de dependências entre conceitos de uma matéria [2], na atualização do perfil do usuário [11], adicionalmente é possível verificar se muitos alunos criam novas trajetórias de aprendizagem com bons resultados. Todas estas possibilidades permitem o aperfeiçoamento do material instrucional por uma melhor compreensão do comportamento dos alunos durante o processo de aprendizagem. Duas áreas oferecem recursos importantes para análise da trajetória de aprendizagem: *Web Analytics* e Visualização da Informação.

Web Analytics é um processo que envolve desde a coleta, medição, monitoramento e análise dos dados relacionados ao acesso às páginas web, até a elaboração de relatórios para entender a experiência dos usuários no sistema [8]. As técnicas de *Web Analytics* são essenciais para a captura da Trajetória de Aprendizagem do aluno, principalmente na etapa da extração de dados.

A Visualização da Informação é uma área que combina características de Computação Gráfica com outras áreas da computação para realizar representações manipuláveis de grandes quantidades de dados, transformando os dados em informações significativas [7]. As técnicas de Visualização da Informação colaboram para facilitar a interpretação de grandes quantidades de dados e podem ser utilizadas para representar as Trajetórias de Aprendizagem [6].

É possível constatar que compreender a trajetória de aprendizagem envolve o estudo de diferentes disciplinas, fato este que dificulta a compreensão da área. Neste sentido, não foram encontrados mapeamentos sistemáticos sobre trajetória de aprendizagem que auxiliem e fomentem pesquisas na área. O mapeamento sistemático é um levantamento de informações

realizadas de forma sistemática em artigos considerados primários. Nesse método de pesquisa são definidas questões de pesquisa, que são respondidas ao final do mapeamento e podem dar ao pesquisador um melhor entendimento de uma determinada área do conhecimento [14]. A partir disto este trabalho realiza um mapeamento sistemático sobre o tema trajetória de aprendizagem.

Este trabalho começa apresentando os trabalhos relacionados a este, ou seja, outros mapeamentos sistemáticos (ou revisões sistemáticas) no contexto de educação auxiliada por computador (Seção 2). Na sequência, a metodologia de mapeamento utilizada e as principais decisões desse trabalho, como as questões de pesquisa, os critérios de seleção, inclusão e exclusão (Seção 3). São apresentados os resultados finais dos artigos consolidados e as análises dos trabalhos a partir das questões de pesquisa (Seção 4). Finalmente, a seção 5 apresenta as considerações finais.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Muitos trabalhos de revisão da literatura estão sendo realizados recentemente na área de educação auxiliada por computador. Esses trabalhos buscam caracterizar determinadas áreas com relação a como tecnologias estão sendo aplicadas no contexto educacional.

Aguiar *et al.* [1] realizaram um mapeamento sistemático, utilizando a metodologia definida por Petersen *et al.* [14], que caracteriza as iniciativas brasileiras de sistemas de recomendação educacionais. Esse trabalho analisou 34 artigos de cinco eventos ou periódicos brasileiros. Analisando esses 34 artigos os autores puderam responder à suas questões de pesquisas, que são: (1) Como se deu a evolução histórica das publicações sobre SRE nos eventos e periódicos brasileiros sobre IE? (2) Em quais idiomas foram escritos os artigos publicados? (3) Quais são as instituições que mais publicaram estudos primários sobre SRE nos veículos brasileiros de publicação científica sobre IE? (4) Qual(is) o(s) usuário(s)-alvo das recomendações nessas iniciativas brasileiras? (5) Qual(is) o(s) recurso(s) educacional(is) recomendados nessas pesquisas? (6) Quais as técnicas de recomendação mais utilizadas em SRE no Brasil? (7) As pesquisas propostas contemplam uma etapa de avaliação?

Moissa *et al.* [10] realizaram um mapeamento sistemático no contexto de Learning Analytics, ou seja, a aplicação de técnicas de Web Analytics em AVAs. Essa é uma área relativamente nova na qual os dados gerados pelos alunos dentro e fora dos AVAs são analisados com o objetivo de melhorar o processo de ensino-aprendizagem [10]. Os autores buscaram responder as seguintes questões de pesquisa com esse mapeamento: (1) Quais são os tipos de dados? Qual a relação destes com o objetivo da análise? (2) Quais os métodos utilizados? Qual a relação entre os métodos e os objetivos? (3) Quais os usuários para os quais os resultados foram destinados? Qual a relação do público alvo com o objetivo da análise? (4) Quais as intervenções tomadas? Elas são automáticas, semiautomáticas, ou manuais? Qual a relação destas com o objetivo da análise?

Ramos *et al.* [15] descrevem uma revisão sistemática da literatura que identificar como as trajetórias de aprendizagem são representadas nos AVAs. Esse trabalho utilizou a metodologia Kitchenham [9] para revisões sistemáticas e analisou no total 76 artigos. Os autores chegaram à conclusão que o Grafo é a maneira mais utilizada para representar as trajetórias de aprendizagem.

Dentre os trabalhos de mapeamento sistemática (ou revisão sistemática) encontrados, o único realizado sobre as trajetórias de aprendizagem foi o de Ramos *et al.* [15]. Porém, apesar de o trabalho de Ramos *et al.* ter a mesma temática que esse

mapeamento, a revisão realizada é mais específica e explora apenas como a trajetória é representada nos AVAs. Como pode ser visto na seção a seguir, as questões de pesquisa desse mapeamento envolvem desde a captura, análise e visualização da trajetória de aprendizagem.

3. METODOLOGIA

Este trabalho segue o processo de mapeamento sistemático de Petersen *et al.* [14] que permite a estruturação da pesquisa de forma que possa ser replicada por outros pesquisadores. Essa metodologia define os passos essenciais para um mapeamento sistemático, que são as seguintes: (1) Definição das Questões de Pesquisa, (2) Condução da Busca por Artigos Relevantes, (3) Triagem dos artigos, (4) Categorização dos trabalhos, (5) Extração dos dados e mapeamento dos estudos. Os autores destacam a importância de transformar as informações obtidas no mapeamento em gráficos (e.g., gráfico de colunas, gráfico de bolhas, etc.) para facilitar a visualização e interpretação dessas informações.

A seguir são descritas as principais decisões do mapeamento apresentado neste trabalho.

3.1 Questões de Pesquisa

O mapeamento sistemático realizado teve como principais objetivos: identificar as técnicas mais utilizadas para capturar a trajetória; verificar se os autores utilizam técnicas de visualização para representar essas trajetórias; e as principais aplicações da trajetória. Com base nisso, foram definidas as seguintes Questões de Pesquisa (QP):

Tabela 1. Questões de Pesquisa.

QP1: A trajetória de aprendizagem do aluno é investigada em AVAs?
QP2: Como os AVAs capturam essa informação?
QP3: Que análises são realizadas? Q3.1: Quais técnicas são utilizadas?
QP4: Como é a visualização do caminho encontrado?
QP5: Quais as consequências para o processo de ensino-aprendizagem?

O objetivo dessas QP é entender como a trajetória de aprendizagem está sendo pesquisada e identificar possíveis métodos (ou algoritmos, ferramentas, etc.) que possam ser utilizados para implementar a trajetória de aprendizagem nos AVAs.

3.2 Palavras-chave

As Palavras-chave foram identificadas a partir das QP que desejamos responder. Essas palavras-chave compõem um argumento de busca que foi utilizado em diversos mecanismos de busca de artigos científicos para encontrarmos os artigos a serem analisados. Os mecanismos escolhidos foram: *ACM*, *Elsevier*, *IEEE*, *Scopus* e *Web of Science*, por serem os mais importantes na área de Ciência da Computação. O argumento de busca final, depois de diferentes testes realizados, é apresentado a seguir. Vale ressaltar que cada mecanismo de busca possui características e interfaces específicas quanto à forma de consulta e desta forma apresentamos aqui o argumento de busca genérico, independente do mecanismo utilizado.

Tabela 2. Argumento de busca.

```
Abstract: (("sequential pattern" OR
"navigation path") AND ("e-learning" OR
"learning" OR "education"))
```

Resumimos a pesquisa a encontrar artigos que tivessem em seu Abstract (resumo) referências a Trajetória de Aprendizagem e a AVA (ou e-learning). Para a escolha das palavras-chave, primeiramente fizemos uma vasta pesquisa bibliográfica, identificando artigos base para a pesquisa.

3.3 Critérios de Inclusão e Exclusão dos Trabalhos Retornados

Os Critérios de Inclusão (CI) definidos para os trabalhos retornados pelos mecanismos de busca são:

- CI1: Os trabalhos considerados para o mapeamento são artigos retornados ao executar o argumento de busca definido nos mecanismos de busca científica;
- CI2: Artigos relacionados a um mesmo trabalho são contabilizados em conjunto;
- CI3: Artigos relacionados à área educacional;
- CI4: Artigos que permitam responder, pelo menos, as QP referentes à captura e análise da Trajetória de Aprendizagem.

Os Critérios de Exclusão (CE) definidos para os trabalhos retornados pelos mecanismos de busca são:

- CE1: Eliminar artigos com menos de quatro páginas;
- CE2: Eliminar artigos que não sejam em inglês, devido ao maior impacto dos artigos nesse idioma;
- CE3: Eliminar artigos que não falem sobre a captura ou sobre a visualização do caminho do usuário em AVAs;
- CE4: Eliminar artigos repetidos, contabilizando apenas uma vez.

4. ANÁLISES E RESULTADOS

Após a extração dos artigos utilizando o argumento de busca definido e a aplicação dos CIs e CEs, eliminando também as repetições de artigos, dos 443 artigos iniciais, restaram 25 artigos consolidados (eliminando os repetidos) para realizar a análise. A Tabela 1 mostra a quantidade de artigos em cada etapa e em cada mecanismo de busca. No Apêndice A referenciamos todos os artigos recuperados pelo mapeamento.

Tabela 3. Resultados obtidos no mapeamento sistemático

Mecanismo	Resultados retornados	Artigos completos	Critérios de exclusão
ACM	8	7	4
Elsevier	41	29	7
IEEE	85	83	11
Scopus	219	44	9
Web of Science	99	27	6
Total	452	190	37
		Artigos consolidados:	25

Todos os trabalhos foram estudados para responder as QP definidas anteriormente. As análises realizadas são apresentadas a seguir.

4.1 ANÁLISES

Nesta subseção são apresentados as análises e os resultados para cada questão de pesquisa.

QP1: A trajetória de aprendizagem do aluno é investigada em AVAs?

Foram identificados 25 trabalhos que investigam a trajetória de aprendizagem do aluno. Apesar de não ser uma área de pesquisa consolidada, existem vários pesquisadores trabalhando com esse tema. No gráfico da Figura 1 podemos observar a distribuição dos artigos por ano.

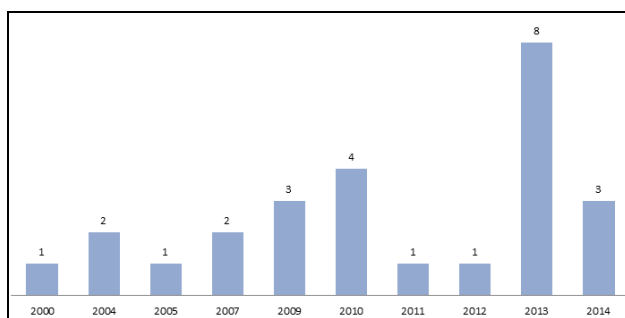


Figura 1. Distribuição de artigos por ano.

Apesar deste mapeamento não definir nenhuma restrição de ano de publicação, o artigo mais antigo encontrado foi do ano 2000. A partir desse ano surgiram outras publicações e no ano de 2013 ocorreu o maior número de publicações, com 8 artigos no total.

QP2: Como os AVAs capturam essa informação?

Foram consideradas três formas de capturar a trajetória de aprendizagem do aluno nos AVAs: através de logs, através de códigos embutidos no ambiente e através de análises de fóruns de discussões.

Os logs armazenam as requisições de páginas feitas pelo usuário ao servidor da aplicação. Esses logs podem estar armazenados em arquivos ou em bancos de dados, porém para a nossa pesquisa eles são tratados da mesma forma, pois a análise realizada é a mesma, independentemente do local de armazenamento.

Os códigos embutidos no ambiente estão relacionados à técnica de *page tagging*, onde scripts são adicionados à página web. Nesse caso, nem todos os ambientes descobertos são páginas Web, mas todos possuem características semelhantes de códigos embutidos, por isso estão relacionados na mesma categoria.

A análise de um fórum de discussão é uma técnica utilizada em apenas um dos trabalhos. Essa análise é realizada de maneira manual, onde um especialista deve ler o fórum de discussões e identificar as etapas do processo cognitivo de aprendizagem em que os alunos se encontram. Com esses dados gerados pelo especialista é possível então identificar a trajetória de aprendizagem dos alunos.

No gráfico apresentado na Figura 2 podemos verificar essa distribuição das técnicas utilizadas. É possível observar que as técnicas de *Log* são as mais utilizadas para a captura da trajetória,

enquanto na literatura autores afirmam que as técnicas de *page tagging* são as mais utilizadas em ferramentas de *Web Analytics* [3, 4]. Além disso, três trabalhos não explicaram como realizam a captura das informações, e um utiliza múltiplas formas, dependendo do AVA em que for aplicado, por isso a quantidade de artigos é maior que 25 na Figura 2.

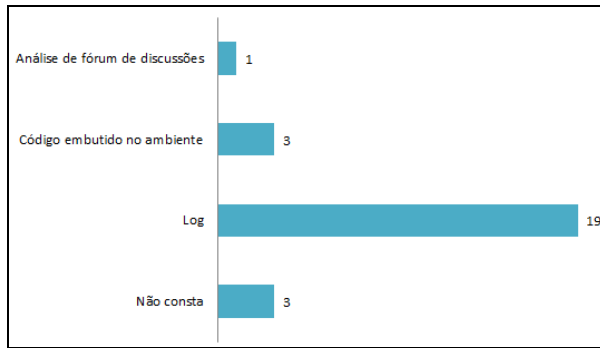


Figura 2. Técnica de captura utilizada.

QP3: Que análises são realizadas?

Cada um dos artigos estudados realizou algum tipo de análise sobre o a trajetória de aprendizagem capturada. Enquanto alguns dos trabalhos apenas utilizam o caminho percorrido por determinado aluno de forma simples, para permitir ao professor realizar as análises mais profundas de forma manual, outros já realizam essas análises automaticamente.

A análise mais considerada pelos trabalhos estudados foi a do caminho mais frequente (57%). Para alguns trabalhos o resultado dessa análise é apenas um caminho que foi percorrido pela maioria dos alunos, para outros é um conjunto de caminhos. Esses caminhos mais frequentes podem auxiliar ao AVA a prever os caminhos mais prováveis de serem realizados e, com isso, realizar recomendações para os alunos.

Outra análise bastante desenvolvida nos trabalhos, aparecendo em 14% dos artigos, é a análise do padrão de comportamento do aluno, auxiliando o AVA a identificar as preferências de acesso e realizar adaptações mais adequadas. No mesmo nível de utilização encontra-se a de comparação com outro caminho, para identificar se os alunos percorreram os caminhos esperados ou se realizaram determinadas tarefas pré-definidas pelo professor. No gráfico da Figura 3 podemos observar a distribuição das análises realizadas.

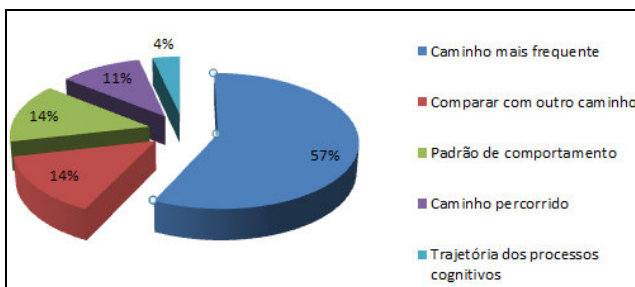


Figura 3. Análise realizada.

Q3.1: Quais técnicas são utilizadas?

Para realizar as análises relacionadas à questão 3, foram utilizadas algumas técnicas específicas. A grande maioria dos trabalhos utilizou técnicas de *Sequential Pattern*, como pode ser observado na Figura 4. Outras técnicas também foram levantadas, como as análises de log e geração da Cadeia de Markov para os caminhos mais frequentes.

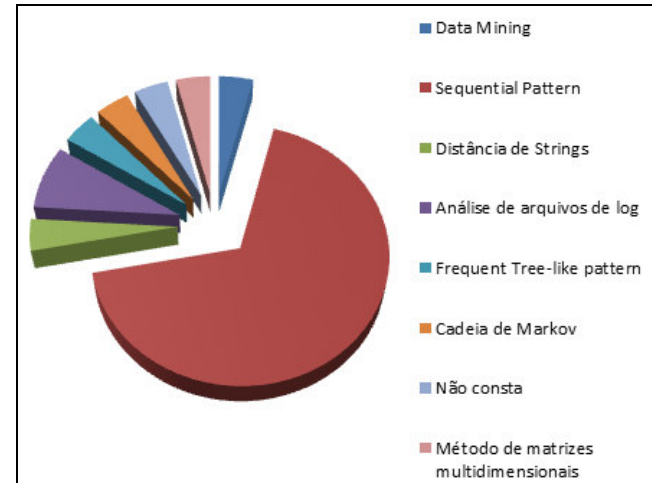


Figura 4. Técnica de Análise utilizada.

Para cada uma dessas técnicas de análise, existe um algoritmo relacionado. A técnica que mais interessa para análise é a de *Sequential Pattern*, pois foi a mais utilizada pelos trabalhos levantados. Essa técnica é dividida em duas abordagens [12]: *Candidate Generation-and-Test*, essa abordagem é uma extensão do algoritmo de descobrimento de regras de associação *Apriori*, satisfazendo a premissa “toda subsequência não vazia de uma sequência frequente como uma sequência frequente”; e *Pattern-Growth*, onde a mineração é realizada separadamente para cada sequência frequente com bancos de dados disjuntos com o propósito de reduzir o número de elementos. A Figura 5 apresenta um gráfico com os algoritmos utilizados pelos 19 trabalhos que utilizaram essa técnica.

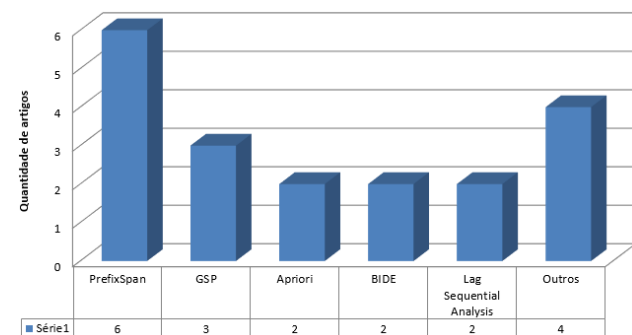


Figura 5. Algoritmo de *Sequential Pattern* Utilizado.

Podemos observar que o *PrefixSpan* é o algoritmo mais utilizado (em seis trabalhos), que utiliza a abordagem *Pattern-growth*. Seguido pelos algoritmos *GSP* (três trabalhos), *Apriori* (dois trabalhos) e *Bide* (dois trabalhos), que utilizam a abordagem *Candidate Generation-and-test*. O algoritmo *Lag Sequential*

Analysis aparece em dois dos trabalhos analisados e a categoria Outros representa três algoritmos que aparecem em apenas um trabalho cada e um trabalho que não especificou o algoritmo utilizado.

QP4: Como é a visualização do caminho encontrado?

Dos 25 artigos identificados, apenas um discute a visualização do caminho e realiza essa visualização de forma automática no AVA. Com isso, podemos chegar à conclusão de que, em geral, não é gerada visualização da trajetória de aprendizagem. Esse único trabalho que realiza a visualização da trajetória a faz através de uma representação de grafos. Dois tipos de visualizações estão disponíveis: (i) um grafo de atividade, para identificar as páginas acessadas e entender o comportamento do aluno; e (ii) grafos com as sequências de páginas mais frequentes, para entender como os alunos navegam pela disciplina.

Alguns dos trabalhos identificados realizavam algum tipo de visualização do caminho do aluno apenas para efeito de exemplificação e demonstração. Identificamos as principais formas que foram utilizadas para representar esse caminho e geramos o gráfico apresentado na Figura 6.

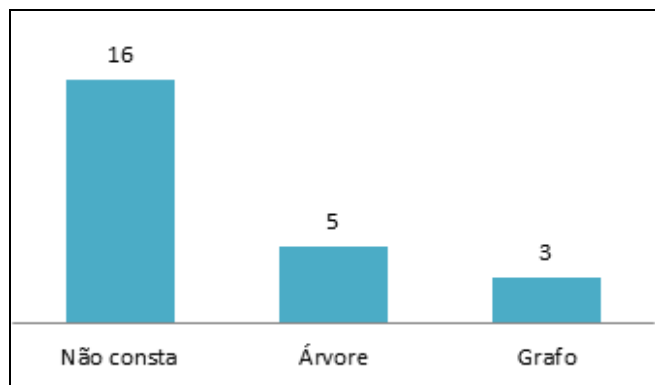


Figura 6. Técnica de Visualização Utilizada.

QP5: Quais as consequências para o processo de ensino-aprendizagem?

As consequências para o processo de ensino-aprendizagem dizem respeito a como a captura da trajetória de aprendizagem irá influenciar esse processo. Pode ser, por exemplo, através de uma melhor recomendação de materiais, tornando a aprendizagem mais efetiva, ou permitindo ao professor entender o comportamento do aluno, entre outras. No gráfico da Figura 7 podemos observar as consequências para o processo de ensino-aprendizagem identificadas em cada trabalho. Dois trabalhos estão relacionados a mais de uma consequência para o processo de ensino-aprendizagem, por isso no gráfico da Figura 7 aparece uma quantidade de artigos superior a 25.

As consequências identificadas são:

- Entender o perfil do aluno: na qual a trajetória de aprendizagem é mostrada ao professor para este entender o perfil de seus alunos;
- Recomendar materiais: através da trajetória de aprendizagem o AVA entende o comportamento, as preferências e necessidades do aluno e recomenda materiais que podem ser interessantes para ele;

- Avaliar disciplina ou ambiente: na qual o objetivo é avaliar se o design instrucional de uma disciplina foi proposto corretamente ou se um AVA está funcionando corretamente. Essa avaliação é feita através da trajetória de aprendizagem onde se analisa se o aluno percorreu a trajetória esperada;
- Validar uma proposta ou ferramenta: de forma semelhante à categoria anterior, o objetivo dessa categoria é avaliar a validade de um modelo ou ferramenta (e.g., ferramentas de gamificação). A avaliação feita através da trajetória de aprendizagem busca avaliar o quanto a nova ferramenta impactou na aprendizagem do usuário;
- Outros: representa duas categorias que apareceram em apenas um trabalho cada (Ajudar o aluno na resolução de problemas e Identificar dependências entre conceitos), além de representar também os trabalhos nos quais não foi possível concluir o propósito da trajetória.

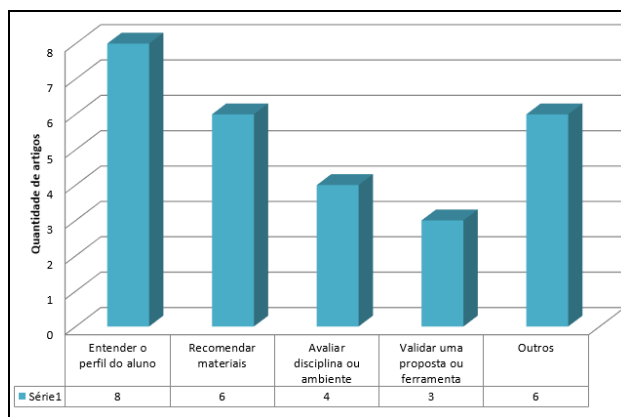


Figura 7. Resultado da captura da trajetória de aprendizagem.

As consequências mais frequentes nos trabalhos identificados foram relacionadas com o entendimento do perfil do aluno (8 trabalhos). As outras consequências estavam relacionadas a melhoria no processo de recomendação de materiais (6 trabalhos) e na avaliação de uma disciplina ou ambiente (4 trabalhos).

5. CONCLUSÃO

Esse trabalho realizou um mapeamento sistemático para entender o estado-da-arte das aplicações de Trajetórias de Aprendizagem em AVA. Esse mapeamento identificou 25 artigos sobre o tema em diversos mecanismos de busca científica.

Com esse trabalho foi possível constatar que pesquisas sobre a captura das trajetórias de aprendizagem dos alunos em AVA é um tema atual e com crescente presença nas publicações (em 2013 foram encontrados 8 trabalhos sobre o tema). Pela análise dos trabalhos identificados, a captura da trajetória é realizada em sua maioria utilizando técnicas de web logs, uma técnica onde os dados são extraídos de arquivos ou bancos de dados que armazenam as requisições do usuário ao servidor da aplicação [3].

Já a análise da trajetória realizada por esses trabalhos foi, em sua maioria, dos caminhos mais frequentes percorridos pelos alunos em um AVA. Para esta e outras análises foram utilizadas técnicas

de *Sequential Pattern*, que são técnicas de identificação de padrões para sequências de informações. Essa técnica se divide em duas abordagens, *Candidate Generation-and-Test* e *Pattern-Growth* [9], e empregam diversos algoritmos, sendo que o mais utilizado pelos trabalhos identificados o *PrefixSpan*, seguido pelo *GSP* e pelo *Apriori*. Chegamos à conclusão que, em geral, os trabalhos não abordam questões relacionadas à visualização da trajetória de aprendizagem. Apenas um dos trabalhos implementou, de forma automática, uma ferramenta desse tipo. Foi possível ainda observar que para representação de uma trajetória de aprendizagem são usados árvores e grafos.

Os trabalhos analisados realizam a captura da trajetória de aprendizagem com diferentes propósitos. Entender o comportamento do aluno foi um dos propósitos que mais apareceu, sendo que em alguns dos AVAs essa informação era também utilizada para caracterizar o perfil do aluno. A recomendação de materiais foi outro importante propósito, uma vez que a trajetória de aprendizagem auxilia a prever e recomendar os próximos passos do aluno.

Com essas informações reunidas por esse mapeamento, esperamos poder auxiliar outros pesquisadores na captura e no uso da trajetória de aprendizagem em AVA. Como trabalho futuro, pretendemos acrescentar a captura e a visualização da trajetória de aprendizagem em um AVA que já possui uma ferramenta de *Web Analytics* para a captura e análise dos dados dos alunos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Aguiar, J. J. B., Santos, S. I. N., Fachine, J. M., Costa, E. B. 2014. Um Mapeamento Sistemático sobre Iniciativas Brasileiras em Sistemas de Recomendação Educacionais. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pp. 1123-1132.
- [2] Aoki, S.; Saga, R.; Ichinotsubo, T.; Niu, W.; Tsuji, H. (2013) “Dependency Extraction from Growth Trajectory using Sequential Pattern”, *i-Know '13*, Graz, Austria.
- [3] Beasley, M. (2013) “Practical Web Analytics for User Experience”, USA, Elsevier.
- [4] Clifton, B. (2008) “Advanced Web Metrics with Google Analytics”. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc.
- [5] d’Aquin, M.; Jay, N. (2013) “Interpreting Data Mining Results with Linked Data for Learning Analytics: Motivation, Case Study and Directions”, *LAK '13*, Leuven, Belgium.
- [6] Fortenbacher, A.; Beuster, L.; Elkina, M.; Kappe, L.; Merceron, A.; Pursian, A.; Schwarzrock, S.; Wenzlaff, B. (2013) “LeMo: a Learning Analytics Application Focussing on User Path Analysis and Interactive Visualization”, 7th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications.
- [7] Gherson, N.; Eick, S. G.; Card, S. (1998) “Information Visualization”, Interactions, New York, NY, USA, v. 5, n. 2: 9-15.
- [8] Hasan, L.; Morris, A.; Proberts, S. (2009) “Using Google Analytics to Evaluate the Usability of E-commerce Sites”, HCII 2009, San Diego, EUA.
- [9] Kitchenham, B. 2004. Procedures for Performing Systematic Reviews. *Technical Report TR/SE 0401*, Department of Computer Science Keele University, Keele, Reino Unido.
- [10] Moissa, B.; Gasparini, I.; Kemczinski, A. Learning Analytics: um mapeamento sistemático. *Nuevas Ideas en Informática Educativa (TISE)*, 2014.
- [11] Mosharraf, M.; Taghiyareh, F.; Kharrat, M. (2013) “Equipping Children eLearning Systems with a Hybrid Personality Type Indicator”, 4th International Conference on e-Learning and e-Teaching, ICELET.
- [12] Nguyen, L.; Do, P. (2009) “Learning concept recommendation based on sequential pattern mining”, 3rd IEEE International Conference on digital ecosystems and technologies.
- [13] Palazzo, J.; Valdeni, J.; Krug, L.; Pernas, A. M.; Gasparini, I.; Fernández, A.; Díaz, A. (2014) “Adaptatividade geocultural em ambientes virtuais de aprendizagem”, *RIED* v. 17: 1, pp 83-109.
- [14] Petersen, K.; Feldt, R.; Mujtaba, S.; Mattsson, M. (2008) “Systematic Mapping Studies In Software Engineering”, 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE'08), pp. 68-77, ACM.
- [15] Ramos, D. B., Oliveira, E. H. T. de, Ramos, I. M. M., Oliveira, K. M. T. 2015. Trilhas de aprendizagem em ambientes virtuais de ensino-aprendizagem: uma revisão sistemática da literatura. *XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pp. 338-347.
- [16] Salehi, M.; Kamalabadi, I. N.; Ghouschi M. B. G. (2014) “Personalized recommendation of learning material using sequential pattern mining and attribute based collaborative filtering”, *Educ Inf Technol*, v. 19, pp. 713–735.
- [17] Schoonenboom, J.; Levene, M.; Heller, J.; Keenoy, K.; Turcsanyi-Szabo, M. (2007) “Trails in Education: Technologies that Support Navigational Learning”, Sense Publishers.

7. APÊNDICES

Apêndice A – Lista de artigos analisados.

Aoki, S., Saga, R., Ichinotsubo, T., Niu, W., Tsuji, H. 2013. Dependency Extraction from Growth Trajectory using Sequential Pattern. <i>i-Know '13</i> , Graz, Austria.
Bezdan, E., Kester, L., Kirschner, P. A. 2013. The influence of node sequence and extraneous load induced by graphical overviews on hypertext learning. <i>Computers in Human Behavior</i> , vol. 29, pp. 870–880.
Ceddia, J., Sheard, J., Tibbey, G. 2007. WAT– A Tool for Classifying Learning Activities from a Log File. <i>Ninth Australasian Computing Education Conference (ACE2007)</i> , Ballarat, Victoria, Australia.
Chen, T., Hsu, S. 2007. Mining frequent tree-like patterns in large datasets. <i>Data & Knowledge Engineering</i> , vol. 62, pp. 65–83.
Chen, W., Niu, Z., Zhao, X., LI, Y. 2014. A hybrid recommendation algorithm adapted in e-learning environments. <i>World Wide Web</i> , vol. 17, pp. 271–284.
d’AQUIN, M., Jay, N. 2013. Interpreting Data Mining Results with Linked Data for Learning Analytics: Motivation, Case Study and Directions. <i>LAK '13</i> , Leuven, Belgium.
Fortenbacher, A., Beuster, L., Elkina, M., Kappe, L., Merceron, A., Pursian, A., Schwarzrock, S., Wenzlaff, B. 2013. LeMo: a Learning Analytics Application Focussing on User Path Analysis and Interactive Visualization. <i>7th IEEE International Conference</i>

<i>on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications.</i>	<i>engineering</i> , vol. 21, no. 6.
Kuo, Y., Chen, J., Jeng, Y., Huang, Y. 2005. Real-time Learning Behavior Mining for e-Learning. <i>Proceedings of the 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI'05).</i>	Qin, X., Liu, Y. 2012. Matrix-Based Multidimensional Sequential Pattern Mining Algorithm and Application. <i>International Conference on Computer Science and Information Processing.</i>
Lin, P., Hou, H., Wu, S., Chang, K. 2014. Exploring college students' cognitive processing patterns during a collaborative problem-solving teaching activity integrating Facebook discussion and simulation tools. <i>Internet and Higher Education</i> , vol. 22, pp. 51–56.	Salehi, M. 2013. Application of implicit and explicit attribute based collaborative filtering and BIDE for learning resource recommendation. <i>Data & Knowledge Engineering</i> , vol. 87, pp. 130–145.
Lin, T., Duh, H. B., Li, N., Wang, H., Tsai, C. 2013. An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. <i>Computers & Education</i> , vol. 68, pp. 314–32.	Salehi, M., Kamalabadi, I. N., Ghouschi, M. B. G. 2014. Personalized recommendation of learning material using sequential pattern mining and attribute based collaborative filtering. <i>Educ Inf Technol</i> , vol. 19, pp. 713–735.
Luo, J., Dong, F., Cao, J., Song, A. 2010. A context-aware personalized resource recommendation for pervasive learning. <i>Cluster Comput</i> , vol. 13, pp. 213–239.	Salehi, M., Kamalabadi, I. S. 2013. Hybrid recommendation approach for learning material based on sequential pattern of the accessed material and the learner's preference tree. <i>Knowledge-Based Systems</i> , vol. 48, pp. 57–69.
Mosharraf, M., Taghiyareh, F., Kharrat, M. 2013. Equipping Children eLearning Systems with a Hybrid Personality Type Indicator. <i>The 4th International Conference on e-Learning and e-Teaching (ICELET).</i>	Scherly, D., Roux, L., Dillenbourg, P. 2000. Evaluation of hypertext in an activity learning environment. <i>Journal of Computer Assisted Learning</i> , vol. 16, pp. 125-136.
Nguyen, L., Do, P. 2009. Learning concept recommendation based on sequential pattern mining. <i>3rd IEEE international conference on digital ecosystems and technologies.</i>	Wang, W., Weng, J., Su, J., Tseng, S. 2004. Learning Portfolio Analysis and Mining in SCORM Compliant Environment. <i>34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.</i>
Nkambou, R., Fournier-Viger, P., Nguifo, E. M. 2011. Learning task models in ill-defined domain using an hybrid knowledge discovery framework. <i>Knowledge-Based Systems</i> , vol. 24, pp. 176–185.	Wu, H., Zhu, J., Zhang, X. 2009. The explore of the Web-based Learning Environment base on Web Sequential Pattern Mining. <i>International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering.</i>
Özyer, T., Alhaji, R., Barker, K. 2004. Multi-Dimensional Sequential Web Mining by Utilizing Fuzzy Inferencing. <i>International Conference on Machine Learning and Applications.</i>	Yang, C. C., Winston, F., Townes, A., Tang, X., Kassam-Adams, N. 2010. A study on the user navigation path of a web-based intervention program – AfterTheInjury.org. <i>IHI'10</i> , November 11–12, Arlington, Virginia, USA.
Perera, D., Kay, J., Koprinska, I., Yacef, K., Zaïane, O. R. 2009. Clustering and Sequential Pattern Mining of Online Collaborative Learning Data. <i>IEEE transactions on knowledge and data</i>	Zhou, M. 2010. Data Mining and Student e-Learning Profiles. <i>2010 International Conference on E-Business and E-Government.</i>