

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

DAVID BRITO RAMOS

**UMA FERRAMENTA BASEADA EM GRAFO PARA IDENTIFICAÇÃO E
VISUALIZAÇÃO DE TRILHAS DE APRENDIZAGEM**

Manaus

2016

DAVID BRITO RAMOS

**UMA FERRAMENTA BASEADA EM GRAFO PARA IDENTIFICAÇÃO E
VISUALIZAÇÃO DE TRILHAS DE APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas como requisito para obtenção do título de Mestre em Informática.

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do Governo do Estado do Amazonas por meio Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, com a concessão de bolsa de estudo.

Orientadora:

Profa. Dra. Elaine Harada Teixeira de Oliveira

Manaus

2016

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R175u Ramos, David Brito
Uma ferramenta baseada em grafo para identificação e
visualização de trilhas de aprendizagem / David Brito Ramos. 2016
101 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Elaine Harada Teixeira de Oliveira
Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do
Amazonas.

1. Trilhas de aprendizagem. 2. Grafo. 3. Moodle. 4.
Monitoramento. 5. Visualização de Informação. I. Oliveira, Elaine
Harada Teixeira de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



PODER EXECUTIVO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO



UFAM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Uma Ferramenta Baseada em Grafo para Identificação e Visualização de Trilhas de Aprendizagem"

DAVID BRITO RAMOS

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Professores:

Profa. Elaine Harada Teixeira de Oliveira - PRESIDENTE

Profa. Eulanda Miranda dos Santos - MEMBRO INTERNO

Prof. José Francisco de Magalhães Netto - MEMBRO INTERNO

Prof. Rogério Patrício Chagas do Nascimento - MEMBRO EXTERNO

Manaus, 04 de Abril de 2016

DEDICATÓRIA

Ao meus pais por todo amor e incentivo, por acreditarem em mim, por sempre me ajudarem naquilo que podiam e por todo o sacrifício que fizeram para que eu pudesse escolher o meu destino.

Ao meu irmão pelos momentos de diversão e descontração quando pude participar e pela compreensão de minha ausência necessária em muitas ocasiões.

À minha esposa por todo amor, apoio e compreensão. Que apesar do sacrifício de quando estávamos fisicamente distantes, estive sempre incentivando a minha decisão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que nos permite aprender com todas as situações em nossas vidas. Por Sua proteção de tudo aquilo que está alheio ao nosso controle.

Agradeço imensamente à minha orientadora, profa. Elaine, que acreditou em mim e que me guiou de forma doce e meiga, desconstruindo todo aquele mito do “terrível caminho do mestrado”. Por toda sua simplicidade e calma, que sempre será um exemplo para mim.

Agradeço à minha família pelo apoio e compreensão das inúmeras vezes que precisei me concentrar exclusivamente nas atividades do mestrado.

Agradeço aos amigos Jath, Elton, Wesley e Dhanielly que me receberam e me deram todo o suporte desde quando cheguei ao IComp. Agradeço também aos amigos Oziel, Isomar e Euler. Também ao Wanderlan, que me ajudou na reta final.

Assim como agradeço igualmente pela imensa amizade da Helen e da Priscilla, que surgiram como uma afetuosa benção no meu segundo ano de mestrado.

Por fim agradeço a minha esposa, pelo sacrifício de morarmos em cidades diferentes, no primeiro ano, e por acreditar em mim.

“Confie no Senhor de todo o coração e não se apoie na sua própria inteligência. Lembre de Deus em tudo o que fizer, e ele lhe mostrará o caminho certo.”

Provérbios 3:6

“Por que fazer depois, se posso fazer agora?”

Luiz Carlos Serrão Ramos. Meu pai.

RESUMO

A área de educação recebeu grandes benefícios com o uso da Internet e das mídias digitais. Por meio do uso de novas tecnologias, surgiram os ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), no qual discentes e docentes podem interagir de forma síncrona e assíncrona. A Educação a Distância (EaD) passou a utilizar o AVA como principal ferramenta para mediar a relação entre alunos, professores e conteúdo. No entanto, ele também tem sido utilizado como ferramenta de suporte no ensino semipresencial e até mesmo no presencial. Ambientes virtuais de aprendizagem coletam dados sobre os usuários que podem ser úteis para definir o perfil do aprendiz, o seu comportamento e identificar suas dificuldades e necessidades. Com isso, o docente, ou o próprio AVA, pode personalizar o aprendizado e manter um acompanhamento em tempo real. Uma das formas de monitoramento do aprendiz pode ser realizada por meio da observação das ações que ele executa dentro do sistema, sendo que essas formam caminhos que são conhecidos como Trilhas de Aprendizagem (TA). Nesse sentido, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que identificou como essas trilhas são representadas no AVAs. A vantagem no uso de trilhas de aprendizagem é que se trata de um monitoramento transparente, ou seja, sem solicitação de informações diretamente do aprendiz, os dados coletados tendem a corresponder o mais próximo possível da sua situação real. Este trabalho, portanto, descreve um modelo de identificação e representação de trilhas de aprendizagem que apresenta uma visualização de ações realizadas no AVA Moodle. O modelo extrai os dados contidos nos registros do banco de dados e utiliza a estrutura de grafos, como base, para modelar as informações sobre as trilhas de aprendizagem dos alunos e apresentá-las visualmente aos docentes e tutores. Para validar o modelo, um *plugin* que utiliza padrões da Web foi desenvolvido para o Moodle, onde foram investigadas suas possibilidades de uso e validação por meio de análise de diversos cenários reais e aplicação de questionário baseado no modelo de aceitação de tecnologia (TAM). O modelo proposto foi aplicado em duas disciplinas ofertadas pelo Instituto de Computação (IComp), durante o segundo semestre letivo do ano de 2015 e mostrou-se promissor em realizar o acompanhamento dos aprendizes por meio de uma ferramenta visual que auxilia na análise de comportamento por meio das trilhas de aprendizagem.

Palavras-chave: **Trilhas de aprendizagem, Grafo, Moodle, Monitoramento, Visualização de Informação.**

ABSTRACT

The Educational area has received great benefits with the use of internet and digital media. Along with new technologies, Virtual Learning Environments (VLE) emerged, in which students and teachers can interact synchronously and asynchronously. The Distance Education began to use the VLE as the main tool to mediate the relationship between students, teachers and content. However, it also has been used as a support tool in blended learning and even the presential teaching. Virtual Learning Environments collect data about users that can be useful to define the learner's profile, his/her behavior and identify their difficulties and needs. Thus, the teacher or the AVA itself can personalize learning and maintain a real-time monitoring. One way to perform a learner monitoring is by observing the actions that he/she takes within the system, these actions make paths that are known as learning paths. In this sense, a Systematic Review of the Literature (SLR) to identify how these paths are represented in VLEs was held. The advantage in the use of learning paths is the transparent monitoring, i.e. no information is requested directly from the learner, the data collected tend to match as close as possible to their actual situation. This work, therefore, describes a model for identification and representation of learning paths that presents a view of actions performed in the LMS Moodle. The model extracts the data stored in database records and uses the structure of graphs as a basis for modeling the information about the students learning paths and present them visually to teachers and tutors. In order to validate the model, a plugin that uses Web standards was developed for Moodle, where its possibilities of use were investigated and validated through analysis of several real scenarios and an application questionnaire based on the Technology Acceptance Model (TAM). The proposed model was applied in two courses offered by the Institute of Computing (ICOMP) during the second academic semester of the year 2015 and proved promising in carrying out the monitoring of learners through a visual tool that aids in behavior analysis through the learning paths.

Keywords: **Learning Paths, Graph, Moodle, Monitoring, Information Visualization.**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de Euler para o problema das sete pontes.....	24
Figura 2 – Resultado do Primeiro Filtro por Critério	33
Figura 3 – Resultado do Segundo Filtro por Critério	33
Figura 4 – Representação das trilhas de aprendizagem.....	34
Figura 5 – Nós das trilhas de aprendizagem.....	35
Figura 6 – Número de publicações por ano	36
Figura 7 – Uso de KB indicando a dificuldade (Resultados) e possíveis soluções (TAs).	40
Figura 8 – As TAs como processos e subprocessos.	41
Figura 9 – O OA i é pré-requisito de j.....	42
Figura 10 – Trilhas de Aprendizagem permitidas para alcançar a meta X do aluno.....	42
Figura 11 – Trilhas de aprendizagem.	43
Figura 12 – Ambiente aluno e ambiente administrador.	45
Figura 13 – Caminhos personalizados definidos previamente.	46
Figura 14 – Elementos principais do BPMN.....	47
Figura 15 – Trilha de Aprendizagem de aluno que não necessita de intervenção.....	47
Figura 16 – Trilha de Aprendizagem de aluno que necessita de intervenção.	48
Figura 17 – Visão geral da Trilha de Aprendizagem de um aluno.....	49
Figura 18 – Visualização geral e detalhada de uma TA.	50
Figura 19 – Exemplo 1 de representação gerada pelo eGraph.	51

Figura 20 – Exemplo 2 de representação gerada pelo eGraph.	51
Figura 21 – Arquitetura de trabalho	54
Figura 22 – Modelo de trilha de aprendizagem.....	55
Figura 23 – Camadas do LPGraph	60
Figura 24 – Camadas do LPGraph	61
Figura 25 – Bloco do LPGraph	62
Figura 26 – Tela do LPGraph.....	65
Figura 27 – Nível 1 das Trilhas de Aprendizagem.....	69
Figura 28 – Nível 2 das Trilhas de Aprendizagem.....	69
Figura 29 – Visualização de todos os recursos.....	70
Figura 30 – Visualização apenas dos recursos acessados.....	71
Figura 31 – Grafo com a opção ‘Exibir todas as arestas’ selecionada	72
Figura 32 – Grafo exibindo apenas as arestas mais usadas de cada vértice	72
Figura 33 – Grafo exibindo as arestas mais usadas por tipo (avanço, padrão, retorno)	72
Figura 34 – Grafo exibindo apenas as arestas menos usadas	73
Figura 35 – Opções para a seleção de dados.	75
Figura 36 – Parte da TA da turma de Engenharia Elétrica na disciplina de ICC	76
Figura 37 – Parte da TA da turma de Física na disciplina de ICC	76
Figura 38 – Parte da TA da turma de Ciência da Computação na disciplina de MD.....	77
Figura 39 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 1.....	78
Figura 40 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 2.....	78
Figura 41 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 3.....	78
Figura 42 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 4.....	79
Figura 43 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 5.....	79
Figura 44 – TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 1.....	80
Figura 45 – TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 2.....	80

Figura 46 – TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 3.....80

Figura 47 – TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 4.....80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Termos de busca	31
Quadro 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão	31
Quadro 3 – Geração das Trilhas de Aprendizagem.....	36
Quadro 4 – Principais locais de publicação.....	36
Quadro 5 – Abordagem da Pesquisa.....	37
Quadro 6 – Publicações que exibem as trilhas visualmente aos aprendizes e docentes.....	38
Quadro 7 – Comparação entre trabalhos de visualização de trilhas de aprendizagem.....	52
Quadro 8 – Comparação entre trabalhos de visualização de TAs e proposta.....	56
Quadro 9 – Questionário sobre o LPGraph.	89

LISTA DE SIGLAS

ACM	Association for Computing Machinery
AG	Algoritmo Genético
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Modelling Notation
CbKST	Competence-Based Knowledge Space Theory
CE	Critérios de Exclusão
CED	Centro de Educação a Distância
CI	Critérios de Inclusão
CMS	Course Management System
COW	Cooperative Open Workflow
CSS	Cascading Style Sheets
D3	Data-Driven Documents
DNA	Deoxyribonucleic acid
DOM	Document Object Model
EaD	Educação a Distância
EML	Educational Modeling Languages
HTML	Hypertext Markup Language
ICALT	International Conference on Advanced Learning Technologies
ICC	Introdução à Ciência dos Computadores
ICECS	International Conference on Electronics, Circuits and Systems
ICMCS	International Conference on Multimedia Computing and Systems
IDE	Integrated Development Environment
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineers
IJCNN	International Joint Conference on Neural Networks
IMS	IMS Global Learning Consortium
IMS QTI	IMS Question and Test Interoperability
IMS-LD	Learning Design
ITS	Intelligent Tutoring Systems
JSON	JavaScript Object Notation
KB	Knowledge Block
LaPES	Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software
LCMS	Learning Content Management System
LMS	Learning Management System

LPGraph	Learning Path Graph
MD	Matemática Discreta
Moodle	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
MySQL	My Structured Query Language
OA	Objetos de Aprendizagem
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphics
TA	Trilha de Aprendizagem
TAM	Technology Acceptance Model
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
URL	Uniform Resource Locator
VLE	Virtual Learning Environment
XPDL	XML Process Definition Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Definição do Problema	17
1.2 Objetivos.....	18
1.3 Justificativa	19
1.4 Organização do Trabalho	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 A Educação a Distância e os Ambientes Virtuais de Aprendizagem	21
2.2 Trilhas de Aprendizagem.....	22
2.3 Grafos	23
3 TRABALHOS RELACIONADOS	29
3.1 Revisão Sistemática	29
3.2 Trabalhos Relacionados a Trilhas de Aprendizagem	38
3.3 Representação Visual de Trilhas de Aprendizagem.....	44
4 PROPOSTA DE TRABALHO	53
4.1 Metodologia de Pesquisa	53
4.2 Arquitetura do Trabalho	53
4.3 Ferramentas Tecnológicas	56
5 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA	59
5.1 Lógica de Camadas no LPGraph	59
5.2 Escolha de Ferramentas de Desenvolvimento.....	60
5.3 O Bloco LPGraph	61
5.4 Tabelas Views.....	66
5.5 A Estrutura Simplificada dos Dados	66
5.6 Implementação da Representação Visual	68
6 CENÁRIOS DE APLICAÇÃO	74
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
REFERÊNCIAS	84
APÊNDICE A – VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA	88
ANEXO I – QUESTIONÁRIOS BASEADOS NO MODELO TAM	95

1 INTRODUÇÃO

O uso de recursos computacionais e tecnológicos é uma realidade cada vez mais presente na sociedade e contribui diretamente no campo da educação. Os cursos na modalidade de Educação a Distância (EaD), em que há a possibilidade do ensino sem a necessidade presencial e síncrona entre aluno e professor, receberam grandes benefícios com o uso da Internet e das mídias digitais. Entretanto, surgiram grandes desafios para essa modalidade de ensinar, não somente na questão do uso das tecnologias, mas também passou a ser exigida uma nova abordagem de ensino-aprendizado, com metodologias diferenciadas e acompanhamento especial do aluno. Busca-se até mesmo compreender o pensamento humano, como o cérebro aprende (COSENZA; GUERRA, 2011; SALLA, 2012), para tornar o processo educacional melhor, motivando o aprendiz em diversos momentos e de diversas maneiras como em França e Amaral (2013), que utilizam um ambiente de programação mais amigável, ou em Souza e Schneider (2013), que apresentam uma proposta do uso do Facebook no contexto educacional.

A EaD passou a utilizar os ambientes virtuais de aprendizagem ou ensino-aprendizagem (AVAs) como principal artifício para mediar a relação entre alunos, professores e conteúdo. Mas os AVAs também são utilizados no ensino semipresencial e até mesmo no presencial como ferramenta de suporte.

Visando a melhoria da experiência do aluno no uso dos AVAs, muito se tem pesquisado sobre o assunto, pois apesar do uso das tecnologias recentes, as pessoas, os projetos pedagógicos, a gestão, dentre outros fatores, são os que definem de fato a aprendizagem, segundo Moran, Masetto e Behrens (2013). Dessa forma, muitos trabalhos têm como foco tornar o aprendizado mais eficiente ou mais atraente por meio de da colaboração aluno-professor, aluno-aluno e aluno-AVA (PAES et al., 2013; GOMES; PIMENTEL, 2013; MÜLLER; SILVEIRA, 2013; CARNEIRO; GARBIN, 2013).

As informações sobre o aprendiz possibilitam que o docente faça o seu acompanhamento e também que o AVA possa ser personalizado de acordo com necessidades identificadas por meio dessas informações. Quando se trata em utilizar informações dos usuários, em geral, esses trabalhos apresentam ferramentas ou modelos baseados em dados pré-definidos e fornecidos explicitamente pelos mesmos.

Por exemplo, o UbiGroup, de Ferreira, Barbosa e Gluz (2013), apresenta um modelo de recomendação de Objetos de Aprendizagem (OA) levando em conta o agrupamento dos

perfis dos usuários (alunos) e o contexto onde eles estão inseridos. Porém a abordagem considera os dados predefinidos nos perfis dos usuários, realizando uma análise de similaridade entre perfis, mas não avaliando as ações dos usuários. Além disso, o trabalho apresenta a ideia de ‘Contexto’ que contém as informações referentes ao local, data, hora, posição geográfica e a atividade de ensino, mas elas não refletem o comportamento do usuário.

Outro trabalho, descrito em Müller e Silveira (2013), refere-se à ajuda por pares em ambientes colaborativos de ensino. Um usuário posta uma dúvida e então a ferramenta apresentada utiliza a correlação de Pearson, medida de relação entre duas variáveis quantitativas, para encontrar a melhor pessoa para respondê-la. Esta técnica usa informações fornecidas explicitamente, por meio de questionários, pelos usuários, professores que usam o Moodle, eles deveriam fornecer informações sobre os recursos e atividades utilizados, bem como o conhecimento de utilização, configuração e frequência de uso sobre cada um deles. Em Gomes e Pimentel (2013), é apresentada uma ferramenta que classifica o nível de aquisição de conhecimentos do aluno em básico, intermediário e avançado, usando dados coletados por meio de um formulário preenchido pelo próprio aprendiz.

Ferramentas que permitam a compreensão do comportamento do usuário podem ser aproveitadas para inferir padrões individuais ou coletivos e promover uma customização na relação com os alunos, melhorando suas experiências, além de auxiliar docentes e tutores no acompanhamento das ações dos aprendizes dentro dos ambientes virtuais.

Os trabalhos analisados, na Revisão Sistemática da Literatura, por Ramos e Oliveira (2015), apresentam sistemas adaptativos, onde os recursos de aprendizagem são ajustados seguindo as características pessoais do aluno, como perfil e estilo de aprendizagem, construindo, assim, um ambiente personalizado. Existem também AVAs que não adotam ou não possuem esta capacidade de personalização, porém, ainda assim, são apresentadas sequências de atividades definidas pelo professor ou professores, em uma ordem que visa facilitar ainda mais o aprendizado do aluno. As duas formas, descritas acima, de prover recursos e atividades aos alunos, possuem em comum a busca pela melhoria de aprendizado por meio das trilhas de aprendizagem (TAs).

Os sistemas de *e-learning* armazenam dados relevantes em registros que podem auxiliar na análise de como o aluno utilizou o ambiente virtual. A partir dessa utilização é possível desenhar a trilha de aprendizagem real, ou seja, o percurso que de fato o aluno realizou dentro do AVA.

Na EaD, o sucesso depende de um sistema eficaz de acompanhamento e avaliação (MOORE; KEARSLEY, 2011), mas esta afirmação pode se estender às demais modalidades de ensino. Para o acompanhamento, é preciso fornecer dados relevantes para identificar que ajuda é necessária para um aluno específico. Nesse contexto, a análise do comportamento do aluno e a coleta de informações, que permitam melhorias no aprendizado, também podem ser obtidas das trilhas de aprendizagem, porém, poucos trabalhos as relatam de forma visual aos professores para que eles possam avaliar as suas turmas.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Com o melhoramento das conexões e a ampliação do acesso à Internet, muitas pesquisas (PAES et al., 2013; GOMES; PIMENTEL, 2013; MÜLLER; SILVEIRA, 2013; CARNEIRO; GARBIN, 2013; FERREIRA; BARBOSA; GLUZ, 2013) têm voltado seus esforços para o melhoramento dos ambientes virtuais de aprendizagem. Para que estas mudanças de melhoria aconteçam, está claro que é necessário conhecer o aluno. Nesse sentido, muitas técnicas estão sendo aplicadas, entretanto, a maioria delas precisa explicitamente solicitar informações sobre o aluno diretamente com o mesmo, assim os dados coletados podem não corresponder à situação real em que ele se encontra. Outros trabalhos buscam monitorar, de forma transparente, as atividades dos alunos no intuito de encontrar padrões de comportamento que possam elucidar possíveis problemas ou melhoras no aprendizado. Dentro dessa última abordagem, uma forma de acompanhar o aluno é por meio da observação das trilhas de aprendizagem, porém poucos trabalhos buscam apresentar ao professor tais trilhas de forma visual.

Para Moore et al. (2011), uma das características para um bom monitoramento e avaliação, consiste em coleta de dados e sistema de relatório. Esse acompanhamento deve apontar sinais de alertas para um aluno individualmente, ou um grupo de um tutor, ou de uma região ou globalmente. O uso de trilhas de aprendizagem permite um acompanhamento transparente dos aprendizes, porém a própria identificação das trilhas é um fator de estudo, pois em geral, os trabalhos tratam as TAs de forma específica dentro de suas pesquisas com objetivo de fazer adaptações no ambiente virtual, em geral independente. Dessa forma, muitas técnicas são utilizadas, como por exemplo, o uso de grafos, redes neurais, agentes inteligentes, ontologias e outras. Além disso as unidades de aprendizagem também são representadas conforme cada trabalho como objetos de aprendizagem, atividades,

questionários, vídeos, chat, fórum, módulos, conceitos entre outros (RAMOS et al., 2015; RAMOS; OLIVEIRA, 2015).

Portanto, o problema abordado por esta pesquisa consiste em como permitir ao professor, que utiliza um AVA como ferramenta de trabalho, acompanhar seus alunos, de forma visual, utilizando as trilhas de aprendizagem e como defini-las a partir das informações disponíveis no próprio ambiente virtual.

1.2 OBJETIVOS

Com base nos estudos realizados sobre como as trilhas de aprendizagem são representadas no contexto dos ambientes virtuais de aprendizagem, foram propostos os objetivos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

A proposta deste trabalho é criar e validar um modelo de identificação e representação visual das trilhas de aprendizagem, baseado em grafos e fundamentado nas ações de interação de alunos utilizando o ambiente virtual de aprendizagem Moodle, capaz de auxiliar o docente/tutor no monitoramento de suas turmas.

1.2.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Identificar e extrair os dados referentes às trilhas de aprendizagem dos registros do Moodle;
- Desenvolver um modelo de grafo para as trilhas de aprendizagem;
- Representar visualmente as trilhas de aprendizagem por meio de grafos ao docente/tutor;
- Validar a contribuição da abordagem proposta para a atividade docente.

1.3 JUSTIFICATIVA

Esta proposta busca identificar e apresentar as trilhas de aprendizagem, uma vez que elas transparecem de forma natural o comportamento do aluno. A partir dessa identificação, pretende-se criar uma ferramenta que auxilie o professor nesse monitoramento.

A visualização dos caminhos dentro do AVA pode auxiliar o professor, de maneira simplificada, no monitoramento dos aprendizes, ao comparar a trilha que ele projetou àquela que efetivamente o aluno tem percorrido.

Por meio da visualização das trilhas de aprendizagem, como nos trabalhos de Adesina e Molloy (2011), Teutsch e Bourdet (2010), Schröck et al. (2010) e Cerezo et al. (2014), o professor pode ter uma visão geral e facilitada de sua turma, onde ele é capaz de relacionar aquilo que está vendo com o comportamento de cada aluno ou da turma em si.

Os trabalhos de Sitthisak, Gilbert e Albert (2013), Pires e Cota (2010), Vantroys e Peter (2003), Wisuttikul e Boonmee (2004) e Marquez et al. (2008) mostram que é possível utilizar informações sobre as trilhas de aprendizagem para a realização de ajustes nos AVAs conforme o modelo do aluno.

Assim, ao analisar as trilhas de aprendizagem, o professor pode compreender o comportamento dos alunos (BARNES, 2005), verificar suas contribuições no AVA (TEUTSCH; BOURDET, 2010; CERESO et al., 2014), o seu processo de aprendizagem (CERESO et al., 2014) e a maneira mais intuitiva é utilizando uma ferramenta visual.

Para Moore e Kearsley (2011), uma das características para um bom monitoramento e avaliação, consiste em coleta de dados e sistema de relatório. Esse acompanhamento deve apontar sinais de alertas para quando o sistema está inoperante ou abaixo das expectativas. Isso vale para um aluno individualmente, ou um grupo de um tutor, ou de uma região ou globalmente.

O uso de modelo de comportamento baseado em trilhas de aprendizagem caracteriza-se por fornecer informações sobre a interação do aluno com o AVA. As interações são coletadas dos registros do banco de dados que armazenam as ações do usuário não sendo necessária uma coleta de dados mais direta, como o preenchimento de pesquisas e questionários. As trilhas de aprendizagem representam de forma natural o comportamento do aluno, pois são criadas sem interferências diretas do professor (RAMOS et al., 2015; GUTIÉRREZ; PARDO; KLOOS, 2006). O professor pode, por meio desse modelo, perceber se o seu planejamento do curso ainda está adequado, pois sabe-se que o comportamento dos

alunos muda ao longo do tempo, pode também analisar as trilhas de aprendizagem juntamente com os resultados das avaliações e verificar se a tendência de comportamento da turma está sendo positiva ou não.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A sequência deste trabalho está organizada da seguinte forma: no Capítulo 2 é apresentado o referencial teórico, o Capítulo 3 apresenta os trabalhos relacionados, o Capítulo 4 descreve a proposta do trabalho, o Capítulo 5 discorre sobre o desenvolvimento da ferramenta proposta, no Capítulo 6 são apresentados os cenários de aplicação e no Capítulo 7, o trabalho é encerrado com as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta os conceitos relacionados ao contexto deste trabalho. Esses, facilitam a compreensão do restante do texto e estão diretamente ligados aos assuntos abordados durante a pesquisa. Educação a distância e ambientes virtuais de aprendizagem remetem ao contexto do trabalho, no qual encontram-se o foco da pesquisa que são as trilhas de aprendizagem. Grafo foi a modelagem conceitual norteadora para a estruturação das trilhas, por fim, a biblioteca utilizada para representar visualmente as trilhas de aprendizagem também é apresentada.

2.1 A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E OS AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

A Educação a distância (EaD) pode ser definida como um aprendizado planejado onde alunos e professores estão em locais diferentes interagindo por meio de alguma tecnologia, como meio de comunicação único ou principal, para transmitir informações (MOORE; KEARSLEY, 2011).

A princípio, a existência da EaD no Brasil parece recente, porém, segundo Kenski (2002), ela teve início por meio das rádios no Rio de Janeiro, onde, em 1923, cursos já eram transmitidos. Em sua evolução global, a EaD utilizou diferentes mídias e formas de comunicação como correspondência, multimídia, teleconferências e, agora, aulas transmitidas pela Internet (KNOLL, 2013).

Apesar disso, a regulamentação dessa modalidade de ensino somente ocorreu pela Lei de Diretrizes e Bases, que em seu artigo 80 diz: “O Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada” (BRASIL, 1996).

Atualmente, a EaD, por meio do uso da Internet, demanda por ferramentas especializadas para o fornecimento e gerenciamento do ensino a distância, essa demanda impulsionou o surgimento dos sistemas de *e-learning* e mais especificamente dos ambientes virtuais de aprendizagem.

Um Ambiente Virtual de Aprendizagem ou Ensino-Aprendizagem (AVA), também conhecido como LMS (*Learning Management System*) ou VLE (*Virtual Learning Environment*), de acordo com Ninoriya, Chawan e Meshram (2011) é uma ferramenta que permite o gerenciamento de cursos online, registro de alunos e a avaliação de seus resultados

de aprendizagem. Segundo Silva (2011), um AVA busca permitir a construção do conhecimento por meio da interatividade e interação entre pessoas ou grupos e não apenas disponibilizar conteúdo.

Existem muitos AVAs disponíveis atualmente: E-proinfo, Teleduc, Blackboard, eFront, Claroline, Sakai, Canvas, WebCT e Moodle são alguns exemplos. Existem AVAs pagos e gratuitos, e entre os gratuitos ainda existe aqueles que são de código aberto, como, por exemplo, o *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, mais conhecido como Moodle, que foi o AVA escolhida para esta pesquisa.

O Moodle é utilizado pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) em seus cursos ofertados pelo Centro de Educação a Distância (CED), ColabWeb e outros ambientes de aprendizagem. Em geral, o Moodle não exige conhecimentos de programação ou *Web Design*, ele requer apenas noção para a construção e manutenção dos cursos.

Existem diversas funcionalidades no Moodle, porém podemos condensá-las em: administração e gerenciamento de cursos, gerenciamento de notas dos aprendizes, gerenciamento de conteúdo como páginas Web, links para material externo ao AVA, arquivos multimídia e gerenciamento de atividades como fórum, chat, glossário e tarefa, por exemplo.

O Moodle suporta diversos formatos de curso, como por exemplo, semanal ou por tópicos, sendo este último mais comum. Para o conteúdo de um curso, podem ser adicionados o que o Moodle estabelece como recursos e atividades. Os recursos são conteúdos, em geral, estáticos, também chamados de materiais didáticos. As atividades são conteúdos que requerem uma participação mais ativa dos aprendizes, permitindo a interação entre eles e também podem ser utilizadas como ferramenta de avaliação pelo docente. Tarefas, chats, fóruns e questionários são exemplos de atividades.

2.2 TRILHAS DE APRENDIZAGEM

Segundo Tafner, Tomelin e Müller (2012), as trilhas de aprendizagem são:

‘Caminhos’ virtuais de aprendizagem, capazes de promover e desenvolver competências no que concerne ao conhecimento, à habilidade, à atitude, à interação, à interatividade e à autonomia. [...] Trilhas de Aprendizagem são caminhos flexíveis e alternativos para o desenvolvimento intelectual.

No contexto de desenvolvimento de ferramentas educacionais, nos trabalhos da literatura relacionados aos AVAs (RAMOS; OLIVEIRA, 2015), as trilhas de aprendizagem são consideradas sob dois pontos de vista:

1. A trilha é a sequência de conteúdo (material, recurso educacional, atividade, fórum, chat, entre outros) definida pelo professor, ao planejar a disciplina, e disponibilizada no ambiente virtual; ou
2. A trilha é aquela percorrida pelo aluno, durante a sua interação com recursos disponibilizados no ambiente virtual.

Trilhas de aprendizagem também são identificadas por sinônimos como: caminhos de aprendizagem, percurso de aprendizagem e em língua inglesa: *learning path*, *learning route*, *learning itineraries*.

Em geral, quando os trabalhos publicados abordam a criação de trilhas de aprendizagem personalizadas, assumem o ponto de vista dos professores. Quando os trabalhos abordam o monitoramento do comportamento dos alunos, dos seus níveis de conhecimento, então o ponto de vista considerado é o do estudante. No entanto, também são encontradas publicações que trabalham com os dois pontos de vista.

Neste trabalho, o termo trilhas de aprendizagem faz referência às trilhas percorridas pelo aluno, salvo se informado o contrário. Estas trilhas podem ser representadas de diversas maneiras (RAMOS; OLIVEIRA, 2015; RAMOS et al., 2015), mas a principal forma de representação são os grafos.

2.3 GRAFOS

Em computação, existem problemas que podem ser modelados como um conjunto de objetos que possuem relações entre si. Esses objetos, geralmente, possuem atributos semelhantes, mas com valores diferentes, caracterizando a particularidade de cada objeto. As relações entre os objetos representam algum tipo de conexão relevante, de forma que a análise mais importante é feita sobre conjunto.

Alguns problemas práticos como escolher a melhor rota de casa para o trabalho, criar um roteiro para visitar cidades turísticas de uma região, identificar as relações entre pessoas em uma rede social ou enviar dados via Internet, por exemplo, podem ser descritos como um conjunto de objetos e suas relações. Essa modelagem é conhecida como grafos.

A teoria dos grafos tem sua primeira ocorrência registrada no século XVIII, quando Leonard Euler resolveu o problema das sete pontes de Königsberg. A cidade, que atualmente se chama Caliningrado, é dividida em quatro partes pelo rio Pregel e possuía sete pontes para conectar as partes da cidade. A questão a ser respondida era se havia a possibilidade de uma pessoa percorrer a cidade passando por todas as pontes, mas começando e terminando no mesmo lugar. Ele representou cada porção de terra como um ponto e representou as pontes por meio de conexões entre os pontos. A Figura 1 apresenta a cidade de Caliningrado com suas sete pontes à época de Euler e o modelo que ele criou para representar cada porção de terra e as pontes em si.

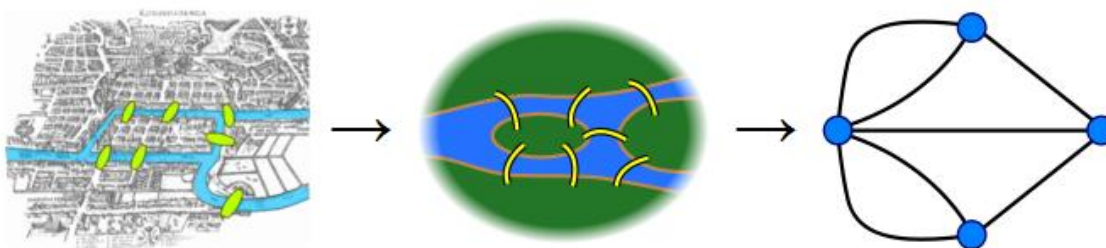


Figura 1 – Representação de Euler para o problema das sete pontes.

Euler mostrou que era impossível percorrer o caminho proposto. Ainda que tenha apresentado sua solução com clareza, o resultado em si, tratou-se de algo particular e que não despertou o interesse da comunidade científica da época, o problema considerado era apenas uma charada matemática e talvez por isso, ao longo dos 150 anos seguintes a Euler, poucos trabalhos foram apresentados (NETTO, 2011).

O desenvolvimento da teoria dos grafos, de fato, ocorreu recentemente, na segunda metade do século XX, por meio das aplicações a problemas de otimização organizacional. Dada a exigência do processamento complexo de muitas aplicações envolvendo grafos, observa-se que a evolução da teoria deve em muito ao surgimento do computador. Segundo Netto (2011), no Brasil, trabalhos relacionados a grafos foram inicialmente apresentados no I Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, em 1968.

2.3.1 Definição de grafos

James Joseph Sylvester, matemático inglês, em 1878, foi o teórico que utilizou pela primeira vez o termo grafo. Um grafo é constituído por um conjunto finito de vértices e um conjunto finito de arestas, representado na forma $G = (V, E)$, onde V (*vertex*) é o conjunto de

vértices e E (*edge*) o conjunto de arestas. Um vértice é um objeto que possui uma identificação e outros atributos, por sua vez, a aresta representa a ligação entre dois pares de vértices.

2.3.2 Características dos grafos

Os grafos possuem algumas características, das quais, as principais são descritas a seguir com o intuito de facilitar a compreensão do restante deste trabalho, que utiliza o grafo como estrutura de modelagem para as trilhas de aprendizagem, bem como a forma de representação visual escolhida.

Grafos possuem vértices que podem ser considerados adjacentes ou isolados. Um vértice é adjacente a outro se ambos estão ligados por uma mesma aresta, caso contrário ele é considerado como vértice isolado, ou seja, não possui arestas que o ligam a qualquer outro vértice.

Quando um vértice é ligado diretamente a outro por mais de uma aresta, diz-se que as arestas são paralelas. É possível também que uma aresta ligue um vértice a ele mesmo, neste caso ela é chamada de laço. O número de extremidades de arestas do vértice é tido como o grau de um vértice.

Ao percorrer uma sequência de vértices e arestas, obtêm-se um caminho. Dessa forma, o comprimento é medido pelo número de arestas que possui. Por exemplo, se um caminho possui quatro arestas, então, conseqüentemente ele tem comprimento quatro. O caminho gerador é um caminho que possui todos os vértices de um grafo.

Chama-se trajeto, o caminho que não possui arestas repetidas. Já o circuito, é o trajeto de um vértice v para ele mesmo. No ciclo, o trajeto também é de um vértice v para ele mesmo, porém o único vértice repetido é o próprio vértice v . Portanto, embora todo ciclo seja um circuito, nem todo circuito é um ciclo.

Circuito Euleriano é um circuito que passa por todos os vértices e exatamente uma única vez em cada aresta. O Circuito Euleriano deve passar por todas as arestas e podem passar mais de uma vez no mesmo vértice.

Ciclo de Hamilton ou ciclo hamiltoniano é um ciclo que contém todos os vértices de um grafo. O ciclo de Hamilton passa uma única vez em cada aresta do grafo, exceto a aresta de partida, pois é a mesma de destino.

2.3.3 Tipos de grafos

Existem diversos tipos de grafos, a seguir são descritos alguns. Acíclico, como o nome diz, é um grafo que não possui ciclos. Quando não possui arestas paralelas e nem laços ele é considerado simples. Um grafo conexo é um grafo onde existe um caminho de qualquer vértice para todos os outros vértices. Quando o sentido da relação entre os vértices é relevante, ela é representada pela aresta então tem-se um grafo direcionado, pois possui arestas direcionadas, caso contrário o grafo é chamado de não direcionado. As arestas de um grafo além de poderem indicar um sentido na relação entre os vértices também podem indicar a sua importância por meio de um peso ou valor associado, nesse caso o grafo é dito como ponderado ou valorado. Da mesma forma que conjuntos podem ter subconjunto, um grafo G pode conter um subconjunto chamado subgrafo, onde os conjuntos de vértices e arestas são subconjuntos de G .

Um grafo é dito completo quando todos os vértices são adjacentes a todos os demais vértices (não há laços). Já um grafo bipartido pode ter seus vértices divididos em dois conjuntos disjuntos e não vazios, e cada vértice de um conjunto possui vértices adjacentes somente no outro conjunto. Existe um caso especial chamado de bipartido completo que ocorre quando o grafo bipartido possui todos os vértices de um conjunto adjacentes a todos os vértices do outro conjunto.

Dados dois grafos $G_1 = (V_1, E_1)$ e $G_2 = (V_2, E_2)$, eles são isomorfos se existirem duas funções bijetoras tais como $f_1: V_1 \rightarrow V_2$ e $f_2: E_1 \rightarrow E_2$ tal que o par $\{f_1(u), f_1(v)\}$ seja uma aresta de G_2 se, e somente se, $\{u, v\}$ for uma aresta de G_1 . Outro tipo de grafo é o planar que pode ser desenhado em um plano sem que nenhuma de suas arestas sofram intersecção. Já os grafos homeomorfos são aqueles que podem ser obtidos de um mesmo grafo por meio de sequência de subdivisões básicas, onde dado uma aresta na forma $\{x, y\}$, sendo x e y vértices, ela é substituída por duas novas arestas $\{x, v\}$ e $\{v, y\}$ adicionando-se um novo vértice.

2.3.4 Estrutura de dados em grafos

Dependendo do objetivo, os grafos podem ser representados basicamente de duas formas: matriz de adjacências e listas de adjacência. A adoção da estrutura irá depender da

necessidade do algoritmo a ser implementado. Nesse caso, precisam ser avaliados o tempo das operações que serão mais utilizadas e o custo de memória para armazenar todo o grafo.

A estrutura matricial armazena a adjacência entre vértices, ela pode representar grafos direcionados ou não direcionados, mas não permite armazenar informações detalhadas sobre os vértices. É uma estrutura bastante simples, consistindo-se de uma matriz $|V| \times |V|$ onde $|V|$ é o número de vértices do grafo. Para cada posição dada por (i, j) pertencente à matriz, atribui-se o valor 0 quando não há relação (aresta) entre os vértices i e j , ou 1 caso haja ligação. A atribuição de valores também pode seguir uma lógica projetada por quem utiliza a matriz, como, por exemplo, atribuição de pesos (valores maiores que 0). Na maioria dos casos, a alocação de memória é maior que o necessário, porém operações como verificar se dois vértices são adjacentes, adicionar e remover arestas possuem complexidade $O(1)$ (TEIXEIRA, 2011). O uso de matriz de adjacências é recomendado para grafos densos, onde $|E|$ tende a $|V|^2$ (CORMEN et al., 2002).

Listas de adjacências armazenam somente as arestas existentes no grafo, reduzindo o consumo de memória. Elas podem ser encadeadas ou duplamente encadeadas utilizando uma combinação de um vetor para os vértices e, portanto, de tamanho $|V|$ e listas de arestas associadas a cada vértice. Segundo Cormen *et al.* (2002), é a representação preferida para grafos esparsos ($|E|$ é bem menor que $|V|^2$), além disso, listar arestas se torna linear. A desvantagem, segundo (TEIXEIRA, 2011), reside no fato de o consumo de memória poder ser maior que o tamanho de uma matriz de adjacências, no caso de grafos densos, além disso, é recomendável utilizar listas de adjacência somente para grafos que não sejam alterados frequentemente.

2.3.5 Aplicação de grafos

Grafos podem ajudar em muitas áreas de pesquisa e aplicações como: compostos químicos, estruturas de proteínas, controle de fluxo, esquematização de linhas de produção de uma fábrica, fluxo de tráfego, análise de fluxo de trabalho, análise de redes sociais, segmentação de imagens, definição de rotas de navegação, mapeamento da rede mundial de computadores, rede de vias de uma cidade, rede de distribuição elétrica, pesquisas sobre DNA, ligação entre páginas da Web. Estruturas como árvore, fila encadeada, são na verdade grafos em domínio mais específico.

Algumas linguagens possibilitam a representação de grafos em páginas Web como, por exemplo, *JavaScript* que possui a capacidade de manipular a estrutura das páginas, adicionando ou removendo elementos dinamicamente. Para facilitar a programação é comum em *JavaScript* o uso de bibliotecas como jQuery ou Data-Driven Documents (D3), sendo essa última utilizada neste trabalho. O D3 é apresentado na seção 0, sobre ferramentas tecnológicas.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Após a escolha do tema de pesquisa, foi realizada uma revisão da bibliográfica nos moldes da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), seguindo as orientações de Kitchenham (2004). Ela constitui base fundamental deste trabalho. A seguir, é apresentado um resumo dos resultados da RSL de Ramos e Oliveira (2015) e alguns trabalhos relacionados, aqueles fortemente relacionados à representação visual de trilhas de aprendizagem, estão em uma seção especial.

3.1 REVISÃO SISTEMÁTICA

Um estudo aprofundado sobre trilhas de aprendizagem foi realizado por meio de uma RSL, cujo resultado completo está registrado em Ramos e Oliveira (2015). A revisão sistemática buscou identificar como as trilhas de aprendizagem são representadas, uma vez que elas descrevem de forma natural o comportamento do aluno.

A revisão pode ser classificada como uma revisão *quasi*-sistemática, uma vez que não houve comparações entre publicações, pois buscou-se realizar uma pesquisa exploratória. Os trabalhos relacionados foram encontrados durante a revisão *quasi*-sistemática, sendo que a questão principal era saber como as trilhas de aprendizagem são representadas nos AVAs e se existiam representações visuais para professores e alunos. Durante o processo da RSL utilizou-se uma ferramenta especialmente para este fim, chamada *StArt*, desenvolvida na Universidade de Federal de São Carlos, pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) e está disponível no endereço lapes.dc.ufscar.br. A versão 2.0 do *StArt* foi utilizada para auxiliar o processo de revisão, embora já existissem versões mais recentes do programa (a versão mais atual 2.3.4.2), eles apresentaram alguns erros que impediam sua utilização.

3.1.1 Objetivo e questão de pesquisa

O objetivo da RSL foi identificar como as trilhas de aprendizagem são representadas dentro dos sistemas *e-learning* e se existe uma representação visual dessas trilhas para os professores e alunos. A descrição do objetivo conforme o paradigma *Goal-Question-Metric* de Basili, Caldiera e Rombach (1984), pode ser observada abaixo:

Analisar publicações científicas por meio de um estudo baseado em revisão sistemática, **com o propósito de** identificar como são representadas as trilhas de aprendizagem em Ambientes Virtuais de Aprendizagem **com relação à** representação dessas trilhas para os sistemas, professores e alunos **do ponto de vista dos** pesquisadores **no contexto** acadêmico ou industrial.

A RSL buscou responder à questão principal: *como as trilhas de aprendizagem são representadas dentro dos sistemas de e-learning?*

3.1.2 Método de busca das publicações

Para a revisão sistemática, apenas fontes digitais foram consideradas para consulta, sendo estas: a *IEEE Computer Science Digital Library* (<http://ieeexplore.ieee.org>); e a *Scopus* (<http://www.scopus.com>). A *Scopus* destaca-se por armazenar publicações de diversas fontes como, por exemplo: *Springer, ACM, ScienceDirect/Elsevier, British Computer Society*.

Para a realização das buscas utilizou-se máquinas de buscas específicas, das fontes selecionadas, sendo consultados os conjuntos de palavras-chave pré-estabelecidos na pesquisa. Quando as publicações não puderam ser obtidas por meio das máquinas de buscas, os autores eram contatados via portal ResearchGate (researchgate.net) e e-mail.

3.1.3 Expressão de Busca

A expressão de busca foi definida após a execução de diversos testes, auxiliados com base em artigos de controle, composta por palavras-chave que representam a população (P) e a intervenção (I), maiores detalhes estão descritos em Ramos e Oliveira (2015). A composição básica da expressão de busca possui a seguinte estrutura: (P) AND (I). Para a busca na Scopus, as aspas (“”) foram substituídas por chaves ({}), conforme orientação obtida na própria máquina de busca. Além disso, para ambas as fontes, os plurais das palavras-chave também foram utilizados.

Como a maior parte dos trabalhos, voltados ao tema pesquisado, é publicada em língua inglesa, o Inglês foi o idioma estabelecido no protocolo da revisão para que se realizasse a pesquisa. Dessa forma, a população é descrita por um conjunto de palavras relacionadas a *Learning Management Systems* e *e-learning*, enquanto a intervenção descreve

palavras relacionadas a *Learning Path*. A Tabela 1, a seguir, apresenta as palavras-chave da expressão de busca.

Quadro 1 – Termos de busca

População
"learning management system", "learning management systems", "lms", "virtual learning environment", "virtual learning environments", "vle", "course management system", "course management systems", "intelligent tutoring system", "intelligent tutoring systems", "coaching assisted system", "coaching assisted systems", "moodle", "distance course", "distance education", "distance learning", "distance training course", "online learning", "distance courses", "distance training courses", "e-learning framework", "e-learning system", "e-learning systems", "e-learning module", "e-learning modules", "e-learning recommender system", "e-learning recommender systems", "e-learning program", "e-learning programs", "e-learning adaptive system", "e-learning adaptive systems", "e-learning path", "e-learning paths", "e-learning setting", "e-learning settings", "distant learning system" e "distant learning systems"
Intervenção
"learning path", "learning itinerary", "learning route", "learning workflow", "individual path", "learning paths", "learning itineraries", "learning routes", "learning workflows" e "individual paths"

3.1.4 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão (CI) e de exclusão (CE), listados no Quadro 2, foram elaborados a partir dos artigos de controle. Para que uma publicação fosse aceita, ela deveria estar de acordo ao menos com um CI, mas também não ser encaixado em nenhum CE. As publicações que se enquadravam, em ao menos um critério de exclusão, eram eliminadas da pesquisa.

Quadro 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão
(CI1) Artigos que apresentem representações de modelos, visuais ou não, sobre trilhas de aprendizagem.
(CI2) Artigos que apresentem propostas de adaptação de trilhas de aprendizagem em ambientes virtuais.
Critérios de Exclusão
(CE1) Não serão selecionadas publicações em que as palavras-chave da busca não apareçam no título, resumo e/ou palavras-chave.
(CE2) Não serão selecionadas publicações em que as siglas equivalentes não signifiquem: LMS - “Learning Management System, VLE – “Virtual Learning Environment”.
(CE3) Serão excluídas publicações que não tem disponibilidade de conteúdo para leitura (por exemplo, onde os trabalhos são pagos ou não disponibilizados pelas máquinas de buscas).
(CE4) Artigos que apenas apresentam relatos de experiência de algum modelo, técnica ou ferramenta.

(CE5) Artigos que apenas citam sistemas de e-learning (LMS, VLE, etc.), mas não o abordam como foco principal.

(CE6) Não serão selecionadas publicações que não relacionam Trilhas de Aprendizagem e Ambientes Virtuais de Aprendizagem (LMS, CMS, ITS, LCMS).

(CE7) Não serão selecionadas publicações que apresentam ambientes virtuais de aprendizagem, mas não descrevam trilhas de aprendizagem.

(CE8) Não serão selecionadas publicações que descrevam trilhas de aprendizagem, mas não relacionados a ambientes virtuais de aprendizagem.

3.1.5 Extração de Dados

Foram extraídos dados básicos da publicação como título, autores, local de publicação, ano de publicação, palavras-chave e também dados relativos às características que auxiliaram na resposta da questão de pesquisa e também na caracterização das publicações. São eles: técnicas utilizadas no trabalho, ambiente virtual utilizado, tipo AVA, público-alvo no trabalho, abrangência do trabalho, tipo da pesquisa, momento de criação das trilhas de aprendizagem, como as trilhas são representadas, se a ferramenta da publicação apresentada recomenda trilhas de aprendizagem e quais os nós das trilhas.

3.1.6 Condução de Revisão

Após o processo de planejamento da revisão, realizou-se a fase de execução. É importante informar que a execução da expressão de busca ocorreu em junho de 2014. Primeiramente, os estudos preliminares foram identificados por meio da execução da expressão de busca. Ao todo foram retornados 279 artigos, sendo 201 artigos da base da Scopus e 78 da base da IEEE, os 60 trabalhos duplicados foram identificados posteriormente via software e revisão manual, portanto foram analisadas, no primeiro filtro, 219 publicações.

No primeiro filtro, os trabalhos foram analisados de acordo com o título, resumo e palavras-chave. Publicações cujo conteúdo para leitura não pode ser obtido diretamente da fonte de pesquisa (Scopus e IEEE), foram pesquisadas via máquina de busca (*google.com*) e/ou quando possível, os autores eram contatados via e-mail ou pelo portal *researchgate.net*. Esgotando-se as possibilidades, os trabalhos foram classificados conforme critérios estabelecidos na fase de planejamento. A Figura 2 apresenta o número de trabalhos aceitos, duplicados ou reprovados por critério.

Na fase do Segundo Filtro, somente os 127 trabalhos aceitos na fase anterior foram lidos na íntegra. Também foram adotados os mesmos critérios de inclusão e exclusão do primeiro filtro. Portanto, ao todo 76 trabalhos foram aceitos nesta última fase e formaram a base para a extração de dados. A Figura 3 mostra o resultado da aplicação do segundo filtro.

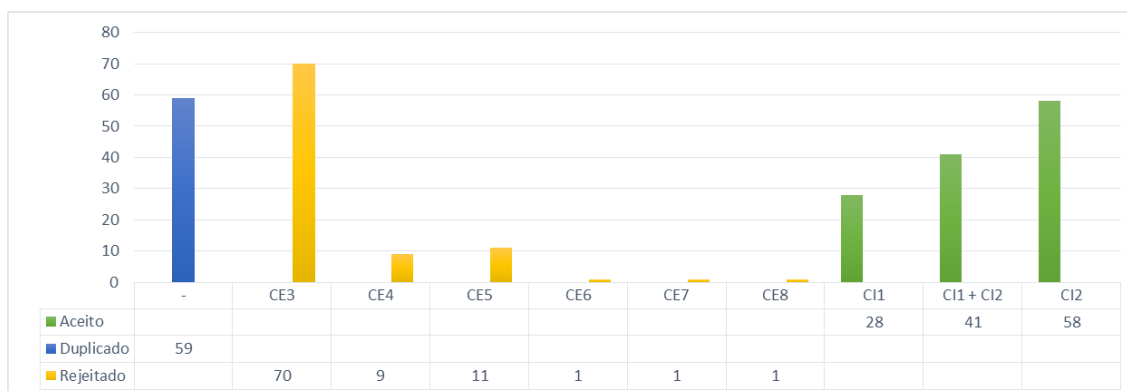


Figura 2 – Resultado do Primeiro Filtro por Critério

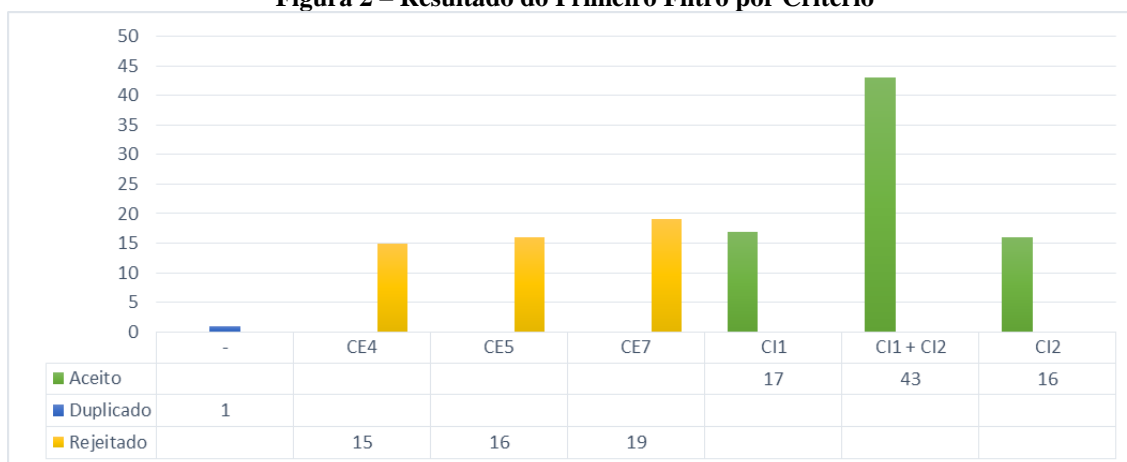


Figura 3 – Resultado do Segundo Filtro por Critério

3.1.7 Análise e Discussão dos Dados

A partir dos dados das publicações aceitas foi possível estabelecer como as trilhas de aprendizagem são representadas nos ambientes virtuais, quais nós as compõem, em que momentos são geradas e se há recomendação de trilhas de aprendizagem.

Os métodos de representação de trilhas de aprendizagem mais utilizados são Grafos (39,47%) e Sequenciamento (30,26%). Trabalhos que utilizam grafos podem explorar uma flexibilização em tempo real da aprendizagem. O aprendiz pode, ao longo de todo o processo de estudo e em cada parte dele, mudar suas características e isso pode ser avaliado constantemente em seu perfil. Já o sequenciamento implica que, em um determinado intervalo do curso, o aprendiz deverá percorrer uma sequência de atividades que não poderá ser

mudada, ou seja, o aluno é avaliado periodicamente, mas somente entre as sequências. Com isso, as características como conhecimento adquirido, estilo de aprendizagem, perfil cognitivo e outros dados sobre o aprendiz sejam atualizados e utilizados como parâmetros para a geração da sequência de atividades seguintes. A Figura 4 apresenta todas as representações de trilhas de aprendizagem encontradas na revisão.

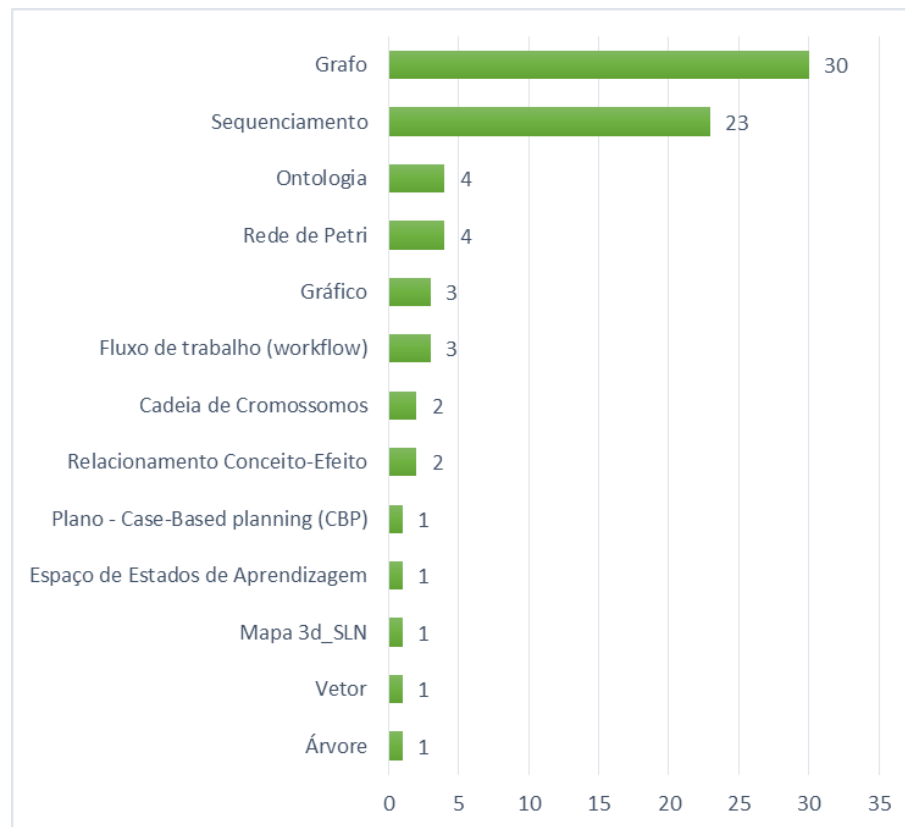


Figura 4 – Representação das trilhas de aprendizagem

Os termos mais citados com relação aos nós das trilhas de aprendizagem são: Objetos de Aprendizagem (OA), Conceitos, Módulos e Atividades. Observa-se que esses nós mais citados possuem uma visão macro do processo de aprendizagem, assim não representam especificamente um recurso, mais sim um agregado de recursos estáticos e/ou dinâmicos representados de forma única. Uma atividade envolve, por exemplo, o contato com os conhecimentos teóricos e a aplicação em um ou mais exercícios.

A Figura 5 apresenta todos os termos citados nas publicações analisadas, com destaque para dois trabalhos que citam a intervenção do professor/tutor como um nó da trilha de aprendizagem. Caso a publicação tenha afirmado trabalhar com OA e descreve alguns destes, por exemplo, como fóruns, vídeos e tarefas então os nós das trilhas de aprendizagem são registrados na extração de dados como dos tipos OA, fóruns, vídeos e tarefas e não apenas como OA. A mesma ideia vale para Conceitos, Módulos e Atividades. Esta forma de registro

foi necessária por causa dos diferentes níveis de detalhes das publicações que não podem ser desconsiderados.

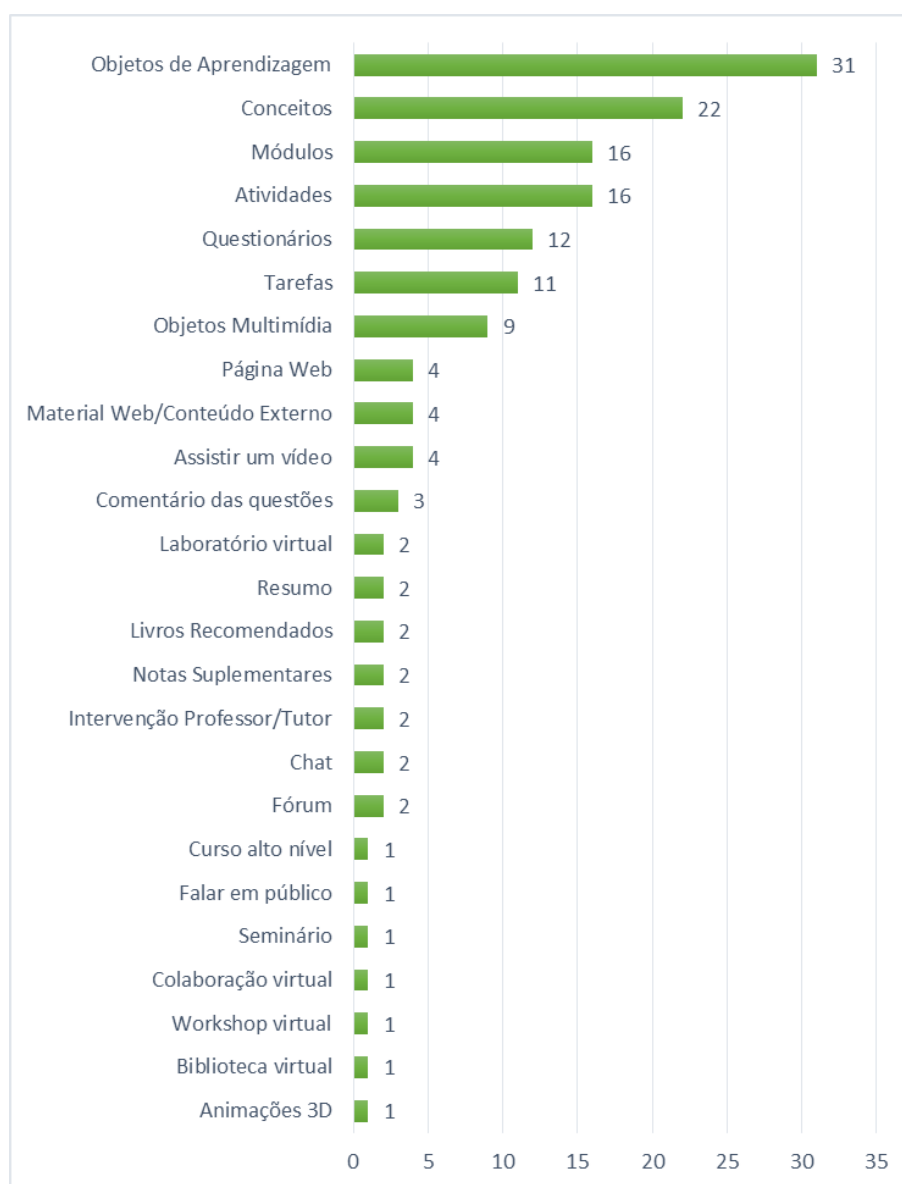


Figura 5 – Nós das trilhas de aprendizagem

Quando o aprendiz percorre um caminho dentro do ambiente de aprendizagem, ele executa uma série de ações, como assistir a um vídeo, acessar uma página externa, ler um conteúdo, realizar um teste, postar em um fórum, entre outras que lhe são permitidas. O conjunto de ações possíveis pode ser especificado antes mesmo do aprendiz interagir com o AVA, neste, cria-se um caminho padrão e uma série de caminhos alternativos, dessa forma é possível prever a próxima ação que será disponibilizada para o aprendiz.

Para sistemas de *e-learning* com estas características, denominou-se o momento da geração das trilhas de aprendizagem como pré-estabelecido. Existem 36 publicações, conforme Quadro 3, com esta característica. As demais publicações foram classificadas como de tempo real, isto significa que, apesar do ambiente virtual possuir em sua base de dados os recursos e atividades que serão disponibilizados aos aprendizes, não é determinado, previamente, qual atividade ou recurso será fornecido após a conclusão da ação anterior.

Quadro 3 – Geração das Trilhas de Aprendizagem

Momento de criação das trilhas de aprendizagem	Total
Tempo real	40
Pré-estabelecido	36

3.1.8 Publicações

Além do levantamento sobre as questões diretamente relacionadas às trilhas de aprendizagem, também foi possível identificar informações referentes às publicações. A Figura 6, apresenta o número de publicações por ano, considerando apenas os artigos que foram aceitos dentro dos critérios pré-estabelecidos, o que revela um aumento do interesse dos pesquisadores nos últimos dez anos e, conseqüentemente, a crescente relevância do tema.

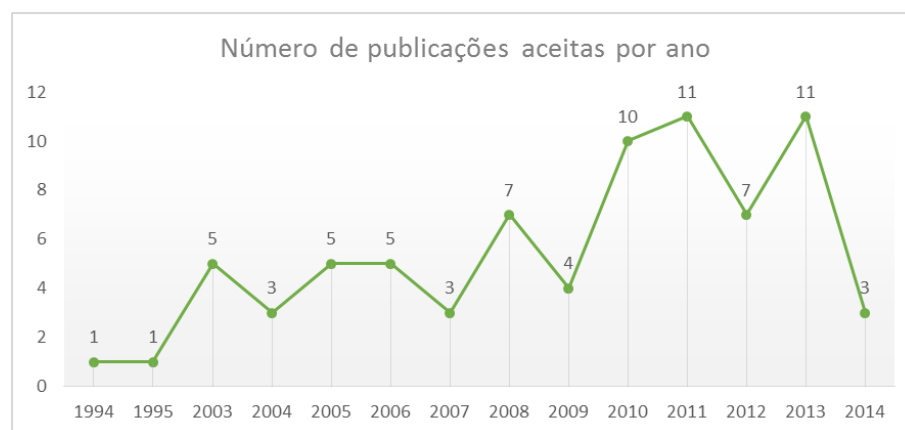


Figura 6 – Número de publicações por ano

Outro destaque é que as publicações estão distribuídas por várias fontes cujos temas não são exatamente sobre Educação, como, por exemplo, Engenharia Elétrica ou Inteligência Artificial. O Quadro 4, apresenta uma visão das principais fontes por contagem de publicações considerando apenas os artigos aceitos.

Quadro 4 – Principais locais de publicação

Local de Publicação	Total
Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE International Conference on Computers and Education	9
Expert Systems with Applications	5
Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	4
Education, IEEE Transactions on	4
Electronics, Circuits and Systems (ICECS), IEEE International Conference on	2
Multimedia Computing and Systems (ICMCS), International Conference on	2
Neural Networks (IJCNN), IEEE International Joint Conference on. (IEEE World Congress on Computational Intelligence).	2

Também se verificou a abordagem de pesquisa das publicações aceitas para a revisão. Conforme é apresentado no Quadro 5, trinta e seis publicações foram classificadas como pesquisa de validação, ou seja, as técnicas não foram aplicadas na prática, os experimentos desses trabalhos são realizados em laboratório.

Vinte e uma pesquisas são de avaliação, nesse caso o trabalho possui uma ferramenta que foi aplicada na prática onde as consequências foram avaliadas. Por fim, dezenove publicações são propostas de solução onde foram defendidas a aplicabilidade e possíveis benefícios, mas o trabalho não possui uma ferramenta pronta ou ela está em fase inicial de desenvolvimento e conseqüente não possui resultados de experimentos.

Quadro 5 – Abordagem da Pesquisa

Abordagem da Pesquisa	Total
Validação	36
Avaliação	21
Proposta de solução	19

3.1.9 Conclusões da análise

Ao final da RSL (RAMOS; OLIVEIRA, 2015), foram identificadas 76 publicações pertinentes, das quais quatro estão fortemente relacionadas ao objetivo desta proposta de trabalho. Grafo é método mais utilizado para representar trilhas de aprendizagem (39,47%). Os termos mais citados para os nós de uma TA são: Objetos de Aprendizagem, Conceitos, Módulos e Atividades.

Em geral, as TAs são geradas em tempo real. O Moodle é citado por 13% dos trabalhos como AVA utilizado. O grande foco de pesquisa nos trabalhos é a adaptação do ambiente virtual de aprendizagem a individualidade do aluno.

Verificou-se também que 55,26% dos trabalhos analisados foram publicados somente nos últimos cinco anos, sendo que o trabalho mais antigo foi publicado em 1994. Dentre todos os artigos aceitos para a RSL, somente quatro apresentaram as trilhas de forma visual ao usuário (aprendiz, docente), conforme Quadro 6.

Quadro 6 – Publicações que exibem as trilhas visualmente aos aprendizes e docentes

Artigos que apresentam as trilhas visualmente aos usuários	Ano
How to See Training Paths in Learning Management Systems?	2010
eGraph tool: graphing the learning process in LMSs	2014
A Business Process Management Based Virtual Learning Environment : Customised Learning Paths	2011
Learning maps usage of cartographic metaphors for orientation in e-learning courses	2010

3.1.10 Limitações da Revisão

A RSL é realizada por meio de protocolo robusto e objetivo que rege todo o processo de revisão, entretanto isso não garante a eliminação por completo da subjetividade inerente aos pesquisadores. Concomitantemente, a exclusão de algum trabalho relevante, eliminado por não corresponder a alguns dos critérios de seleção, é sempre uma possibilidade premente.

Nesse sentido, é possível que a execução do primeiro filtro possa ter excluído alguns trabalhos relevantes. Isso porque as publicações que não continham os termos de busca nas palavras-chave, títulos ou resumos são descartadas nessa fase e nenhuma leitura completa é realizada.

Outra limitação decorre de decisões subjetivas ocorridas durante o processo de leitura e compreensão dos trabalhos, pois alguns estudos não apresentaram uma descrição clara, dificultando a aplicação direta dos critérios de inclusão e exclusão.

3.2 TRABALHOS RELACIONADOS A TRILHAS DE APRENDIZAGEM

Os trabalhos a seguir apresentam pontos de vista e formas diferentes da utilização das trilhas de aprendizagem em ambiente virtuais de aprendizagem. Eles fazem parte do

resultado da revisão sistemática e mostram também que muitas técnicas diferentes podem ser aplicadas.

3.2.1 Learning in Moodle Using Competence-Based Knowledge Space Theory and IMS QTI

O artigo de Sitthisak, Gilbert e Albert (2013), apresenta a implementação da Teoria de Espaço de Conhecimento por Competência (*Competence-Based Knowledge Space Theory - CbKST*) dentro do Moodle utilizando um aplicativo compatível com os padrões do IMS Question & Test Interoperability (IMS QTI), modelo para representação de dados de questões e testes desenvolvido pelo IMS Global Learning Consortium. O trabalho foca na avaliação adaptada ao nível de conhecimento dos alunos.

O modelo adota a ideia de que questões/problemas estão ligadas formando um grafo de dependência ou uma rede. O nível de conhecimento de um aluno está relacionado ao subconjunto de questões que o mesmo é capaz de responder. Os problemas podem ser associados com objetos de aprendizagem, criando também relação entre os problemas/questões e os objetos de aprendizagem necessários.

O CbKST é um framework de domínio e representação do conhecimento do aluno, que constitui a base para as trilhas de aprendizagem significativas adaptadas para o estado do conhecimento dos alunos. Usa a relação de pré-requisitos de competências e problemas de um determinado domínio.

QTI *works* é um sistema de avaliações baseado no IMS QTI. Foi utilizado pelos autores. Um problema é selecionado de um conjunto de problemas, caso o aluno responda corretamente, um novo problema de maior dificuldade é apresentado.

Os alunos ao acessarem o sistema e o módulo devem realizar um pré-teste, para verificar o nível de conhecimento inicial. Os itens dos testes são obtidos da base de questões (*item bank*) do QTI *works*. Os resultados dos testes são enviados para o CbKST *Service* para atualizar o nível de conhecimento dos alunos e armazenados no *User Model*. Já o *Domain Model* mantém a estrutura de domínio de conhecimento e é independente do resultado dos testes. O CbKST *service* recupera uma questão da base de questões com base no nível de conhecimento atualizado, então a questão pode ser mais difícil ou menos difícil.

A trilha de aprendizagem a ser seguida pelo aluno é personalizada em tempo real, porém todos os caminhos alternativos possíveis já foram definidos, apenas sendo podados conforme a evolução do nível de conhecimento do aluno.

3.2.2 Evolutive Mechanism for E-Learning Plataforms: A new approach for old methods

O trabalho de Pires e Cota (2010) apresenta uma proposta do uso de Algoritmos Genéticos (AG) em AVAs para o acompanhamento do progresso do aprendizado (individual) capturando a curva de aprendizagem do aluno. É um trabalho com resultados parciais. A ideia é usar a função de aptidão (*fitness function*) para selecionar a abordagem, apresentada no trabalho como *Knowledge Block* (KB).

Os resultados das atividades são utilizados para construir um conjunto de números binários. E assim, visualizar as dificuldades do aluno e assim redirecionar todos os esforços intelectuais para a superação dessas dificuldades. Neste ponto, o AG encontrará o KB que melhor combinará com as dificuldades detectadas, aceitando uma compatibilidade mínima de 80%. A Figura 7 apresenta a situação do aluno e uma possível solução 100% compatível com a dificuldade identificada. Observe que a trilha de aprendizagem é definida dinamicamente.

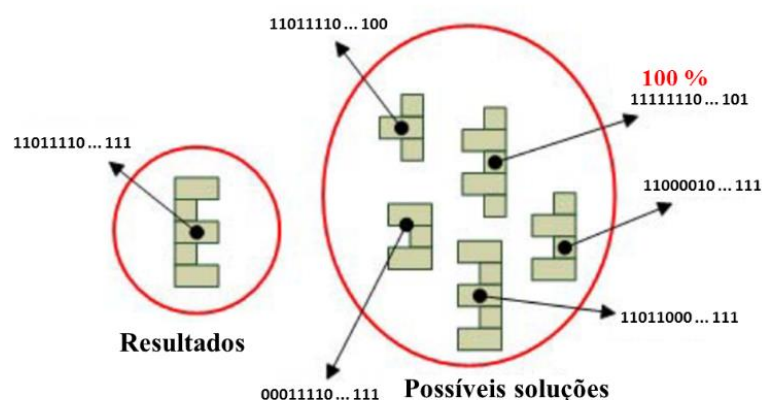


Figura 7 – Uso de KB indicando a dificuldade (Resultados) e possíveis soluções (TAs).
Fonte: (PIRES; COTA, 2010)

3.2.3 COW, a flexible platform for the enactment of learning scenarios

COW (*Cooperative Open Workflow*), de Vantroys e Peter (2003), é um sistema de *workflow* flexível dedicado ao ensino aberto e à distância. O trabalho apresenta o *Educational Modeling Languages* (EML) usado para criar os modelos pedagógicos de um curso. O EML expressa link de atividades e os recursos utilizados por elas. Também é usado no IMS-LD (Learning Design) para criar as trilhas de aprendizagem. O XPDL (*XML Process Definition Language*) é a linguagem usada pelo COW para representar os modelos IMS-LD criados.

O COW associa as atividades educacionais a processos e subprocessos, conforme pode ser visto na Figura 8, onde cada processo e subprocesso possui um responsável por sua execução. Por exemplo, a Atividade 2, exercícios de múltipla escolha, deve ser realizada pelo aluno, já a Atividade 3, correção, pelo professor.

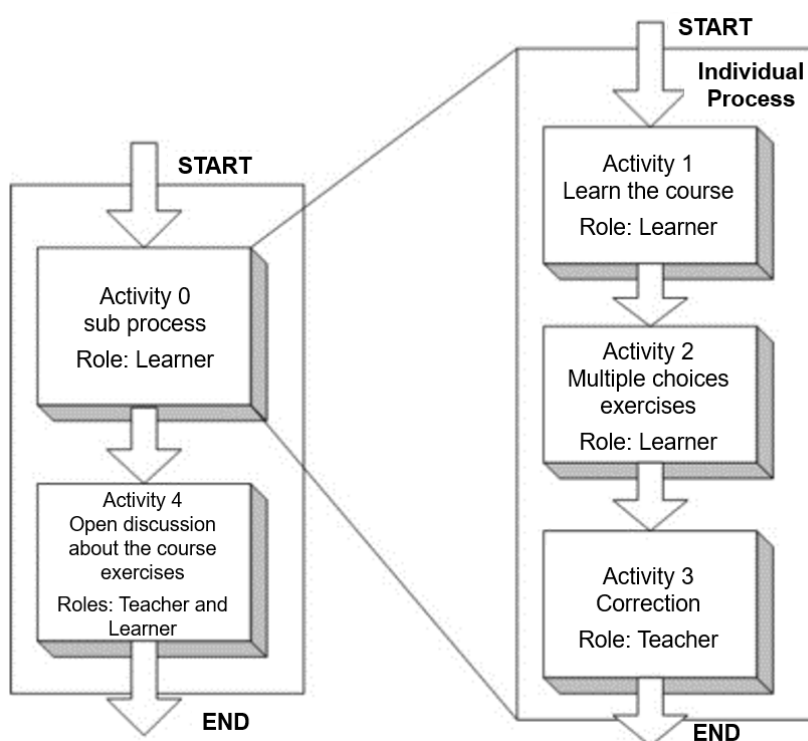


Figura 8 – As TAs como processos e subprocessos.
Fonte: (VANTROYS; PETER, 2003)

3.2.4 A Study of Coaching Assisted System using Learning Object Value Model

O trabalho de Wisuttikul e Boonmee (2004) apresenta um modelo de recomendação de conteúdo (objetos de aprendizagem). Neste trabalho, os nós das trilhas de aprendizagem são constituídos somente por objetos de aprendizagem, estes são ordenados previamente de acordo com os pré-requisitos dos objetos de aprendizagem criados pelos autores. Os objetos de aprendizagem são avaliados e classificados de acordo com: o valor (profissional, interesse,

estudo aprofundado), o custo, ou seja, os gastos do curso e o tempo para concluir o seu estudo (*value, cost, time*). Observa-se, portanto, que a trilha de aprendizagem é considerada sob o ponto de vista do professor, onde resta ao aluno somente escolher o caminho que deseja seguir. A Figura 9 apresenta em o esquema básico dos objetos de aprendizagem e a relação de pré-requisito, no exemplo, o aluno deve concluir o OA i para pode iniciar o OA j. A Figura 10 apresenta um exemplo de trilhas permitidas ao aluno que busca o objetivo X.

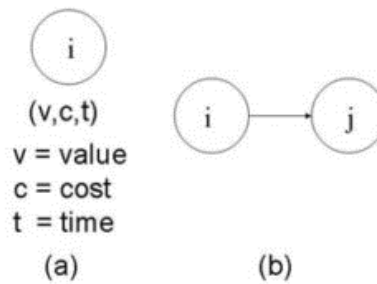


Figura 9 – O OA i é pré-requisito de j.
Fonte: (WISUTTIKUL; BOONMEE, 2004)

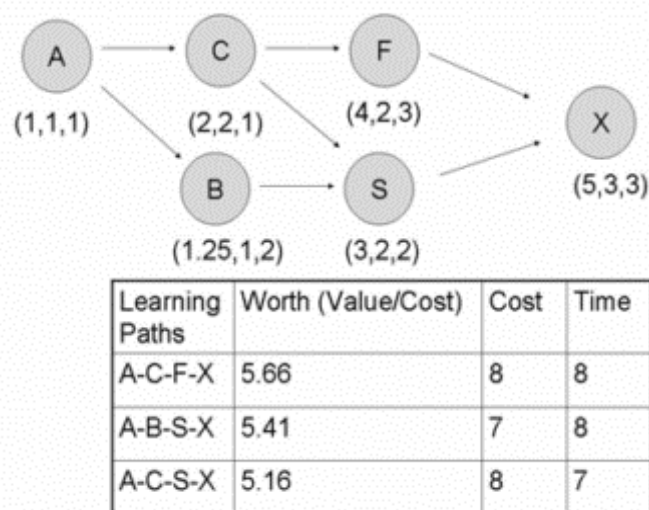


Figura 10 – Trilhas de Aprendizagem permitidas para alcançar a meta X do aluno.
Fonte: (WISUTTIKUL; BOONMEE, 2004)

3.2.5 Creating adaptive learning paths using Ant Colony Optimization and Bayesian Networks

O trabalho de Marquez et al. (2008) apresenta o uso de Otimização de Colônia de Formiga (*Ant Colony Optimization*) e Redes Bayesianas para adaptar as trilhas de aprendizagem. O trabalho considera que um LMS inteligente poderia recomendar ou impor o

próximo curso baseado: nos resultados recentes do usuário em cursos passados e na trilha de aprendizagem (do professor) de maior sucesso tomado pela maioria dos usuários (alunos).

O objetivo é prever o melhor caminho de aprendizado para o estudante, levando em conta os dados de perfil e as trilhas de aprendizagem seguidas pelos demais estudantes. Novamente, as trilhas consideradas são todas predeterminadas e representadas por um grafo, conforme Figura 11, onde:

- Os nodos são os cursos (conteúdos educacionais e exercícios (*webpages* e testes de avaliação)); e
- Os arcos são as transições entre os cursos. Eles possuem seta curva mais:
 - * - significa que a ordem que seus filhos são atravessados não importa;
 - & - significa que os “nós filhos” devem ser atravessados na ordem indicada pela seta.
 - + - significa que apenas um nó filho deve ser escolhido para continuar

No trabalho são dados pesos a cada curso (nó) em um valor normalizado entre 0 e 1. Os pesos representam a carga pedagógica de cada nó. Um (1) representa o peso total do caminho comum previstos pelo time pedagógico. Outros caminhos terão peso total maior (que 1) pois são considerados como reforço/revisão dos cursos.

O peso dado é usado em uma função de aptidão que ajuda a decidir o próximo nó e na construção dos caminhos de aprendizagem dos alunos. O cálculo do melhor caminho usa redes bayesianas. O trabalho considera que o desempenho em um curso só dependerá do desempenho em cursos anteriores.

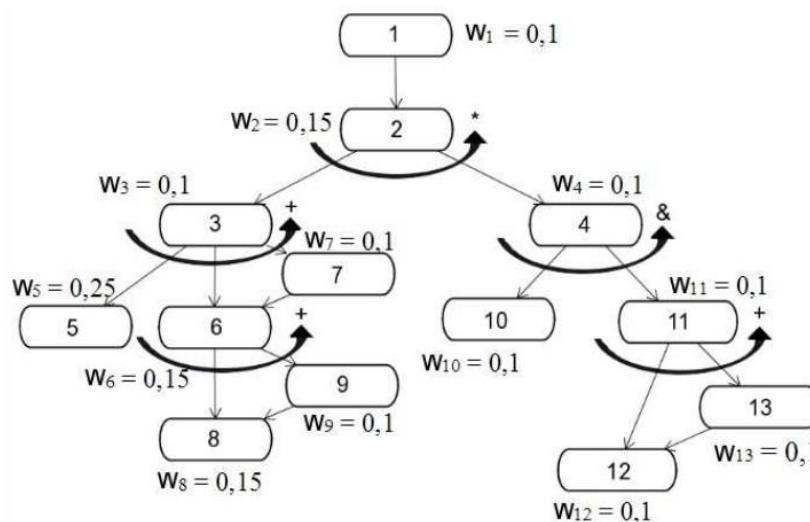


Figura 11 – Trilhas de aprendizagem.
Fonte: (MARQUEZ et al., 2008)

3.3 REPRESENTAÇÃO VISUAL DE TRILHAS DE APRENDIZAGEM

Os trabalhos apresentados anteriormente apresentam diversas representações de trilhas de aprendizagem, entretanto, elas fazem parte somente da arquitetura de concepção do sistema e não são visualmente apresentadas aos professores ou alunos. Os trabalhos a seguir apresentam representações visuais de trilhas de aprendizagem, permitindo monitorar as ações dos aprendizes dentro dos AVAs.

3.3.1 A Business Process Management Based Virtual Learning Environment: Customised Learning Paths

Em Adesina e Molloy (2011) é apresentado o desenvolvimento de um sistema de *e-learning* que utiliza os conceitos, princípios e tecnologias de gerenciamento de processos de negócios (*Business Process Management* – BPM). O BPM possui ferramentas visuais para a geração de *workflows* usando diagramas de fluxo, usadas pela comunidade empresarial para o gerenciamento de *workflow*.

A ferramenta possui uma interface gráfica para que o administrador gere as trilhas de aprendizagem. O modelo visual é convertido em um processo executável que de fato faz o monitoramento e controle das trilhas de aprendizagem. A Figura 12 apresenta o ambiente virtual do aluno e do docente/administrador do curso, a visualização das trilhas de aprendizagem não está habilitada para os alunos.

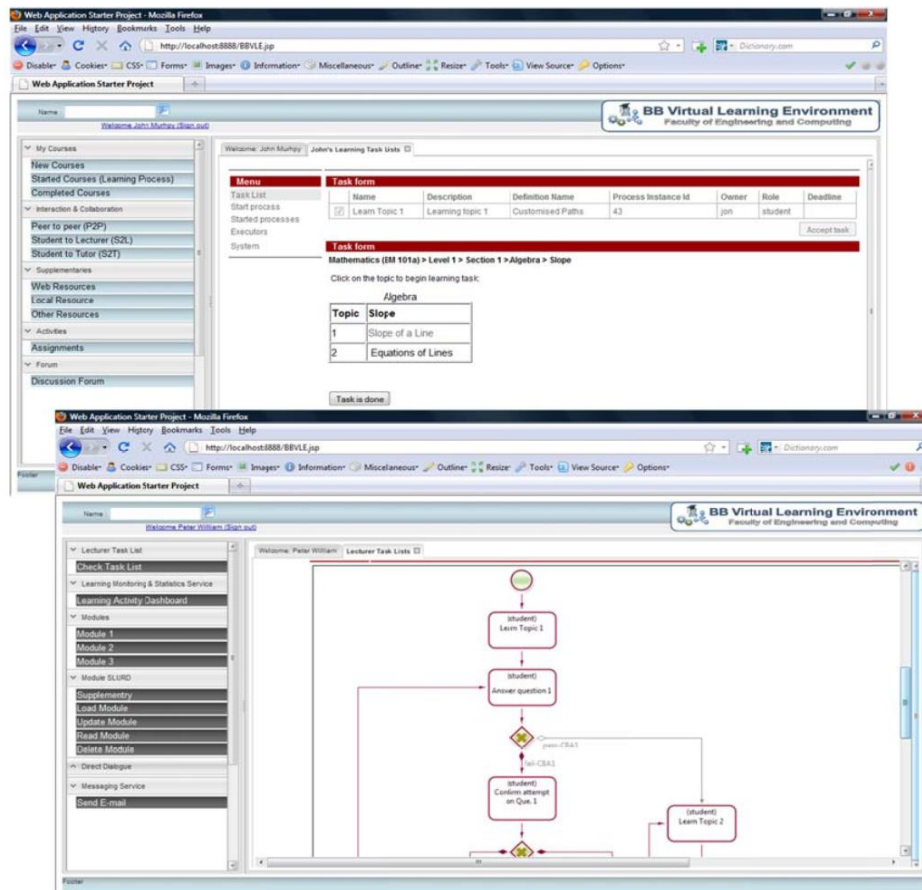


Figura 12 – Ambiente aluno e ambiente administrador.
Fonte: (ADESINA; MOLLOY, 2011)

O mesmo diagrama, como na Figura 13, pode ser usado para visualmente rastrear o progresso estatístico de um aluno comparado a outros ou de um grupo de aprendizes por meio do conteúdo do curso, vendo os caminhos de aprendizagem seguidos, e permitindo uma análise quantitativa do desempenho dos alunos, que pode levar a alterações de design em tempo real e adições ao conteúdo do curso. O círculo verde indica o ponto de partida da trilha, após passar por alguns blocos (borda azul), o aluno deve alcançar o fim da trilha, identificado como círculo vermelho.

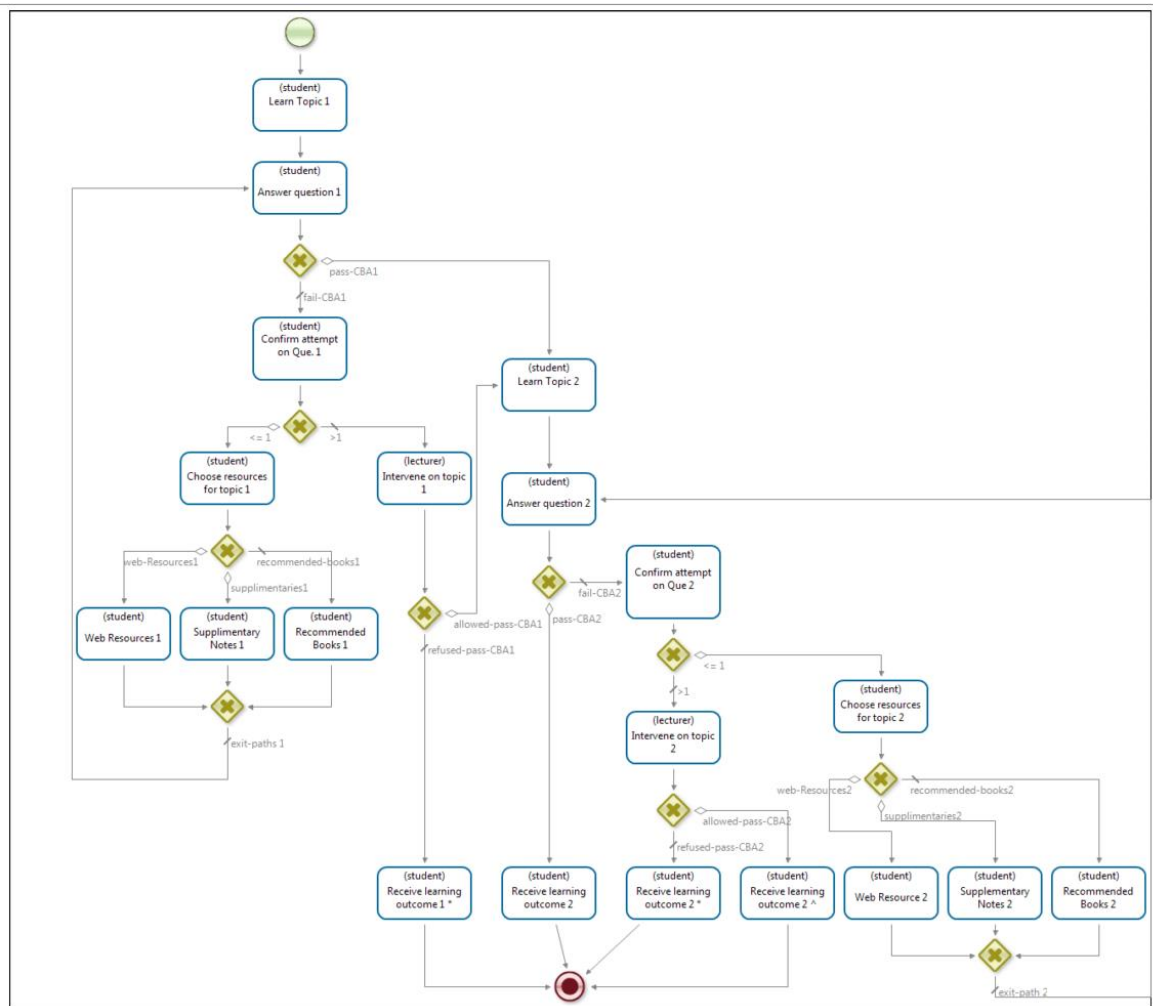


Figura 13 – Caminhos personalizados definidos previamente.
Fonte: (ADESINA; MOLLOY, 2011)

O trabalho usa o BPMN (*Business Process Modelling Notation*), visto na Figura 14, que é uma notação gráfica para a geração do processo de negócios. Alguns elementos são apresentados: objetos de fluxo (eventos, tarefas, decisões), objetos de conexão, “Raia” (organização em uma área), artefatos (adiciona informações ao modelo).

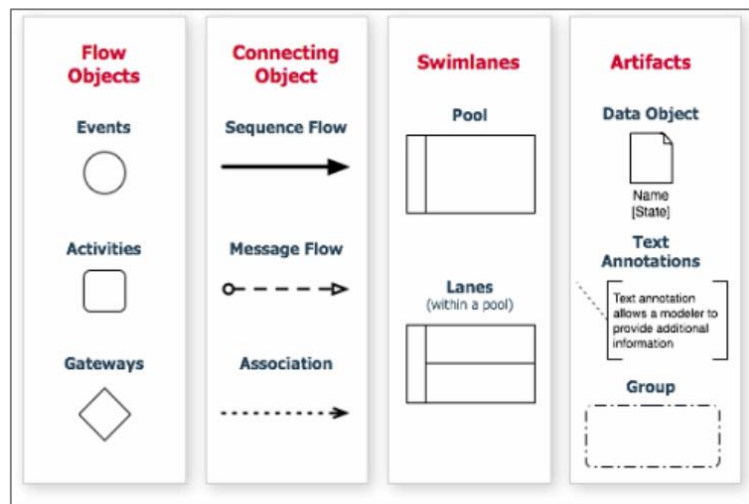


Figura 14 – Elementos principais do BPMN.
 Fonte: (ADESINA; MOLLOY, 2011)

O BPMN foi usado para modelar as trilhas de aprendizagem. Nas Figuras Figura 15 e Figura 16, o caminho percorrido pelo aluno é representado em vermelho.

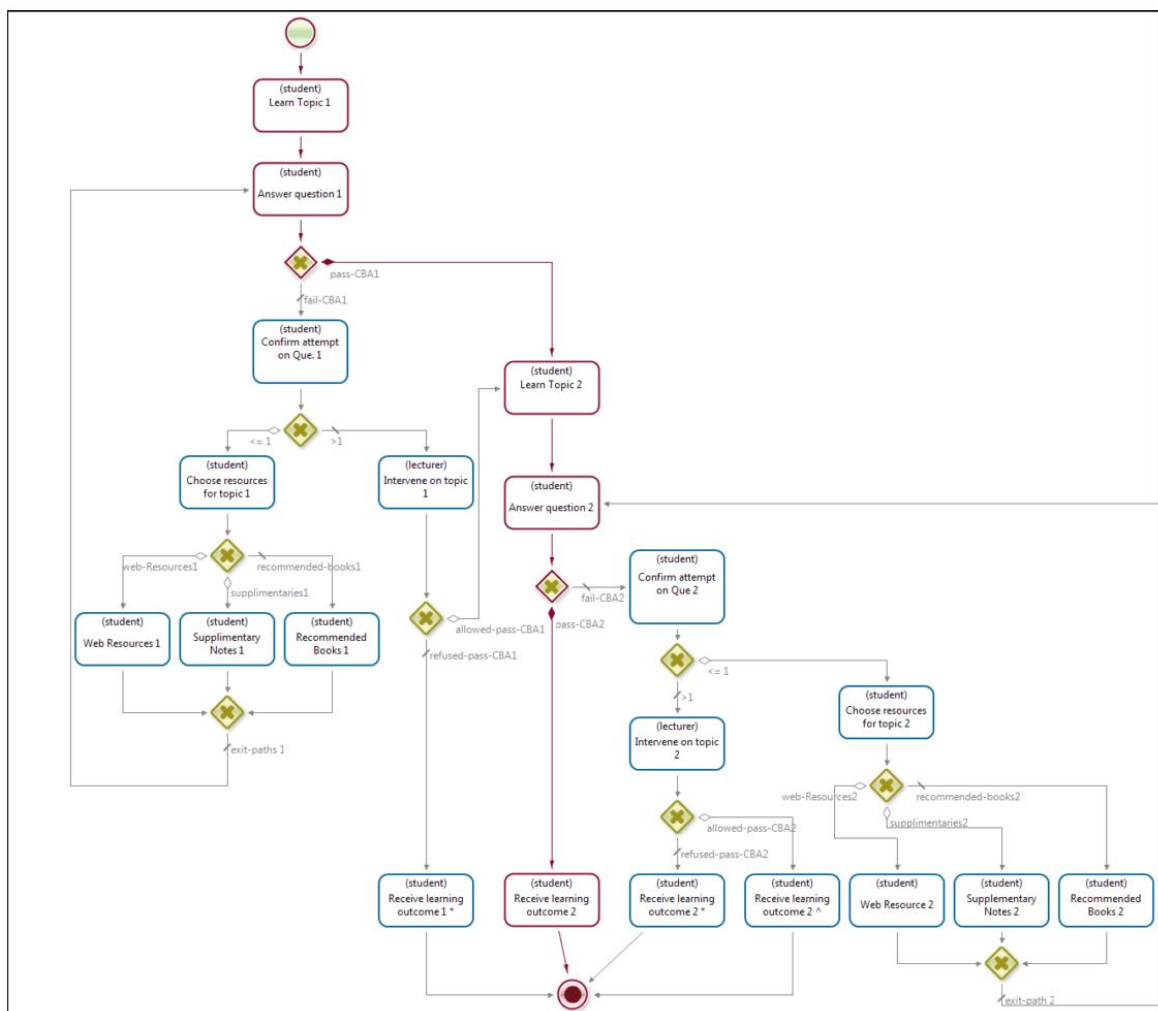


Figura 15 – Trilha de Aprendizagem de aluno que não necessita de intervenção.
 Fonte: (ADESINA; MOLLOY, 2011)

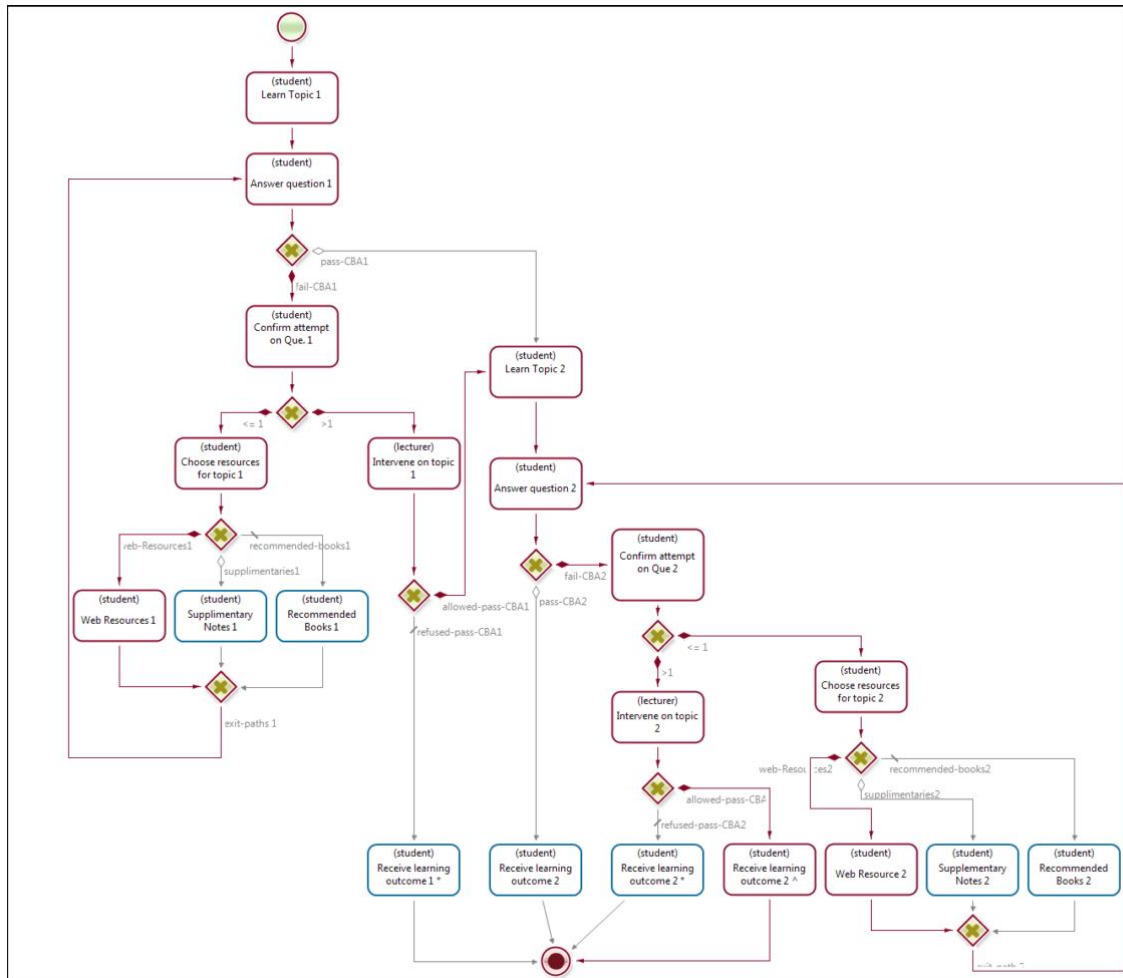


Figura 16 – Trilha de Aprendizagem de aluno que necessita de intervenção.
Fonte: (ADESINA; MOLLOY, 2011)

3.3.2 How to See Training Paths in Learning Management Systems?

Os autores deste trabalho, Teutsch e Bourdet (2010) apresentam uma pesquisa cujo objetivo é criar ferramentas de visualização de informações sobre alunos para auxiliar professores de e-learning. Percebe-se claramente que a trilha de aprendizagem considerada é aquela percorrida pelo discente.

O artigo inicia explicando que os LMSs possuem registros de dados sobre os usuários raramente utilizados pelos professores, pois são dados em geral numéricos ou alfanuméricos e assim faz pouco ou nenhum sentido para o professor. O trabalho tem com base três dimensões:

- Cenário: conteúdo, tarefas, módulos, atividades e demais estruturas similares.
- Participantes: alunos;

- Calendário: prazos, tempo decorrido;

A proposta é projetar uma dimensão em outra para gerar uma visualização das informações processadas. A Figura 17, apresenta uma das propostas do trabalho para apresentar dados sobre a trilha de aprendizagem do aprendiz. Trata-se de um gráfico no estilo do diagrama de Gantt que divide o tempo em semanas ou dias e apresenta estatísticas de visita e sucesso na execução de tarefas.

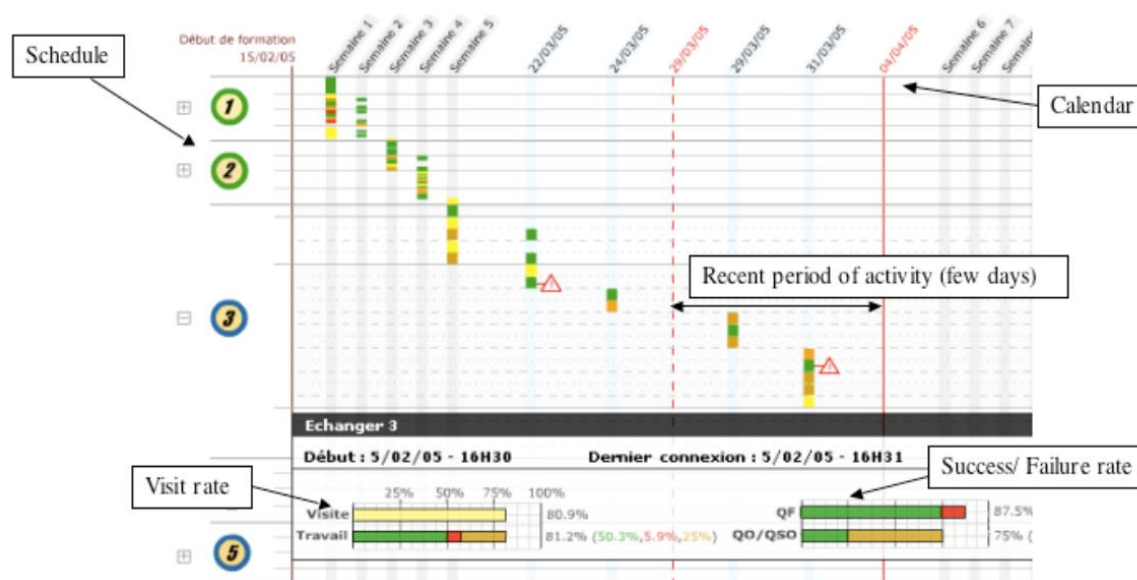


Figura 17 – Visão geral da Trilha de Aprendizagem de um aluno.
Fonte: (TEUTSCH; BOURDET, 2010)

3.3.3 Learning maps usage of cartographic metaphors for orientation in e-learning courses

A publicação de SCHRÖCK et al. (2010) propõe uma representação para as trilhas de aprendizagem que utiliza a metáfora de mapas. O conceito proposto representa as unidades (tópicos) de aprendizagem como cidades, unidades de conhecimento com construções, avaliações como obstáculos e trilhas de aprendizagem como ruas. A ferramenta implementa visualizações multiníveis, permitindo uma visão geral ou mais detalhada dos mapas. O trabalho também representa as trilhas percorridas (cor marrom), não percorridas (cor bege) e recomendadas (linha tracejada bege e marrom). É possível também marcar uma trilha como caminho voluntário.

O trabalho não apresenta experimentos, o protótipo foi implementado, mas ainda não é capaz de criar os mapas automaticamente a partir das regras definidas pelo conceito proposto, a Figura 18 apresenta um mapa criado manualmente, onde é possível visualizar um

mapa geral, na parte superior, um mapa detalhado, na parte inferior. No lado direito, é apresentada uma trilha em visão de perspectiva.

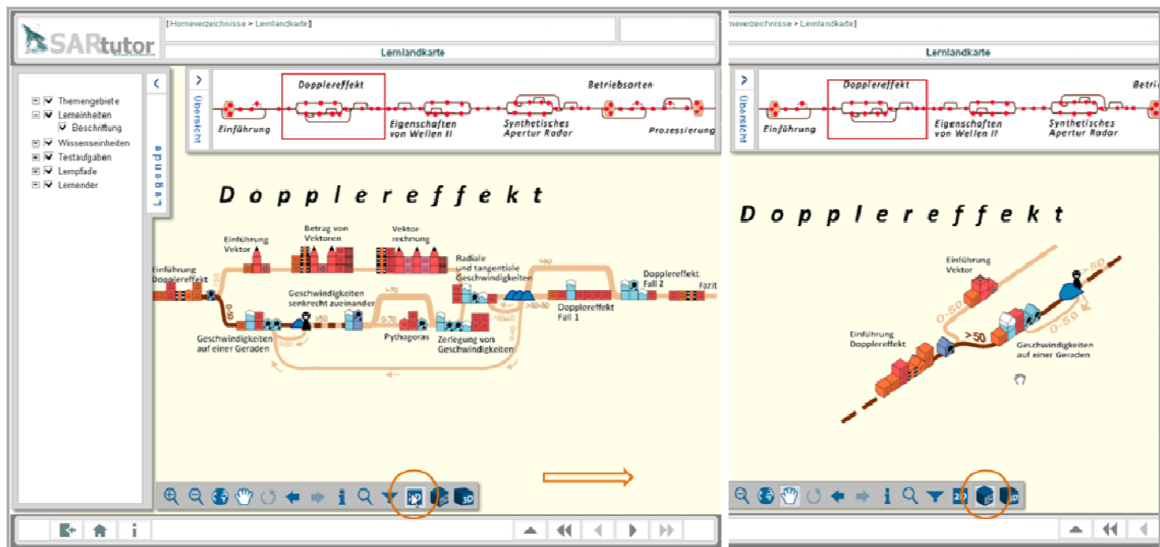


Figura 18 – Visualização geral e detalhada de uma TA.
Fonte: (SCHRÖCK et al., 2010)

3.3.4 eGraph tool: graphing the learning process in LMSs

Uma ferramenta, baseada na utilização de grafos, é apresentada por CEREZO et al. (2014). Ela permite rastrear a trilha de aprendizagem percorrida pelos alunos e apresentá-las de forma visual ao professor, aluno ou pesquisador.

Existem dois grupos de variáveis principais: as variáveis representadas como nós e as variáveis representadas como arestas do grafo. Essas variáveis podem ser escolhidas conforme necessário.

Os nós, numerados por ordem cronológica, são coloridos, onde cada cor representa um conteúdo/tipo de variável diferente. No exemplo dado pelos autores, sete variáveis foram selecionadas, elas representam a interação do aluno com o conteúdo. As variáveis são:

- Visualização de conteúdo teórico, resumo, conteúdo multimídia, tarefa e fórum;
- Submissão de tarefa;
- Participação em fórum.

As arestas representam o tempo entre diferentes ações tomadas pelo aluno e a acesso a conhecimentos visualizados anteriormente. Diferentes espessuras são atribuídas para cada aresta que é vermelha quando o aluno volta a trabalhar em um no conteúdo anterior. O trabalho apresentou uma ferramenta ainda em desenvolvimento, mas que mostrou alguns

resultados, conforme as Figuras Figura 19 e Figura 20, que apresentam vértices numerados e coloridos conforme o acesso do aluno.

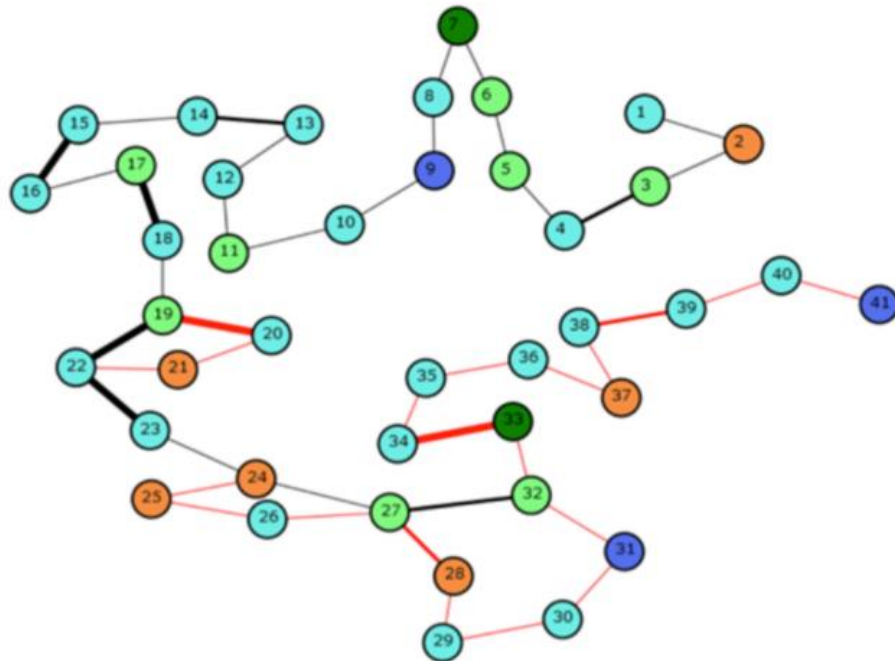


Figura 19 – Exemplo 1 de representação gerada pelo eGraph.
Fonte: (CEREZO et al., 2014)

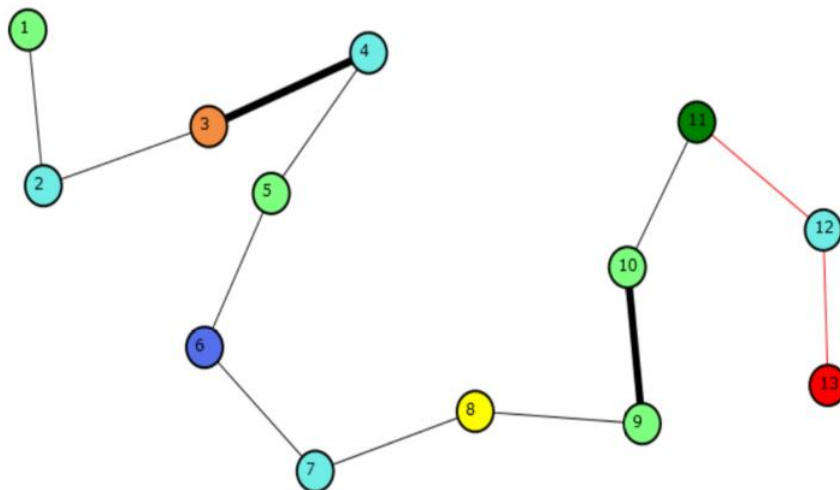


Figura 20 – Exemplo 2 de representação gerada pelo eGraph.
Fonte: (CEREZO et al., 2014)

No Quadro 7, cada linha apresenta as informações de cada trabalho analisado nesta seção. As colunas possuem os seguintes significados:

- Tipo de representação: apresenta a técnica de representação das trilhas de aprendizagem adotada na publicação. A representação BPMN foi descrita na

seção 3.3.1. A representação cartográfica em Schröck et al. (2010) utiliza elementos como ruas, prédio, lagos e montanhas para apresentar as trilhas de aprendizagem.

- Independente do AVA: Informa se existe a possibilidade de usar o mesmo trabalho, mas aplicando-se a mesma técnica em outro AVA.
- Visualização multinível: Indica se a visualização da TA é dividida em níveis, permitindo melhor controle de granularidade das informações.
- Usado com Moodle: Indica o trabalho utilizou Moodle para aplicar a técnica apresentada.
- Exibido para o professor: A TA pode ser visualizada pelo professor ou tutor.
- Exibido para o aluno: A TA pode ser visualizada pelo aluno.
- Visão da trilha: Informa qual ponto de vista está projeto na TA, ou seja, se a TA apresenta somente o percurso projetado pelo professor, então tem-se uma visão de docente, por outro lado se a TA apresenta apenas o percurso real do aluno, então tem-se uma visão discente. Os trabalhos de Adesina e Molloy (2011) e SCHRÖCK et al. (2010) apresentam TAs com ambas visões em uma mesma representação visual.

Quadro 7 – Comparação entre trabalhos de visualização de trilhas de aprendizagem.

	Tipo de Representação	Independente do AVA	Visualização multinível	Usado com Moodle	Exibido para o professor	Exibido para o Aluno	Visão da trilha
(ADESINA; MOLLOY, 2011)	BPMN	Não	Não	Não	Sim	Não	Docente e Discente
(SCHRÖCK et al., 2010)	Cartografia	-	Sim	Não	Sim	Sim	Docente e Discente
(TEUTSCH; BOURDET, 2010)	Diagrama de Gantt	-	Não	Não	Sim	Não	Discente
(CEREZO et al., 2014)	Grafo	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Discente

4 PROPOSTA DE TRABALHO

Na seção a seguir, é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do restante do trabalho, bem como a arquitetura do trabalho, descrita em seção seguinte e, finalmente, os principais programas e recursos utilizados no desenvolvimento.

4.1 METODOLOGIA DE PESQUISA

Primeiramente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica por meio de uma revisão sistemática sobre Trilhas de Aprendizagem em AVAs. Além disso, foram realizadas pesquisas sobre grafos, Moodle e outros assuntos relacionados com esta pesquisa, como programação PHP, *JavaScript* e banco de dados *MySQL*.

Também foi realizada uma pesquisa de campo, onde foram coletados dados de um AVA, Moodle na versão 2.5.9, por um período completo de atividades (semestre). Os dados foram analisados e organizados em um formato simplificado.

Posteriormente, os dados já organizados foram analisados para o desenvolvimento de um modelo baseado em grafos. Em seguida, foi desenvolvida uma ferramenta que analisa o modelo produzido pelo passo anterior e representa visualmente as trilhas de aprendizagem.

A ferramenta foi aplicada em um ambiente virtual, por meio do desenvolvimento de um *plugin* para o Moodle, onde foram analisados os efeitos gerados pela ferramenta. Neste passo foi realizada a coleta de dados por meio de questionários para docentes e tutores.

4.2 ARQUITETURA DO TRABALHO

Como a proposta desta pesquisa é auxiliar o professor no monitoramento de suas turmas por meio das trilhas de aprendizagem, é necessário buscar informações sobre os alunos dentro de um ambiente virtual de aprendizagem. Decidiu-se pelo uso do Moodle, pois além de ser um dos AVAs mais utilizados em diversas instituições de ensino (CEREZO et al., 2014; SILVA, 2011), é utilizado também na UFAM e pelo Grupo de Sistemas Inteligentes, e, portanto, foi o ambiente selecionado.

O banco de dados do Moodle possui dezenas de tabelas, que mantêm o registro de tudo o que é disponibilizado e acessado. As informações necessárias para a identificação das trilhas de aprendizagem estão fragmentadas e distribuídas em diferentes tabelas. Assim, foi

realizado o uso de tabela *View*, recurso dos sistemas de gerenciamento de banco de dados (seção 5.4), com os logs necessários, visando uma adaptação de várias tabelas em apenas uma, isso simplifica a manipulação dos dados do AVA. A ferramenta proposta neste trabalho foi implementada na forma um *plugin* para o Moodle, dessa forma o professor poderá visualizar as trilhas de aprendizagem diretamente do AVA. A Figura 21 representa a arquitetura proposta.

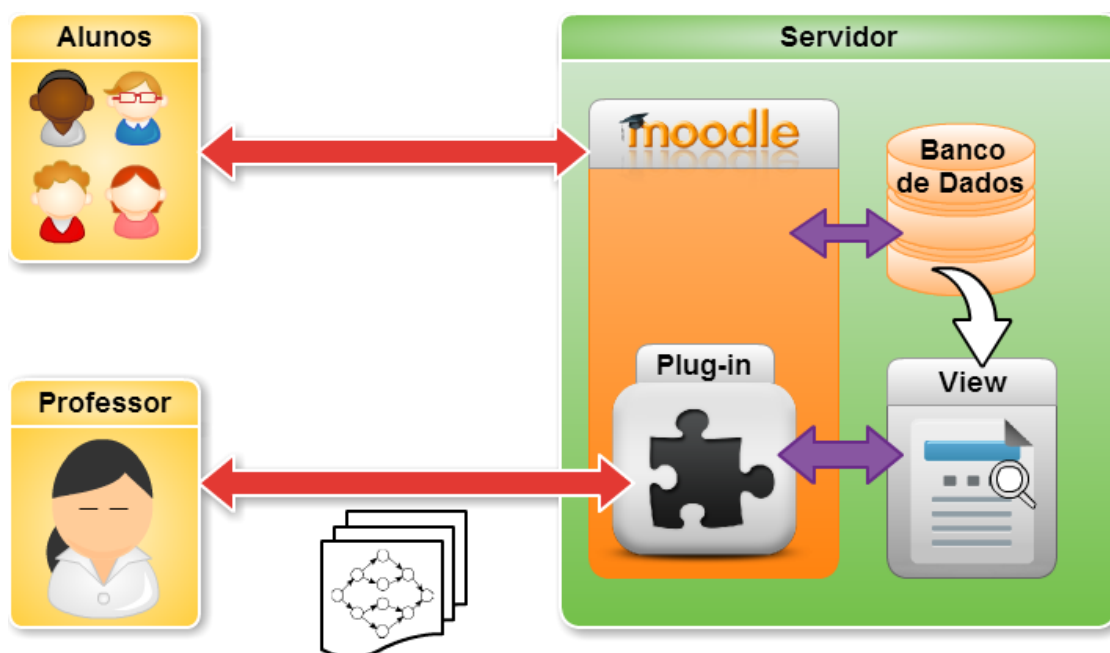


Figura 21 – Arquitetura de trabalho

Resumidamente, a ferramenta (*plugin*):

- Coleta as informações do banco de dados do Moodle por meio das tabelas *views*. Os principais dados coletados são os acessos aos recursos e atividades e identificação do aluno. A criação de uma tabela *View* é a melhor opção, uma vez que os dados estarão sempre atualizados;
- Organiza os dados utilizando o conceito de grafos. A *View* contém os dados das trilhas de aprendizagem, porém ainda é necessário um processamento para gerar o modelo baseado em grafos;
- Representa visualmente as trilhas de aprendizagem. Nesse ponto, os dados já processados são renderizados e exibidos ao professor.

Ao final, criou-se uma representação baseada em grafos, para que o professor possa acompanhar os alunos. Os detalhes sobre o uso do banco de dados do Moodle, o desenvolvimento da estrutura de dados por meio de grafos e representação visual das trilhas de aprendizagem estão descritos no Capítulo 5, sobre o desenvolvimento da ferramenta.

Grafos foi a estrutura de modelagem escolhida para a pesquisa, pois permite ao mesmo tempo, a criação de um modelo teórico que armazena adequadamente as informações sobre trilhas de aprendizagem, o que permite que possam ser utilizados algoritmos da teoria dos grafos, quanto é capaz de representar visualmente essas informações, de forma mais clara que outras formas de representação, como gráficos de barras ou pizza, por exemplo. Acredita-se que o uso de grafos, para estruturar os dados das trilhas, possa gerar possibilidades de criação de novas ferramentas. É possível, por exemplo, utilizar correspondência de grafos para comparar as trilhas e obter agrupamentos.

As trilhas são formadas a partir do histórico de acesso do aluno, que fica armazenada no banco de dados do Moodle. O histórico é construído com base no cruzamento de dados de diversas tabelas, tendo como ponto central o registro de acesso, em ordem cronológica, fornecido pela tabela de logs do Moodle. Como o modelo baseia-se nos dados gerados e armazenados pelo Moodle, é possível acompanhar a evolução da TA do aluno ao longo do tempo. A ferramenta pode ser utilizada em uma turma, durante o decorrer das aulas, e também pode analisar dados de uma turma já encerrada.

A Figura 22 apresenta o modelo de trilha idealizado para esta proposta. Nela cada recurso/atividade possui uma cor e o diâmetro de cada nó é proporcional ao número de visualizações (V). Os valores nas arestas indicam o número de vezes que o aluno percorreu de um nó A para um nó B e a seta indica o sentido dessa transição. As arestas verdes indicam a ordem da TA estabelecida pelo professor, já as arestas azuis indicam que o aluno avançou para uma próxima tarefa diretamente, e por fim, as arestas vermelhas indicam que um aluno retornou para um recurso ou atividade anterior. Observando o grafo abaixo, percebe-se que o aluno está encontrando dificuldades para responder a tarefa (nó vermelho).

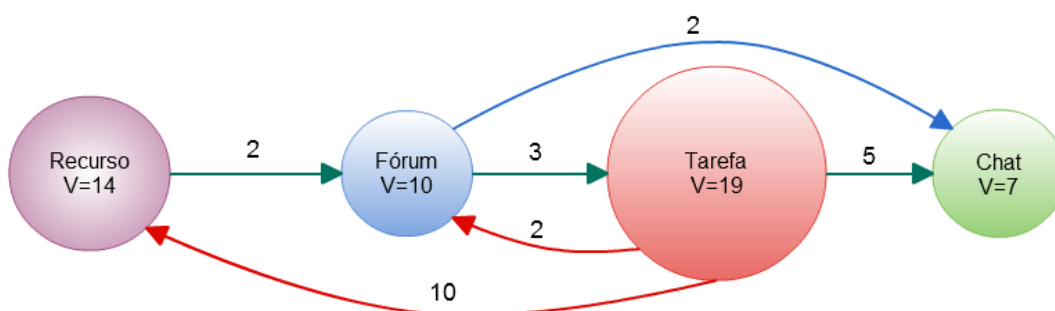


Figura 22 – Modelo de trilha de aprendizagem

É possível verificar, por meio do quadro comparativo abaixo, a relação da proposta de trabalho com os trabalhos fortemente relacionados. Campos com traço são dados que não puderam ser identificados nas publicações.

Quadro 8 – Comparação entre trabalhos de visualização de TAs e proposta.

	Tipo de Representação	Independente do AVA	Visualização multinível	Usado com Moodle	Exibido para o professor	Exibido para o Aluno	Visão da trilha
(ADESINA; MOLLOY, 2011)	BPMN	Não	Não	Não	Sim	Não	Docente e Discente
(SCHRÖCK et al., 2010)	Cartografia	-	Sim	Não	Sim	Sim	Docente e Discente
(TEUTSCH; BOURDET, 2010)	Diagrama de Gantt	-	Não	Não	Sim	Não	Discente
(CEREZO et al., 2014)	Grafo	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Discente
Proposta de trabalho	Grafo	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Docente e Discente

4.3 FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS

Para o desenvolvimento do modelo e da representação visual, foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- **Apache:** Servidor Web para a execução de scripts PHP e instalação do Moodle.
- **PHP:** Linguagem de script para Web.
- **MySQL:** Sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza linguagem padronizada denominada *Structured Query Language* (SQL).
- **Eclipse IDE:** Ambiente para desenvolvimento de software. Possui suporte à linguagem PHP.
- **HTML 5:** Versão mais recente da linguagem de marcação de hipertexto utilizado par criar estruturas de documento Web.
- **Moodle:** O Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) é um pacote de software para produção de cursos online (Sobre o Moodle, 2015), também sendo considerado como um ambiente virtual de aprendizagem (SILVA, 2011) de código aberto, sendo um dos AVAs mais utilizados atualmente (SILVA,

2011; CERESO et al., 2014). A versão do Moodle utilizada neste trabalho foi a 2.5.9.

- **Data-Driven Documents:** Ferramenta fundamental para o desenvolvimento da parte gráfica. Por causa de sua importância, neste trabalho, a seção a seguir faz uma apresentação mais detalhada de seus princípios.

4.3.1 Data-Driven Documents

Data-Driven Documents (D3) é uma biblioteca *JavaScript* para visualização de dados, apresentada no trabalho de Bostock, Ogievetsky e Heer (2011) como uma nova proposta para a manipulação de documentos baseados em dados. Ela usa Web Standards, manipulando dados usando HTML, SVG (W3C, 2011) e CSS. O D3 transforma dados em representação visual que pode ser interativa e/ou dinâmica pela manipulação do *Document Object Model* (DOM). A ferramenta está disponível em Bostock (2015) e pode ser inserida diretamente em um projeto pela referência a uma URL que mantém sempre a versão atual da biblioteca.

Existem outras bibliotecas em *JavaScript* que realizam manipulação de dados, porém elas utilizam o conceito de seleção que consiste em selecionar um conjunto de elementos do DOM e aplicar as operações desejadas sobre ele (BOSTOCK; OGIEVETSKY; HEER, 2011). Para a visualização de dados são necessárias criação e exclusão de elementos e não apenas a manipulação dos existentes. As outras bibliotecas, como jQuery, não foram projetadas para realizar adição e remoção de elementos, embora elas sejam capazes de realizar esta tarefa ao custo de relacionar dados a elementos individualmente, elemento a elemento.

Nem todos os gráficos possuem dados estáticos. Por exemplo, os logs sobre um aluno que utiliza o Moodle, sempre registram novas ações toda vez que o aluno interage com o sistema, as ações na bolsa de valores é outro exemplo. O desenvolvedor pode também permitir que o próprio usuário defina que dados quer ver no gráfico, o que é mais interessante. Portanto, quando os dados apresentados no gráfico precisam ser alterados enquanto ele é exibido, o D3 se destaca por tratar essa mudança de forma mais natural. Ele usa transições, que permitem ao usuário visualizar a reconfiguração do gráfico para o novo estado de modo suave.

D3 permite o uso de JSON como estrutura para armazenar os dados. Dessa forma é possível armazenar os dados a serem utilizados em JSON e manipulá-los para a criação de

uma representação visual. Por meio do D3 é possível relacionar um vetor de objetos com uma operação de adição de elementos, por exemplo, então para cada objeto do vetor é criado um elemento no DOM. As propriedades de cada elemento criado podem ser relacionadas com os atributos do objeto do JSON, isso permite o ajuste específico de valores das propriedades de cada elemento. Por exemplo, é possível criar vários círculos, criando elementos SVG, com tamanhos e cores diferentes conforme as propriedades dos objetos ou também criar um gráfico de barras onde o tamanho da barra é estabelecido pelo valor de um atributo do objeto JSON.

Como o D3 utiliza Web Standards, qualquer navegador moderno é capaz de exibir os gráficos sem a necessidade de *plugins* ou outro elemento similar. Isto significa que os navegadores de Internet atuais podem exibir os gráficos com a mesma qualidade e aparência de forma nativa. Embora seja possível manipular marcações HTML, na prática, bons gráficos são criados com elementos SVG, isso permite que sejam aplicados efeitos de *zoom* ao gráfico sem perder a qualidade de imagem. O uso do padrão SVG permite a criação de linha, polilinha, polígono, círculo, elipse, retângulo e pontos e a partir desses elementos, outras figuras. O fato de o D3 utilizar Web Standards permite que a atualização dos padrões HTML, CSS ou SVG seja imediatamente disponível para ser utilizada pelo desenvolvedor.

Os gráficos criados com D3 podem ser dinâmicos permitindo diversas formas de interação como em Bostock; Ericson; Gebeloff (2012) e em Bostock, Carter e Tse (2014). Existem muitos exemplos de aplicação em gráficos conforme a galeria de trabalhos apresentada em Bostock (2015).

O D3 foi a ferramenta escolhida, pois além de poder ser utilizada para criar e manipular grafos, ela permite a adição e remoção de elementos dinamicamente e interatividade com o usuário. Além disso, usa padrão da Web, o que permite que o gráfico possa ser apresentado em qualquer navegador atual. O D3 permite a criação de gráficos interativos utilizando técnicas de uma área conhecida com Visualização de Informação.

A Visualização de Informação (VI) é uma área da computação que busca aplicar técnicas de computação gráfica para obter uma representação visual e interativa a partir de dados não tratados (brutos) (TEUTSCH; BOURDET, 2010), de forma que o usuário possa manipular um grande número de dados (AMORIM et al., 2013), explorando-os em tempo real para alterar dinamicamente a representação visual.

5 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

O Moodle é um ambiente virtual de aprendizagem que utiliza a linguagem de programação PHP como linguagem de implementação principal e é um sistema Web, logo a ferramenta de identificação e representação de trilhas de aprendizagem baseada em grafos, nomeada como Learning Path Graph (LPGraph), é capaz de se integrar ao PHP e rodar em servidores Apache de forma natural, e no caso dessa pesquisa, está integrada ao Moodle na forma de *plugin*. Por esse motivo, parte do código-fonte segue as especificações de desenvolvimento do Moodle, principalmente no que diz respeito ao formato de apresentação da ferramenta. Embora a ferramenta pudesse ser desenvolvida separadamente do Moodle, com interface própria e apenas acessando o banco de dados do AVA diretamente, a escolha pelo formato de *plugin* justifica-se pelo fato deste trabalho unir-se aos demais do grupo de pesquisa que também utilizam o *plugin* como base de desenvolvimento de suas ferramentas e pela facilidade de uso proporcionada ao usuário, pois este já está familiarizado com o Moodle.

5.1 LÓGICA DE CAMADAS NO LPGRAPH

Durante o planejamento de desenvolvimento, buscou-se a construção de uma modelagem reusável de trilhas de aprendizagem, ou seja, a estrutura da trilha deveria ser renderizável de várias formas possíveis. Com isso, a lógica da ferramenta foi dividida em três camadas: a base de dados, a estrutura de dados das TAs e a apresentação visual. Um resumo da distribuição em camadas pode ser observado na Figura 23.

A base de dados é composta pelo próprio banco de dados e pela criação das *views* que simplificaram as consultas SQL. Uma instalação básica do Moodle possui mais de duzentas tabelas, além disso cada recurso ou atividade utiliza, em geral, mais de uma, dessa forma o uso de tabelas *views* absorve a complexidade das consultas SQL e facilita a portabilidade da ferramenta para outro AVA que não seja o Moodle, uma vez que as consultas SQL são mantidas e apenas as *views* são ajustadas ao banco do novo ambiente.

Para se obter os dados sobre as trilhas de aprendizagem são necessárias consultas a diversas tabelas do Moodle. Converter muitas informações, dessa natureza, na apresentação proposta requer uma estrutura intermediária. Essa estrutura simplificada faz uma síntese de todas as informações necessárias para a representação das trilhas e possibilita que a

representação visual seja desenvolvida de forma independente ou que possa ser mudada futuramente, se necessária.

Por fim, a representação visual foi projetada para que o usuário pudesse ver as trilhas de forma mais amigável e ter possibilidades de interação. Foi pensado também no uso de linguagens não proprietárias, multiplataforma e que não exijam modificações no navegador do usuário.



Figura 23 – Camadas do LPGraph

5.2 ESCOLHA DE FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO

Uma vez definido as camadas do LPGraph, o passo seguinte foi selecionar as linguagens e ferramentas a serem utilizadas em cada uma.

Para a manipulação da base de dados e implementação do LPGraph, foi selecionada a linguagem de programação PHP, uma vez que esta é utilizada no desenvolvimento do Moodle, do lado do servidor e também para desenvolvimento de *plugins* para o Moodle, portanto, esta foi a linguagem adotada no desenvolvimento do LPGraph. O Moodle possui algumas chamadas de função próprias, inclusive para acesso ao banco de dados que foram utilizadas para as consultas, o Moodle se encarrega de realizar a conexão e execução da consulta SQL solicitada retornando um objeto ou vetor de objetos como resposta. O *plugin* utiliza essas funções para coletar os dados necessários e em seguida processá-los.

Para a estrutura de dados foi utilizado o formato JSON por ser reconhecidamente um formato simples e ao mesmo tempo poderoso. As informações relativas aos recursos e atividades, bem como o percurso do aluno entre elas, são armazenadas como vetores de objetos. As características do JSON também permitem que a estrutura de dados simplificada criada, possa ser utilizada não somente para implementar a visualização, mas também para outros tipos de processamento. No caso, devido as características das trilhas de aprendizagem optou-se por utilizar a estrutura de grafos como base. Os recursos e atividades como Fórum, Tarefa, Arquivo, Chat, Glossário, *Quiz*, URL, Wiki, questionários e outros são representados como

vértices e a navegação entre eles são as arestas. Mais detalhes da estrutura são apresentados seção 5.4.

A linguagem PHP, portanto, serve como intermediador entre as informações do banco de dados e a estrutura de dados em formato JSON, pois permite a extração dos dados das tabelas views e a formatação do mesmo para o JSON o que possibilita justamente a estruturação dos dados de forma simples e independente, podendo ser manipulado separadamente em uma camada de apresentação. Assim as informações transitam do banco de dados para o formato JSON e depois para o formato visual.

Como ferramenta para a interface visual das trilhas de aprendizagem foi selecionada a D3.js ou D3 (BOSTOCK, 2015). D3 é uma biblioteca *JavaScript* para a manipulação de documentos baseados em dados (BOSTOCK; OGIEVETSKY; HEER, 2011). Ela usa Web Standards manipulando dados usando HTML, SVG e CSS. D3 permite o uso de JSON como estrutura para armazenar os dados. Dessa forma, foram acoplados os dados sobre as TAs, no formato JSON, com o algoritmo de renderização escrito usando a biblioteca D3.

A Figura 24 apresenta o desenvolvimento da ferramenta aplicada à lógica de camadas. O desenvolvimento do plugin foi realizado em PHP, já a notação JSON, em JavaScript, foi utilizado para estruturar os dados sobre as trilhas de aprendizagem e, por fim, a biblioteca D3.js foi utilizada para criar a representação visual.



Figura 24 – Camadas do LPGraph

5.3 O BLOCO LPGRAPH

O Moodle é um sistema modular e isso permite a criação de novos *plugins* que podem ser instalados conforme a necessidade. Na página de tipos de *plugins* (MOODLE, 2016) do site oficial do Moodle, existe uma lista com 46 tipos de *plugins* diferentes que podem ser criados, sendo um deles o bloco. Blocos são pequenas áreas retangulares que podem ser adicionadas na lateral esquerda ou direita de qualquer página do Moodle

(MOODLE, 2016). Alguns exemplos de blocos são: calendário, usuários online, eventos recentes, administração, navegação, entre outros.

O *plugin* LPGraph constitui-se de um bloco que ao ser clicado abre a ferramenta de visualização das trilhas de aprendizagem. Na Figura 25, é apresentado o bloco do LPGraph, e a partir dele o professor/tutor tem acesso a interface principal do *plugin*. Ao ser capaz de visualizar a sua própria trilha, cogitou-se a possibilidade de o aprendiz sofrer alguma influência no seu padrão de uso do Moodle, portanto, o bloco não é fornecido, para que o seu comportamento não seja influenciado pela ferramenta.

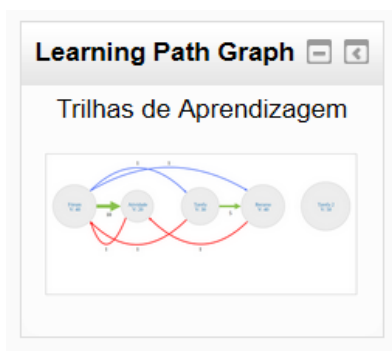


Figura 25 – Bloco do LPGraph

A implementação do bloco LPGraph foi feita em linguagem PHP, seguindo as definições básicas para o desenvolvimento de um *plugin* (PAPAIIOANNOU; PREECE, 2016). O LPGraph é composto de uma única página que é acessada clicando-se na imagem que aparece no bloco, observado na Figura 25.

A Figura 26 apresenta a tela do *plugin* LPGraph que ocupa a parte central da página e mantém todo o contexto do ambiente projetado pelo professor. Ela está dividida em: seleção de dados, identificação dos dados selecionados, opções do grafo, grafo que representa as trilhas de aprendizagem, percentual das arestas e, por fim, lista de recursos e atividades.

Os professores e tutores podem selecionar quais dados desejam utilizar para gerar o grafo das trilhas de aprendizagem:

- Grupos: dados de todos os grupos ou um grupo específico.
- Usuários: dados de todos os usuários ou de um usuário específico.
- De: estabelece a data de início do intervalo de dados.
- Até: estabelece a data final do intervalo de dados.

Todas as informações acima são extraídas do banco de dados do Moodle. Quando não há grupos no curso então as suas opções ficam desabilitadas, além disso somente os

alunos matriculados aparecem na lista de usuários. As datas são pré-estabelecidas conforme os registros na tabela de logs relativos ao curso analisado.

Quando o usuário modifica qualquer uma das opções, uma consulta é realizada ao banco de dados fornecendo informações dos logs para gerar o grafo apresentado pela ferramenta. Por padrão, são carregados todos os dados de todos os grupos e de todos os usuários, neste caso a identificação que aparece é o nome do curso, já quando é selecionado um grupo então aparece a identificação do grupo e quando um aprendiz é selecionado então aparecem sua identificação e a data do último acesso realizado por ele.

Uma vez que o professor/tutor tenha selecionado os dados que deseja visualizar, as informações coletadas são utilizadas para gerar um grafo onde os vértices indicam os recursos e as atividades do curso e as arestas representam a navegação entre eles. Esse grafo, que representa as trilhas de aprendizagem, e seu conjunto de opções são descritos com detalhes na seção 5.6.

Abaixo do grafo são indicadas as proporções de arestas. As arestas verdes, classificadas com o nome de ‘padrão’, indicam que o aluno partiu de um recurso/atividade para o próximo, na ordem de conteúdo que o professor estabeleceu para o curso. Arestas azuis indicam que o aluno visualizou um recurso ou atividade mais à frente, por isso foi chamado de aresta de avanço. As arestas vermelhas significam que o aluno retrocedeu a um recurso ou atividade anterior. As proporções são calculadas dinamicamente de acordo com o que é exibido no grafo, assim, ao modificar a opção “Trilhas” do grafo, o gráfico de barras se ajustará à quantidade de arestas visualizadas. Dentro das barras são indicadas as porcentagens de cada tipo de aresta e no eixo é apresentado o valor absoluto.

Abaixo do gráfico de barras está a lista de recursos e atividades. São listados todos os tópicos do curso, cada tópico possui a mesma cor pela qual é representado no grafo e nele são apresentados os recursos e atividades, estes descritos por meio de: ícone, identificação numérica mais tipo do recurso/atividade, número de acessos e título do recurso ou atividade.

Cada ícone aparece de acordo com o tipo de recurso/atividade, como por exemplo, para o fórum aparecerá o ícone do fórum ou para arquivo aparecerá o ícone correspondente ao arquivo. Os ícones são obtidos do próprio Moodle.

A identificação numérica informa a sequência padrão em que os recursos e atividades foram disponibilizados no Moodle. Optou-se por começar a contagem de zero, pois obrigatoriamente todos os cursos possuem o Fórum de notícias, no qual apenas professores e tutores tem permissão para postar. Esse valor também serve para indicar a posição do vértice

na lista de vértices. Isso está melhor explicado na seção 5.5. Na sequência, aparece o tipo de recurso, que pode ser: fórum, arquivo, questionário, tarefa, o link para uma página externa, entre outros disponíveis no Moodle.

Em seguida, para cada recurso/atividade foi contabilizado o número de acessos. Depois aparece o título definido pelo professor para o conteúdo do curso que também serve de link de acesso direto para cada recurso ou atividade disponível.

Introdução à Ciência dos Computadores Você acessou como Admin User (Sair)

Página inicial ▶ Cursos ▶ 2015/02 ▶ ICC ▶ Learning Path Graph

Navegação

Página inicial

- ▶ Minha página inicial
- ▶ Páginas do site
- ▶ Meu perfil
- ▼ Curso atual
 - ▶ ICC
 - ▶ Participantes
 - ▶ Emblemas
 - ▶ Geral
 - ▶ Módulo 1 - Variáveis e estrutura sequencial
 - ▶ Módulo 2 - Condicional simples e composta
 - ▶ Módulo 3 - Condicional encadeada
 - ▶ Módulo 4 - Repetição por Condição
 - ▶ Módulo 5 - Vetores e Strings
 - ▶ Módulo 6 - Repetição por Contagem
 - ▶ Módulo 7 - Matrizes
 - ▶ Prova Final
 - ▶ Questionários de avaliação
 - ▶ Cursos

Trilhas de Aprendizagem

Interações com atividades e recursos

Grupos: Todos os grupos (2) Usuários: Todos os participantes (82)

De: Data início Até: Agora

Curso: Introdução à Ciência dos Computadores

Recursos/atividades:

Trilhas: Exibir todas Mais usadas Mais usadas por Tipo

Menos usadas

Use o mouse para mover (clique e arraste) / zoom (scrollwheel)

Proporção de arestas

Legenda das cores: Avanço Padrão Retorno

Cor	Porcentagem
Avanço	37,84 %
Padrão	31,08 %
Retorno	31,08 %

Legenda

Geral		
0 Fórum	(244 acessos)	Fórum de notícias
1 Arquivo	(105 acessos)	Plano de Ensino IPC 2015-2 - Elétrica - (Atualizado em 19/10/15)
2 Arquivo	(106 acessos)	Plano de Ensino IPC 2015-2 - Física - (Atualizado em 19/10/15)
3 Arquivo	(94 acessos)	Aula00 - Apresentação Disciplina - C
4 Arquivo	(113 acessos)	Aula00 - Apresentação Disciplina - Python
5 Arquivo	(49 acessos)	Guia de instalação do aplicativo
6 Página	(93 acessos)	Atividade 00 - A Hora do Código
7 Arquivo	(118 acessos)	LabCod00 - Python
8 Arquivo	(186 acessos)	LabCod00 - C
Tópico 1 - Módulo 1 - Variáveis e estrutura sequencial		
9 Fórum	(48 acessos)	Fórum de dúvidas
10 Arquivo	(100 acessos)	Aula01 - Variáveis e Estrutura

Pesquisar nos Fóruns

[Pesquisa Avançada](#)

Últimas notícias

[A acrescentar um novo tópico...](#)

1 Fev, 15:37

[Notas lançadas no Portal](#)

5 Jan, 11:38

[Novo local da tutoria de amanhã](#)

22 Dez, 09:38

[Avaliação 06 - amanhã](#)

4 Dez, 14:11

[Aula 07-12](#)

21 Out, 22:00

[Novo horário das avaliações da Física - das 8:30 às 9:30h](#)
[Tópicos antigos ...](#)

Próximos eventos

Não há nenhum evento próximo

[Calendário...](#)
[Novo evento...](#)

Atividade recente

Atividade desde segunda, 1 Fev 2016, 18:58

[Relatório completo da atividade recente](#)

Nenhuma novidade desde o seu último acesso

Monitor de Desempenho

[Analisar Desempenho](#)

[Atividades sem Correção](#)

[Possíveis Evadidos \(Alunos sem notas\)](#)

[Ajuda](#)

Learning Path Graph

Trilhas de Aprendizagem

Monitor de Comportamento

Acompanhamento pedagógico

[Tarefas](#)

[Fóruns](#)

Administração

- ▼ Administração do curso
 - ▶ Ativar edição
 - ▶ Editar configurações
 - ▶ Usuários
 - ▶ Filtros
 - ▶ Relatórios
 - ▶ Notas
 - ▶ Emblemas
 - ▶ Backup
 - ▶ Restaurar
 - ▶ Importar
 - ▶ Publicar
 - ▶ Reconfigurar
 - ▶ Banco de questões
- ▶ Mudar papel para...
- ▶ Minhas configurações de perfil
- ▶ Administração do site

Figura 26 – Tela do LPGraph

5.4 TABELAS VIEWS

O LPGraph foi implementado como um bloco do Moodle, ambiente utilizado pelo grupo de pesquisa. Contudo, buscou-se desenvolver uma ferramenta independente do AVA utilizado, a partir da simplificação de consultas por meio do uso de tabelas *views*.

A tabela *view*, também conhecida como tabela virtual consiste em um conjunto de linhas resultantes de uma consulta predeterminada ao banco de dados (GILMORE, 2008). A tabela *view* abstrai a complexidade de uma consulta que precisa acessar muitas tabelas, facilitando assim a manutenção do código. Ela também pode manter os dados sensíveis seguros, basta não selecionar os campos com esses dados na consulta da *view*.

Na ferramenta, foram criadas duas tabelas virtuais, uma para os registros dos logs e outra para as os recursos e atividades. A tabela de logs do Moodle mantém um registro sobre os acessos a cada módulo do ambiente virtual, as principais informações são: o *timestamp* (data/hora), o id do curso, o id do usuário, o nome do módulo, o id da instância do módulo acessado. Todas essas informações estão em tabela *view* chamada *view_paths*, utilizada para identificar tudo o que o aprendiz acessou.

Existem muitos módulos no Moodle, sendo Fórum, Chat, Glossário, Questionário, Tarefa e URL apenas alguns exemplos, cada um deles possui seu próprio conjunto de tabelas. Para cada recurso ou atividade criada no Moodle, um novo registro é criado na tabela do módulo utilizado, o que é chamado de instância, assim como na orientação a objetos, onde os objetos são instâncias de classes. Para cada módulo, a instância possui um identificador (id) próprio, mas como as instâncias ficam em tabelas separadas, os valores do id podem conflitar. Para contornar este problema existe uma outra tabela, a *course_modules*, ela mantém uma identificação única chamada de *cmid* que identifica cada instância do Moodle independente do módulo. Por meio da tabela *course_modules* em conjunto com a principal tabela de cada módulo é possível coletar os dados de todas as instâncias necessários para a criação do grafo. Por meio de uma consulta que integrou todas essas informações criou-se a tabela *view_instances*. Com isso a recuperação das instâncias é mais simples.

5.5 A ESTRUTURA SIMPLIFICADA DOS DADOS

A estrutura formada a partir dos logs de acesso simplifica a manipulação dos dados das trilhas de aprendizagem dos aprendizes. Ela é baseada no princípio da definição de grafos

e é a fonte de dados para a representação visual implementada com o D3.js (seção 5.6). A estrutura simplificada da ferramenta é formada por um conjunto de vértices e um conjunto de arestas, da seguinte forma, em linguagem *JavaScript*:

```
var grafo= {"vertices": vertices, "arestas": arestas};
```

A variável *vertices* é um vetor que contém todos os vértices do grafo. Um vértice é um objeto JSON que representa uma instância de um recurso ou atividade do curso. Cada vértice contém as seguintes informações:

- *cmid*: identificador da instância (recurso/atividade);
- *module*: Nome do módulo e, conseqüentemente, nome da tabela no banco de dados, sem o prefixo (em geral, “mdl_”), onde se encontra a instância. Por exemplo: “forum”;
- *module_name*: nome do módulo em linguagem traduzida, precedida de um número, contado a partir de zero, que identifica a seqüência ordenada das instâncias estabelecida pelo docente. Por exemplo: “0 Fórum”;
- *name*: nome ou título da instância. Essa informação é estabelecida pelo docente. Por exemplo: “Fórum de notícias”;
- *pos*: número que identifica em que posição está a instância dentro da seqüência de recursos e atividades estabelecida pelo docente: Por exemplo: 0;
- *section*: número que identifica o tópico/unidade no curso ao qual a instância pertence. Por exemplo: 0;
- *section_name*: nome ou título do tópico/unidade. Poder ser definido pelo docente, caso contrário atribui-se o nome “Tópico” mais o número do tópico/unidade. Por exemplo: “Tópico 0”;
- *value*: Número que indica o total de interações com a instância.

A variável *arestas* é um vetor contendo todas as arestas do grafo. Uma aresta é um objeto JSON que representa a navegação do aprendiz ao usar o AVA e interagir com os recursos e atividades. Cada aresta contém as seguintes informações:

- *source*: identificador da instância de partida da interação do aprendiz. Indica o valor do atributo *pos* de um vértice;
- *target*: identificador da instância de chegada da interação do aprendiz. Também indica o valor *pos* do vértice acessado. Dessa forma, é possível identificar a origem e o destino da aresta;

- *value*: número de vezes que o aprendiz realizou o trajeto do vértice *source* para o vértice *target*;
- *type*: informa a classificação das arestas. Existem três classificações possíveis: retorno, padrão e avanço (ver seção 5.6). Por exemplo: “retorno”;
- *is_max_value*: indica se a aresta, dentre todas as arestas partindo do vértice de origem (atributo *source*), é a que possui o maior valor;
- *is_min_value*: indica se a aresta, dentre todas as arestas partindo do vértice de origem, é a que possui o menor valor;
- *is_max_value_avanco*: caso a aresta seja do tipo ‘avanço’, indica se a ela, dentre todas as arestas do tipo ‘avanço’ partindo do vértice de origem, é a que possui o maior valor;
- *is_max_value_retorno*: caso a aresta seja do tipo ‘retorno’, indica se a ela, dentre todas as arestas do tipo ‘retorno’ partindo do vértice de origem, é a que possui o maior valor;

5.6 IMPLEMENTAÇÃO DA REPRESENTAÇÃO VISUAL

Uma das vantagens da modelagem das trilhas de aprendizagens utilizando grafos, é que além da criação de uma estrutura simplificada também é possível representar visualmente as informações. Como as trilhas decorrem da interação do aprendiz com o AVA, um grafo evidencia melhor as TAs que gráficos de barras, por exemplo. Portanto, neste trabalho, o grafo representa visualmente as trilhas de aprendizagem da seguinte forma: os vértices são as instâncias dos recursos e atividades do curso que estão visíveis para os alunos e as arestas representam a navegação do usuário entre um vértice e outro. A ferramenta visual é importante, pois facilita a interpretação dos dados.

O D3 é a biblioteca JavaScript que utiliza padrões da Web para a visualização de dados e foi utilizada para representar as TAs. A representação tem dois níveis:

- Nível 1: em geral, cursos são subdivididos em tópicos ou unidades aos quais os recursos e atividades pertencem. Esses tópicos são o primeiro nível, como é possível ver na Figura 27. Cada tópico possui uma cor que o identifica e uma legenda ao centro. A legenda é composta pela palavra ‘Tópico’ mais uma numeração a contar a partir do zero. Optou-se por começar com zero, pois como de costume em cursos do Moodle, onde aplicamos a ferramenta, o

primeiro tópico não disponibiliza conteúdo. Em geral, o docente utiliza este espaço para apresentar o plano de ensino e informações sobre a disciplina. O Fórum de Notícias da disciplina também costuma ficar no ‘Tópico 0’. Caso o usuário queria visualizar o título do tópico, basta repousar o mouse sobre ele.

- Nível 2: neste nível, o LPGraph exibe o grafo que representa as trilhas de aprendizagem. Aqui os vértices e arestas são exibidos, conforme é possível ver na Figura 28. Cada vértice é apresentado dentro tópico ao qual pertence.

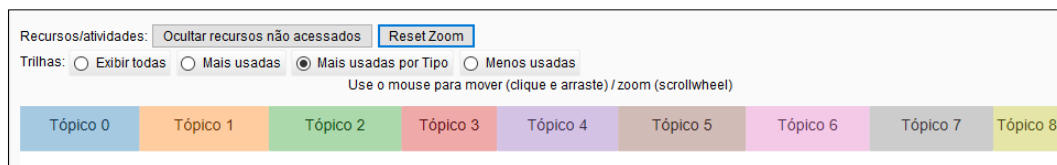


Figura 27 – Nível 1 das Trilhas de Aprendizagem

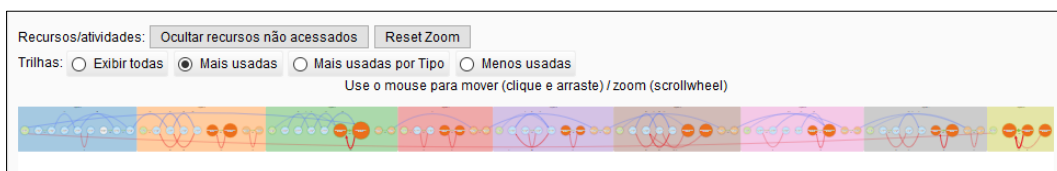


Figura 28 – Nível 2 das Trilhas de Aprendizagem

Os vértices são representados por círculos coloridos, sendo que a cor da borda indica o tópico ao qual ele pertence, enquanto a cor interna indica o tipo de módulo (recurso/atividade) e está relacionada com as cores dos ícones do Moodle. Dentro do círculo aparecem três informações:

- Ordem: um número que indica a ordem do vértice dentro da sequência definida pelo docente para os recursos e atividades. Essa numeração parte de zero, verificou-se que, em geral, este vértice é o ‘Fórum de Notícias’.
- Nome do módulo: indica o tipo do recurso ou atividade como, por exemplo, ‘Fórum’, ‘Arquivo’, ‘Página’, ‘Questionário’ ou ‘Tarefa’.
- V: o número de visualizações da instância.

Quando o usuário repousa o mouse sobre o vértice, ele exibe o título da instância e o número de visualizações novamente.

As arestas são coloridas e informam o número de vezes que um aprendiz ou aprendizes partem de um vértice para outro. A espessura da aresta é proporcional a este valor. Cada cor representa um tipo de aresta:

- Azul: é a cor da aresta de avanço e indica uma navegação de um recurso/atividade para o outro mais à frente que o sucessor imediato. Dado um vértice i e um vértice j , a aresta que parte de i e incide em j é do tipo avanço se $j > i + 1$, onde i e j são a ordem do vértice.
- Verde: é a cor da aresta padrão, representando a navegação de recurso/atividade para o sucessor imediato. Dado um vértice i e um vértice j , a aresta que parte de i e incide em j é do tipo padrão se $j = i + 1$, onde i e j são a ordem do vértice.
- Vermelho: é a cor da aresta de retorno e indica uma navegação de um recurso/atividade para outro anterior. Dado um vértice i e um vértice j , a aresta que parte de i e incide em j é do tipo retorno se $j < i$, onde i e j são a ordem do vértice.

Com relação às opções de visualização das trilhas, é possível exibir ou ocultar recursos/atividades não acessados. Esta opção fica acima do gráfico, na forma de um botão. A Figura 29 mostra todos os recursos e atividades, inclusive os vértices 0, 2, 6, 7 e 9 que não foram acessados. A Figura 30 exhibe somente vértices acessados do mesmo curso.

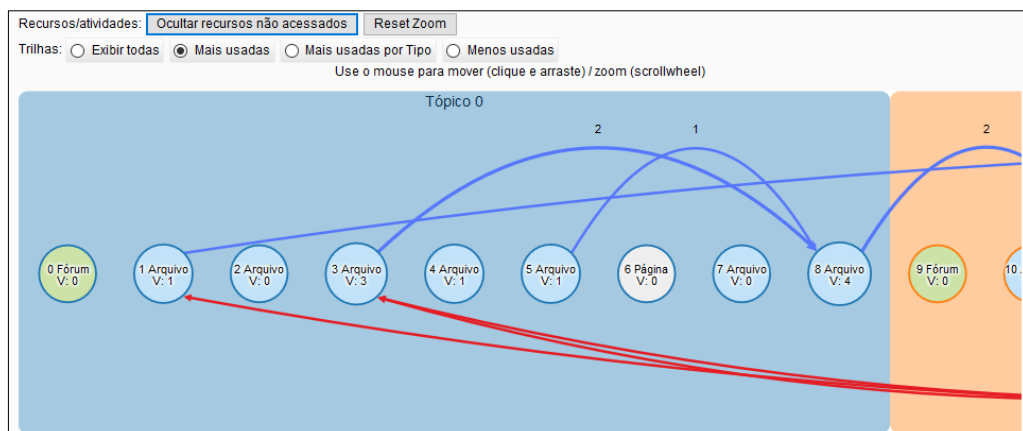


Figura 29 – Visualização de todos os recursos

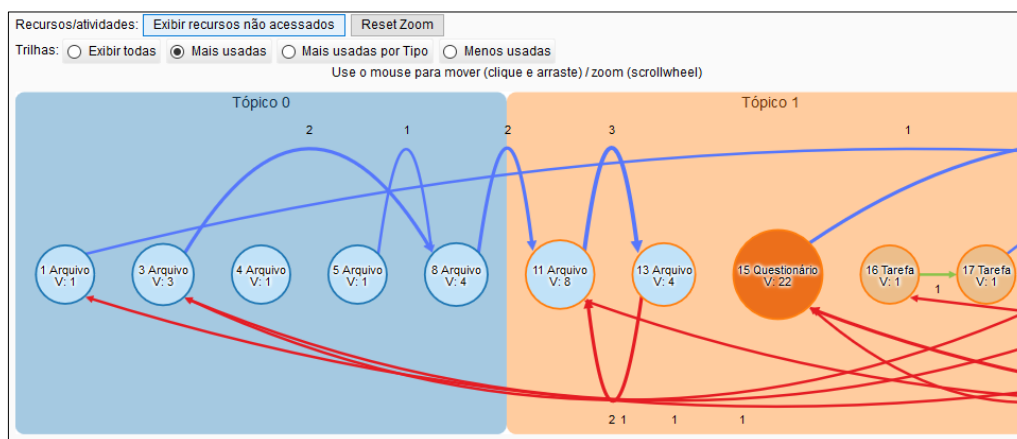


Figura 30 – Visualização apenas dos recursos acessados

O botão ‘Reset Zoom’ reinicia as configurações do gráfico. Isso também acontece automaticamente quando o navegador é redimensionado.

Representar as TAs como grafos gera muitas arestas, dessa forma houve a necessidade de criar algumas opções para limitar a quantidade de arestas exibidas e assim, facilitar a compreensão do grafo. Existem quatro opções para a exibição das trilhas:

- Exibir todas: exibe todas as arestas do grafo. Esta opção não é recomendada quando existem muitas arestas, pois fica mais difícil analisar o grafo, como, por exemplo, na Figura 31.
- Exibir apenas as mais usadas: para cada vértice, apenas a aresta de maior peso que parte dele é exibida, conforme a Figura 32. Esta opção apresenta as principais trilhas de aprendizagem.
- Exibir apenas as mais usadas por tipo: para cada vértice, apenas a aresta de maior peso de cada tipo que parte dele é exibida. Nesse caso, são no máximo três arestas por vértice, a Figura 33 apresenta esta opção, onde cada vértice apresenta no máximo uma aresta de cada cor, por vértice.
- Exibir apenas as menos usadas: para cada vértice, apenas a aresta de menor peso que parte dele é exibida, esta opção é representada na Figura 34.

Além das opções disponíveis, o usuário pode interagir como o gráfico deslizando as trilhas para esquerda ou direita, aplicando zoom com a roda do mouse, ou clicando sobre um tópico.

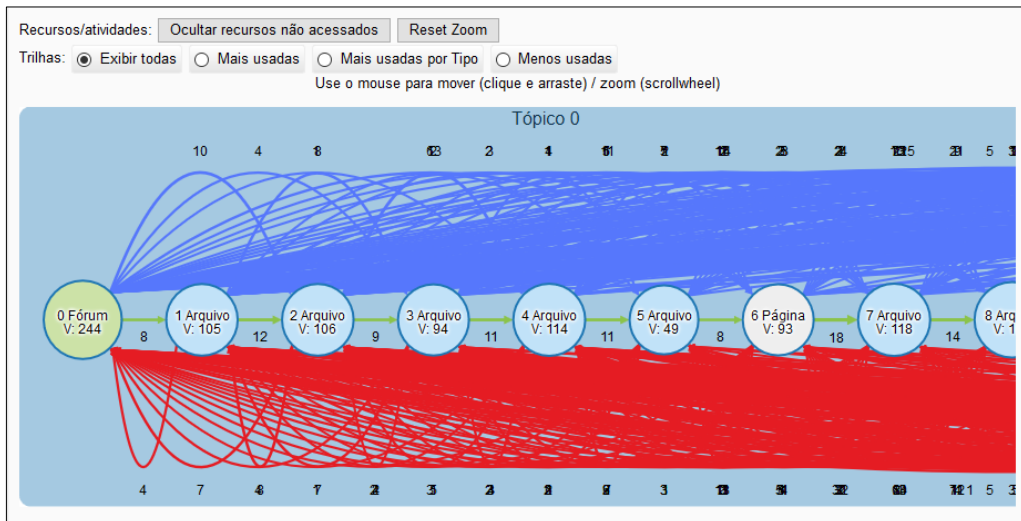


Figura 31 – Grafo com a opção ‘Exibir todas as arestas’ selecionada

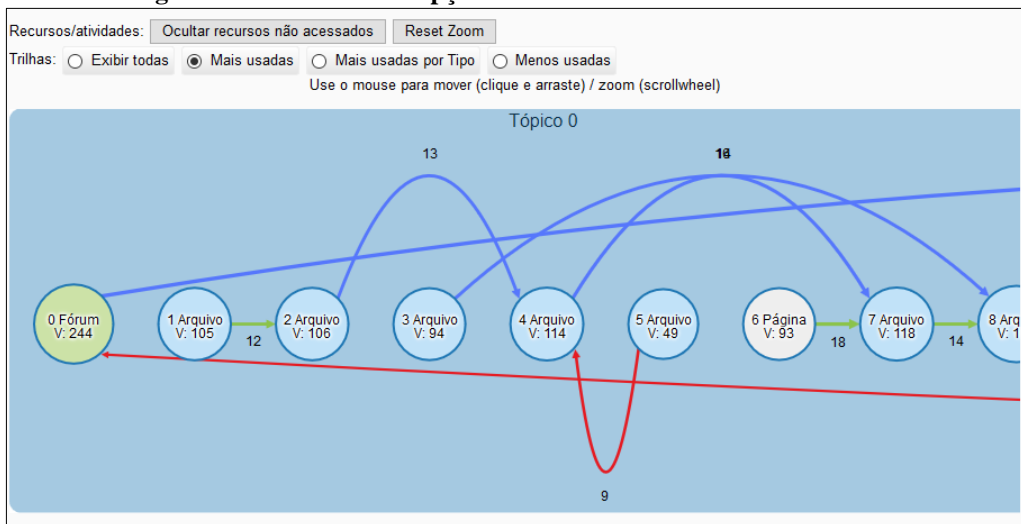


Figura 32 – Grafo exibindo apenas as arestas mais usadas de cada vértice

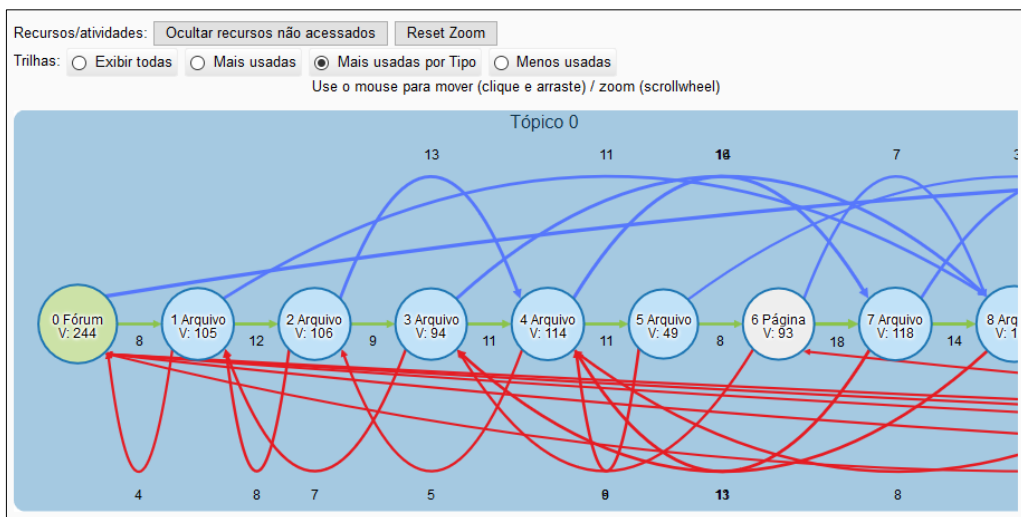


Figura 33 – Grafo exibindo as arestas mais usadas por tipo (avanço, padrão, retorno)

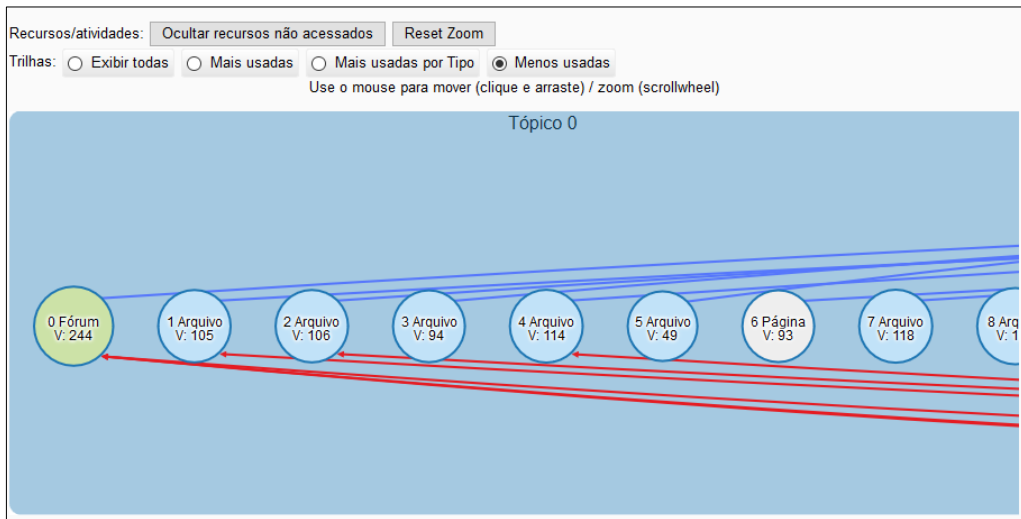


Figura 34 – Grafo exibindo apenas as arestas menos usadas

6 CENÁRIOS DE APLICAÇÃO

O *plugin* LPGraph foi utilizado em duas disciplinas que utilizam o Moodle: Introdução à Ciência dos Computadores (ICC), com uma turma do curso de Física (28 alunos) e outra do curso de Engenharia Elétrica (42 alunos), e a disciplina de Matemática Discreta (MD) (43 alunos) com uma turma de Ciência da Computação. Ambas as turmas foram informadas da pesquisa e os alunos também assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

A versão do Moodle utilizada para a pesquisa foi a 2.5.9, embora a versão mais recente (até o fechamento deste trabalho) seja a 3.0.3. O uso da versão em questão ocorreu pelo fato de ser a mesma utilizada pelo Centro de Educação a Distância (CED) da UFAM, o qual será beneficiado com os resultados desta e de outras pesquisas do grupo. Para a criação dos cursos (disciplinas) foi utilizado o formato de tópicos, o que dividiu o conteúdo das disciplinas em diversos módulos, de acordo com o assunto a ser tratado e na ordem estabelecida pelos próprios docentes. O objetivo do primeiro módulo, tanto de ICC quanto de MD, foi tratar de diretrizes gerais como: plano de ensino, apresentação das disciplinas e uso de um aplicativo móvel que foi disponibilizado aos alunos. Além disso, por padrão, ainda no primeiro módulo fica disponível o fórum de notícias pelo qual o professor pode comunicar aos alunos informações sobre a disciplina como, por exemplo, o lançamento de notas, mudança do local/hora das aulas ou uma nova data de avaliação.

Quanto aos recursos e atividades, foram utilizados: Fórum, Arquivo, Página, Questionário (*Quiz*), Tarefa e URL. Cada módulo continha um fórum de dúvidas exclusivo para o assunto de destaque do módulo. O recurso Arquivo foi utilizado para fornecer o conteúdo da aula, lista de exercícios e orientações para atividades práticas. O recurso Página e também o URL serviram para fornecer links para recursos externos ao Moodle. Já o Questionário e a Tarefa são atividades utilizadas para a avaliação dos alunos. Os cenários de aplicação da ferramenta são apresentados com base nos estudos realizados nos cursos acima descritos.

Com a ferramenta, o professor pode visualizar as trilhas de aprendizagem mais usadas por todos os alunos, por um grupo (turma) ou por um aprendiz específico. Dessa forma é possível analisar tendências no comportamento de forma coletiva ou individual. A ferramenta não compara trilhas de aprendizagem, por exemplo, comparar aluno A com aluno B ou Grupo A com Grupo B.

Cada aluno ao utilizar o AVA vai deixando uma trilha percorrida pelos recursos e atividades disponíveis. Ao acumular as trajetórias de cada aluno, é possível identificar os principais caminhos utilizados e assim estabelecer uma trajetória que represente o grupo ou o curso com um todo. Quanto maior a utilização do AVA, mais informações temos sobre as TAs.

Para analisar todos os alunos do curso, na opção Grupos deve-se selecionar o item ‘Todos os grupos’ e em Usuários deve-se escolher ‘Todos os participantes’. Dessa forma o *plugin* irá recuperar os dados de todos os aprendizes. A Figura 35 apresenta as opções disponíveis para que o docente/tutor especifique a fonte dos dados a serem analisados. Ele pode escolher por grupo (turma), usuários e o intervalo dos dados.

The image shows a screenshot of a web interface titled "Trilhas de Aprendizagem" (Learning Trails). Below the title is the subtitle "Interações com atividades e recursos" (Interactions with activities and resources). There are two main filter sections. The first section is labeled "Grupos:" (Groups:) and has a dropdown menu set to "Todos os grupos (2)" (All groups (2)). Below it is a date range filter with "De" (From) set to "Data início" (Start date) and "Até" (Until) set to "Agora" (Now). The second section is labeled "Usuários:" (Users:) and has a dropdown menu set to "Todos os participantes (82)" (All participants (82)). Below it is a date range filter with "De" (From) set to "data início" (start date) and "Até" (Until) set to "agora" (now).

Figura 35 – Opções para a seleção de dados.

A Figuras Figura 36, Figura 37 e Figura 38 apresentam parcialmente as TAs dos cursos de ICC e MD, de acordo com as configurações acima, com a seleção da turma na opção Grupo para a disciplina de ICC, e mostrando apenas as trilhas mais usadas. A exibição apresenta apenas um trecho relativo ao Tópico 1 de cada disciplina. É interessante observar que as Figuras Figura 36 e Figura 37 são da mesma disciplina, com os mesmos recursos e atividades, analisadas durante o mesmo intervalo de tempo, porém cada turma apresenta um comportamento diferente. A turma de Física tem uma navegação mais concentrada, o que pode ser observado pelas arestas mais largas. É possível concluir também que os vértices 10 (Aula01 - Variáveis e Estrutura Sequencial - Python) e 12 (LabCod01 - Python) são importantes para os aprendizes que acessam o questionário, indicado pelo vértice 14 (Quiz 1 - Python). Nesse caso, ficou claro que os estudos da turma de Física (Figura 37) se concentraram no conteúdo sobre a linguagem de programação Python. Por outro lado, a turma de Engenharia Elétrica (Figura 36) estudava sobre a linguagem de programação C.

Observa-se também que, em ambas as turmas, os aprendizes interagem muito mais com os questionários, isso porque essas atividades exigem muita mais interação com o Moodle. Apesar do curso de Física ter menos alunos, o número de interações com vértices do tipo arquivo é bem semelhante ao número de interações do curso de Engenharia Elétrica. Ao final, a média da turma, para a atividade do questionário, é levemente superior para a turma

de Física, que no geral interagiu mais, se for considerado o número de alunos, são 28 alunos contra 42 da turma de Engenharia Elétrica. Porém, na média final do Tópico 1, a menor média, na comparação entre as duas turmas, foi da turma de Física que retornou a recursos anteriores com mais frequência, o que é indicado pela aresta vermelha, em relação às arestas padrão e de avanço. Isso parece indicar que a turma teve dificuldades para compreender o assunto do tópico e, por isso, precisou recorrer, mais vezes, aos conteúdos anteriores. A tendência, de voltar a recursos anteriores, se mantém mais elevada no decorrer da disciplina para a turma de Física. Comparando as médias finais, ao final da disciplina, a maior média é do curso de Engenharia Elétrica.

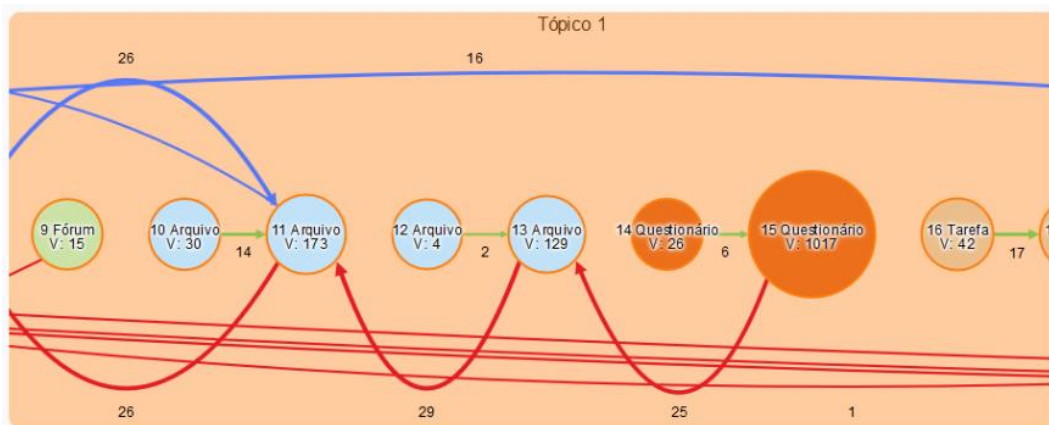


Figura 36 – Parte da TA da turma de Engenharia Elétrica na disciplina de ICC

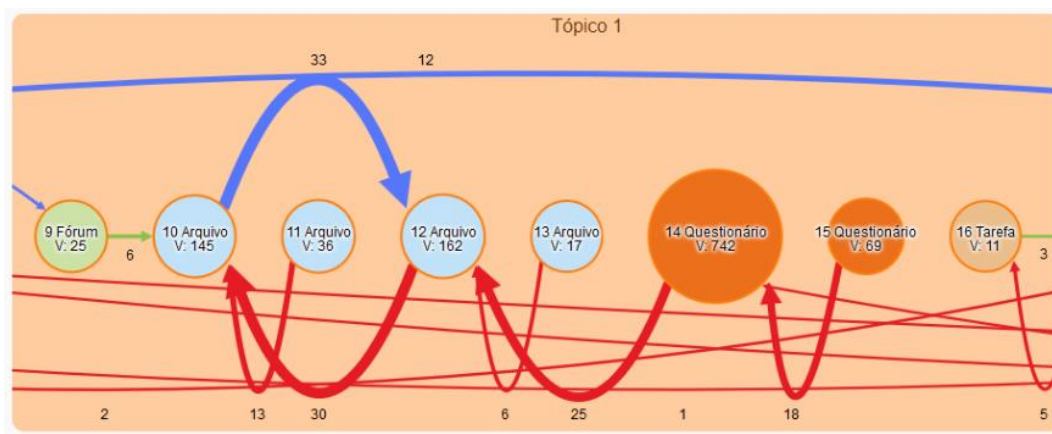


Figura 37 – Parte da TA da turma de Física na disciplina de ICC

Dessa forma, verificou-se que, para as turmas analisadas, uma proporção maior do número de arestas vermelhas indica que há uma grande chance de a turma estar enfrentando dificuldades no aprendizado.

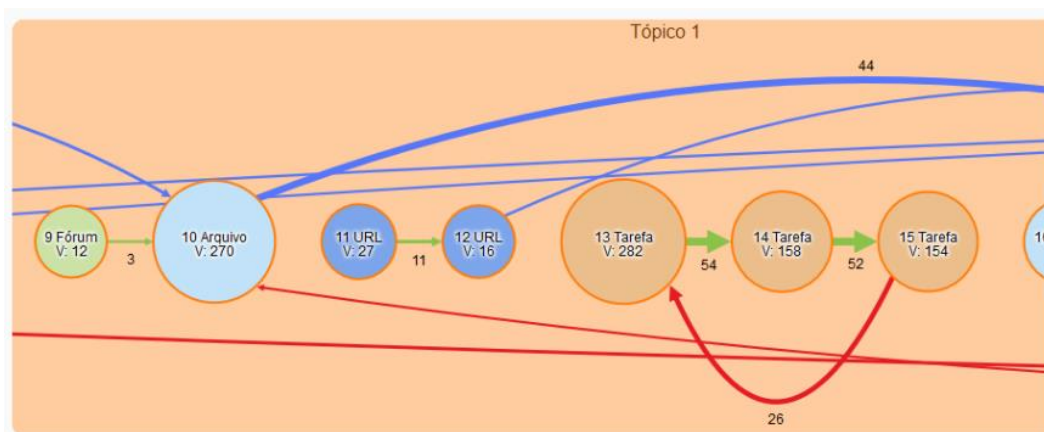


Figura 38 – Parte da TA da turma de Ciência da Computação na disciplina de MD

A Figura 38, apresenta uma visão parcial da TA da turma de Matemática Discreta. Observa-se que a turma costuma acessar os recursos diretamente, porém acessaram pouco os links externos (URL). No tópico 1 foram 27 e 16 acessos, apesar de a turma ter 43 alunos matriculados. O professor de posse dessa informação poderia avaliar o porquê de os alunos não utilizarem esses recursos de forma efetiva. Um aluno pode visualizar o mesmo recurso várias vezes, ou seja, no máximo 27 alunos acessaram o recurso 11 URL, se cada um deles acessou apenas uma vez. Portanto, o professor também consegue identificar se um recurso/atividade que ele disponibilizou está sendo utilizado pelos alunos.

Também foi verificado o uso do LPGraph para a análise de trilhas de aprendizagem de um aluno individualmente. Neste caso, foram observadas as TAs de alguns alunos, que, para o conteúdo do Tópico I, tiveram médias altas e baixas. Percebeu-se que para o primeiro caso, as trilhas dos alunos continham poucas arestas e, portanto, eram visualmente mais limpas, além disso, as arestas mais utilizadas são predominantemente as arestas de avanço, de cor azul. Já ao analisar as TAs com alunos com média mais próximas de zero, observou-se que há mais arestas e elas estão mais espalhadas, e que ao selecionar a opção de visualizar apenas as trilhas mais usadas, a quantidade de arestas de retorno (vermelhas) é maior. Em conjunto com essa informação, um número pequeno de arestas também pode indicar uma tendência a evasão. As Figuras Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42 e Figura 43 mostram as TAs de alunos com médias próximas de dez ao final do Tópico 1 e proporção do número de arestas por tipo.

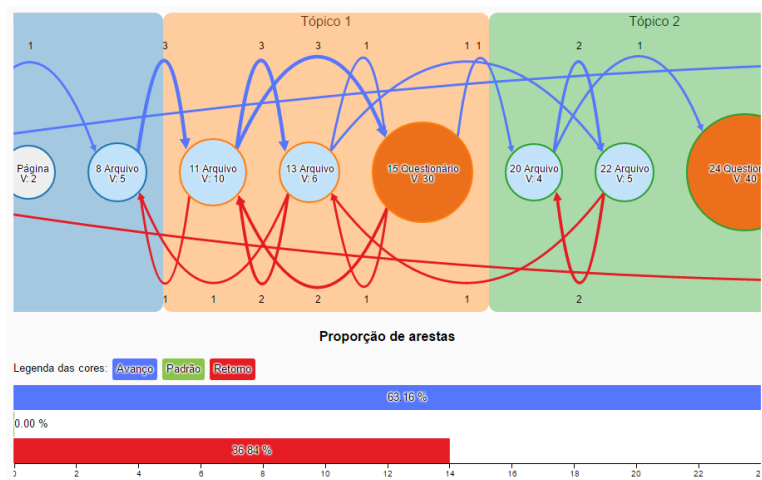


Figura 39 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 1.

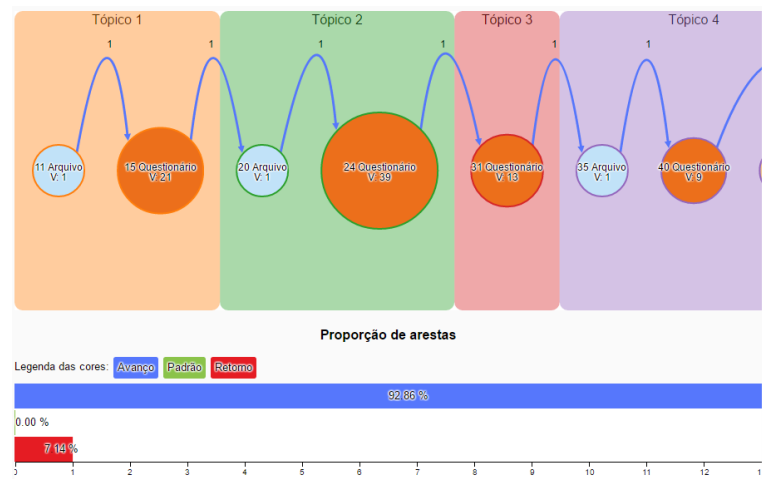


Figura 40 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 2.

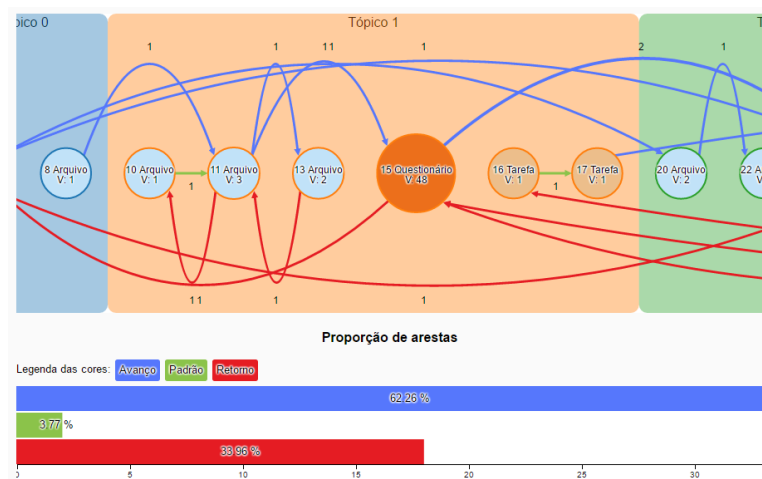


Figura 41 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 3.

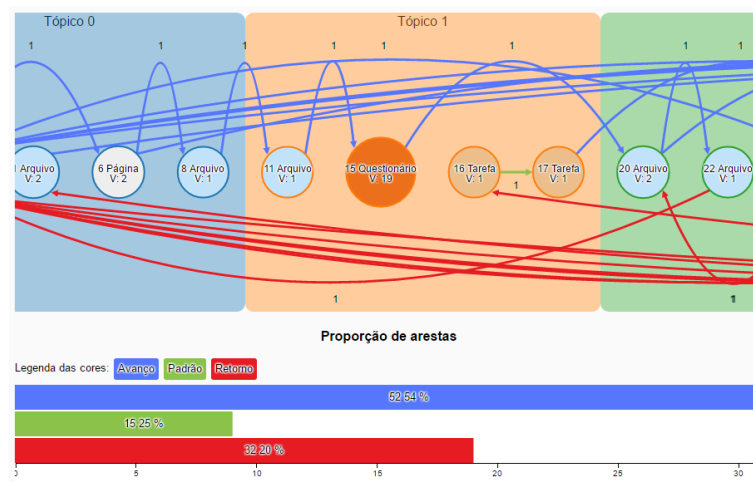


Figura 42 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 4.

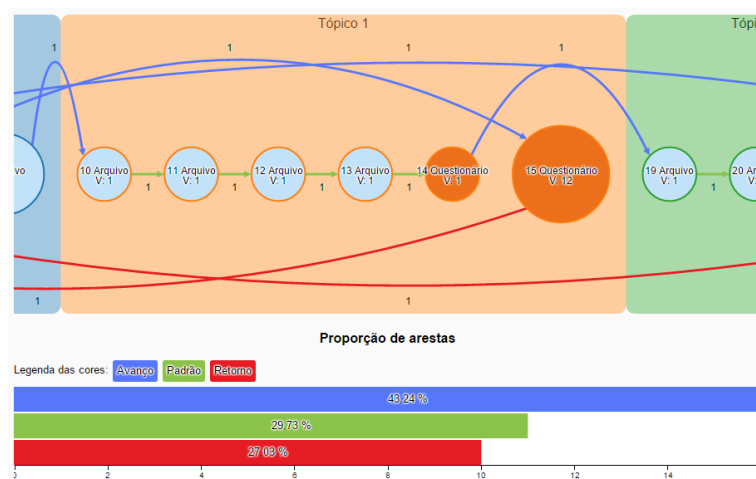


Figura 43 – TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 5.

As Figuras Figura 44, Figura 45, Figura 46 e Figura 47 mostram as TAs de alunos com as médias mais baixas para o Tópico 1. Observa-se um maior número de arestas espalhadas e ao visualizar apenas as arestas mais usadas, a proporção de arestas de retorno tende a aumentar.

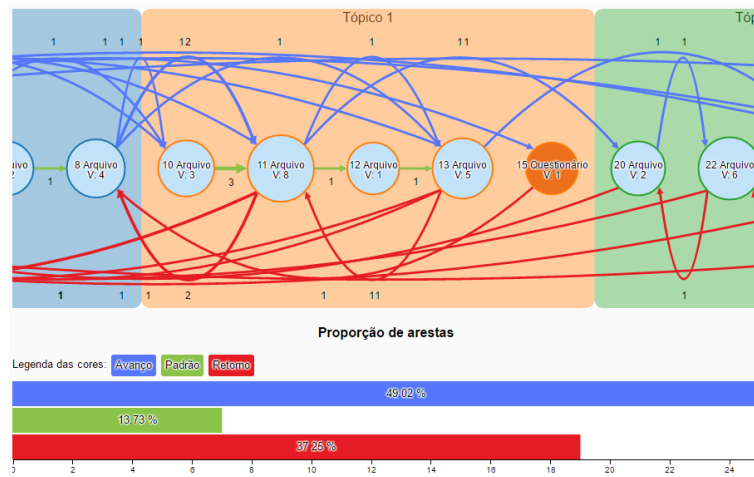


Figura 44 – TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 1.

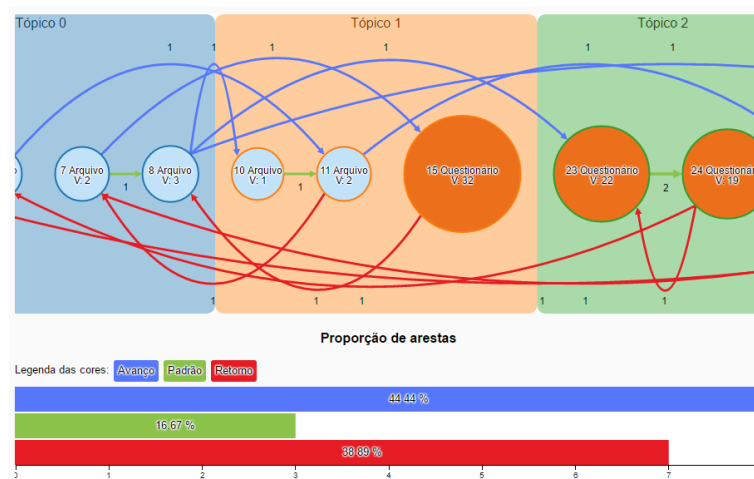


Figura 45 – TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 2.

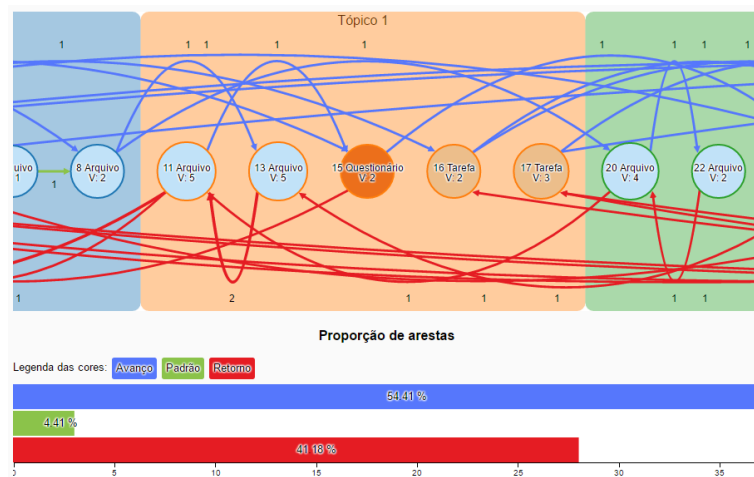


Figura 46 – TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 3.

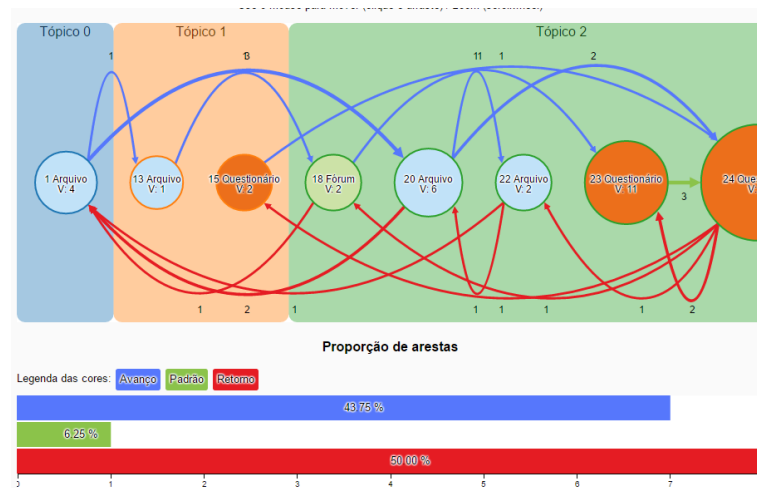


Figura 47 – TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 4.

Além da análise realizada sobre os dados processados, que confirmam o potencial da ferramenta, foi realizado um levantamento acerca da opinião dos usuários sobre o uso do LPGraph em suas atividades de acompanhamento da turma. Um questionário baseado no modelo de aceitação de tecnologia foi apresentado aos participantes. Os resultados são apresentados no Anexo I.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresentada trata da representação visual das trilhas de aprendizagem em AVAs, com o objetivo de auxiliar o professor no monitoramento do processo de aprendizagem de seus alunos. Foi realizada uma revisão *quasi*-sistemática buscando-se identificar como as TAs são representadas e se havia representações para professores ou alunos. Como resultado, descobriu-se que apenas quatro publicações apresentavam ferramentas que permitiam a visualização das trilhas de aprendizagem por parte dos alunos e/ou professores. Elas destacavam a importância da exibição dos dados coletados pelos AVAs em um formato facilitado que fosse compreensível ao docente e que, a partir do qual, ele pudesse verificar o comportamento de seus alunos servindo de fonte de informação para o professor tomar suas decisões. Até o momento foram publicados três trabalhos decorrentes da pesquisa: um relatório técnico da RSL (RAMOS; OLIVEIRA, 2015), um artigo no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (RAMOS et al., 2015) e outro no Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (RAMOS; OLIVEIRA; RAMOS, 2015).

Com base nas informações levantadas na RSL, foi desenvolvida uma ferramenta em formato de *plugin* para o Moodle, chamada de *Learning Path Graph* (LPGraph). O LPGraph identifica e representa visualmente as trilhas de aprendizagem dos alunos que utilizam o Moodle com base nos registros de acesso aos recursos e atividades.

Os registros foram extraídos do banco de dados do Moodle. Para a identificação das trilhas de aprendizagem usou-se as tabelas *views*, ou tabelas virtuais, para agrupar as informações relevantes com as quais a pesquisa utilizou a representação dos grafos para desenvolver a estrutura simplificada, em formato JSON, e a representação visual, implementada com a biblioteca *JavaScript* de visualização de dados D3.

A ferramenta mostrou-se promissora em representar as trilhas e, dessa forma, permitir o acompanhamento do aluno dentro do AVA. O LPGraph não beneficia apenas a EaD, mas qualquer modalidade de ensino que utiliza o Moodle como meio de comunicação e interação entre professor, aluno e conteúdo. Contudo, vale informar que ferramenta possui algumas limitações. O LPGraph não armazena as trilhas de aprendizagem, ele apenas as gera, em tempo real, a partir das opções do usuário. A ferramenta foi projetada para trabalhar com o banco de dados do Moodle 2.5.9, sendo necessárias adaptações para funcionar com outros bancos. A ferramenta foi desenvolvida para ser utilizada em cursos com formato de tópicos apenas. O LPGraph também não faz comparação e nem análise das trilhas de aprendizagem.

Apesar das limitações acima, este trabalho teve a preocupação em desenvolver um modelo de trilhas de aprendizagem de forma que pudesse servir de base para outras pesquisas. Acredita-se que o uso de grafos, para estruturar os dados das trilhas, possa gerar possibilidades de criação de novas ferramentas. É possível, por exemplo, utilizar correspondência de grafos para comparar as trilhas e obter agrupamentos. A ferramenta pode ser utilizada em uma turma, durante o decorrer das aulas, e também pode analisar dados de uma turma já encerrada. A análise em tempo real permite que haja uma intervenção imediata por parte do professor.

A partir do que foi observado durante esta pesquisa, pretende-se para trabalhos futuros: analisar a ferramenta em uma quantidade maior de turmas, com perfis diferentes, como em cursos totalmente a distância, semipresenciais e *blended learning*, por exemplo; realizar testes de usabilidade mais específicos; melhorar o desempenho gráfico da ferramenta; realizar parcerias com especialista para validação e; automatizar a análise das trilhas de aprendizagem, por meio de aprendizagem de máquina e/ou mineração de dados, reduzindo o esforço necessário, por parte do professor, para compreender o comportamento dos seus alunos e a partir de então, fornecer diagnósticos e sugestões de ações a serem tomadas.

O modelo também pode contribuir para solucionar problemas como o *cold start*, que ocorre na fase inicial dos sistemas que realizam recomendação, quando o sistema precisa de dados sobre os usuários para fornecer recomendações, porém o usuário não utiliza o sistema pois ele ainda não fornece as recomendações gerando um impasse (GUTIÉRREZ; PARDO; KLOOS, 2006). É possível ainda auxiliar recomendações de grupos de aluno para a realização de atividades colaborativas, acompanhar a evolução de um aluno ao longo do tempo, verificar a influência dos recursos disponibilizados com as taxas de aprovação e reprovação, associar o comportamento do aluno a tendências de evasão, verificar quais trilhas melhoram o desempenho do aluno, e também contribuir para a criação de AVAs adaptativos. Assim, o modelo apresentado, pode se tornar uma nova fonte para mineração e análise de dados educacionais em ambientes virtuais de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ADESINA, A.; MOLLOY, D. **A Business Process Management Based Virtual Learning Environment: Customised Learning Paths.** In: International Conference on Computer Supported Education (CSEDU). Noordwijkerhout: SciTePress. 2011. p. 365-368.
- AMORIM, G. D. O.; MORAES, R. B.; FRANCO, R. Y. D. S.; AFONSO, R. A. **SocialMood: A visualization tool to measure the mood of students in social networks.** In: XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Campinas: [s.n.]. 2013. p. 972-976.
- BABAR, M. A.; WINKLER, D.; BIFFL, S. **Evaluating the Usefulness and Ease of Use of a Groupware Tool.** In: First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. [S.l.]: [s.n.]. 2007. p. 430-439.
- BARNES, T. **The Q-matrix method: Mining student response data for knowledge.** In: American Association for Artificial Intelligence 2005 Educational Data Mining Workshop. [S.l.]: [s.n.]. 2005.
- BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. **The Experience Factory.** In: Encyclopedia of Software Engineering. New York: John Wiley & Sons. 1984.
- BOSTOCK, M. Home · mbostock/d3 Wiki · GitHub. **GitHub**, 2015. Disponível em: <<https://github.com/mbostock/d3/wiki/Gallery>>. Acesso em: 17 dez. 2015.
- BOSTOCK, M. Overview. **D3.js - Data-Driven Documents**, 2015. Disponível em: <<http://d3js.org/>>. Acesso em: 17 dez. 2015.
- BOSTOCK, M.; CARTER, S.; TSE, A. Is It Better to Rent or Buy? **The New York Times**, 2014. Disponível em: <http://www.nytimes.com/interactive/2014/upshot/buy-rent-calculator.html?_r=0>. Acesso em: 17 dez. 2015.
- BOSTOCK, M.; ERICSON, M.; GEBELOFF, R. How the Tax Burden Has Changed. **The New York Times**, 2012. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/interactive/2012/11/30/us/tax-burden.html>>. Acesso em: 17 dez. 2015.
- BOSTOCK, M.; OGIEVETSKY, V.; HEER, J. D3 : Data-Driven Documents. **IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. InfoVis)**, v. 17, p. 2301-2309, 2011. Disponível em: <<http://vis.stanford.edu/papers/d3>>.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- CARNEIRO, M. L. F.; GARBIN, J. **“Como me vejo?” como dinâmica de apresentação em cursos a distância.** In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013), 2. Campinas: [s.n.]. 2013.

- CEREZO, R.; SUAREZ, N.; CARLOS NÚÑEZ, J.; SÁNCHEZ-SANTILLÁN, M. **EGraph tool**: Graphing the learning process in LMSs. In: International Conference on Learning Analytics And Knowledge. Indianapolis: ACM. 2014. p. 273-274.
- CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Algoritmos**: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e Educação**: como o cérebro aprende. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- DAVIS, F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. **MIS Quarterly**, Minneapolis, v. 13, n. 3, p. 319-340, 1989.
- FERREIRA, L. G. A.; BARBOSA, J. L. V.; GLUZ, J. C. **Um Modelo de Recomendação Ubíqua de Conteúdo para Grupos de Aprendizes**. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013), 2. Campinas: [s.n.]. 2013.
- FRANÇA, R. S.; AMARAL, H. J. C. **Proposta Metodológica de Ensino e Avaliação para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional com o Uso do Scratch**. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013), 2. Campinas: [s.n.]. 2013.
- GILMORE, W. J. **Dominando PHP e MySQL**: Do Iniciante ao Profissional. 3. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2008.
- GOMES, E. H.; PIMENTEL, E. P. **Personalização do E-Learning Baseado no Nível de Aquisição de Conhecimentos do Aprendiz**. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013), 2. Campinas: [s.n.]. 2013.
- GUTIÉRREZ, S.; PARDO, A.; KLOOS, C. D. **Finding a learning path**: toward a swarm intelligence approach. In: Proceedings of the 5th IASTED International Conference on Web-based Education. Puerto Vallarta: ACTA Press. 2006. p. 94-99.
- KENSKI, V. M. **Processos de interação e comunicação mediados pelas tecnologias**. In: ROSA, D., SOUZA, V. (Orgs.). Didática e práticas de ensino: interfaces com diferentes saberes e lugares formativos. Rio de Janeiro: DP&A. 2002.
- KITCHENHAM, B. **Procedures for Performing Systematic Reviews**. Department of Computer Science Keele University. Keele, Reino Unido. 2004.
- KNOLL, A. C. G. **Organização do Trabalho Pedagógico**. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2013.
- LAITENBERGER, O.; DREYER, H. M. Evaluating the usefulness and the ease of use of a Web-based. **Fifth International Software Metrics Symposium**, 1998.
- MARQUEZ, J. M.; ORTEGA, J. A.; GONZALEZ-ABRIL, L.; VELASCO, F. **Creating adaptive learning paths using ant colony optimization and Bayesian networks**. In: International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). Hong Kong : IEEE. 2008. p. 3834-3839.

- MOHAGHEGHI, P.; GILANI, W.; STEFANESCU, A.; FERNANDEZ, M. A. An empirical study of the state of the practice and acceptance of model-driven engineering in four industrial cases. **Empirical Software Engineering**, p. 89-116, 2012.
- MOODLE. Blocks. **Blocks - MoodleDocs**, 2016. Disponível em: <<https://docs.moodle.org/30/en/Blocks>>. Acesso em: 27 jan. 21016.
- MOODLE. Plugin types. **Plugin types - MoodleDocs**, 2016. Disponível em: <https://docs.moodle.org/dev/Plugin_types>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- MOORE, M. G.; KEARSLEY, G. **Educação a Distância: uma visão integrada**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learnig, 2011.
- MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21. ed. Campinas: Papirus, 2013.
- MÜLLER, L.; SILVEIRA, M. S. **Podes me ajudar? Apoiando a formação de pares em sistemas de ajuda em pares através de técnicas de recomendação**. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013), 2. Campinas: [s.n.]. 2013.
- NETTO, P. O. B. **Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- NINORIYA, S.; CHAWAN, P. M.; MESHARAM, B. B. **CMS, LMS and LCMS For eLearning**. In: International Journal of Computer Science Issues (IJCSI). [S.l.]: [s.n.]. 2011. p. 644-647.
- PAES, R. D. B.; MALAQUIAS, R.; GUIMARÃES, M.; ALMEIDA, H. **Ferramenta para a Avaliação de Aprendizado de Alunos em Programação de Computadores**. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013), 2. Campinas: [s.n.]. 2013. p. 203-212.
- PAPAIOANNOU, J.; PREECE, G. J. Blocks - MoodleDocs. **Blocks: A Step-by-step Guide To Creating Blocks**, 2016. Disponível em: <<https://docs.moodle.org/dev/Blocks>>. Acesso em: 27 jan 2016.
- PIRES, J. M.; COTA, M. P. **Evolutive mechanism for E-Learning platforms: A new approach for old methods**. In: IEEE EDUCON Education Engineering. Madrid, Spain: IEEE. 2010. p. 891-894.
- RAMOS, D. B.; OLIVEIRA, E. H. T. D. **Relatório Técnico da Revisão Sistemática de Literatura sobre Trilhas de Aprendizagem em Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, p. 162. 2015. (RT GSI_GrM-Learning 001/2015).
- RAMOS, D. B.; OLIVEIRA, E. H. T. D.; RAMOS, I. M.; OLIVEIRA, K. M. T. **Trilhas de Aprendizagem em Ambientes Virtuais de Ensino-aprendizagem: Uma Revisão Sistemática da Literatura**. In: XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Maceió: [s.n.]. 2015. p. 338-347.
- RAMOS, I. M. M.; OLIVEIRA, E. H. T. D.; RAMOS, D. B. **Recomendação de grupos para atividades colaborativas utilizando a caracterização dos aprendizes baseada em trilhas de aprendizagem**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos. Salvador: [s.n.]. 2015. p. 213-219.

SALLA, F. Aprendizagem: toda a atenção para a neurociência. **Revista Nova Escola**, n. 253, p. 48-55, junho/julho 2012.

SCHRÖCK, J.; BARGEL, B. A.; ROLLER, W.; RAUNER, A. **Learning maps usage of cartographic metaphors for orientation in e-learning courses**. In: IADIS International Conference on e-Learning , Part of the IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems. Freiburg: IADIS Press. 2010. p. 50-56.

SILVA, P.; PIMENTEL, V.; SOARES, J. A utilização do computador na educação: aplicando o Technology. **Biblionline**, João Pessoa, v. 8, n. n. esp., p. 263-272, 2012.

SILVA, R. S. D. **Moodle para autores e tutores**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2011.

SITTHISAK, O.; GILBERT, L.; ALBERT, D. **Learning in Moodle using Competence-Based Knowledge Space Theory and IMS QTI**. In: International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC). Nakorn Pathom, Thailand: IEEE. 2013. p. 53-57.

SOBRE o Moodle. **MoodleDocs**, 2015. Disponível em:
<https://docs.moodle.org/all/pt_br/Sobre_o_Moodle>. Acesso em: 14 mar. 2015.

SOUZA, A. A. N.; SCHNEIDER, H. N. **Uso do Facebook como Recurso de Avaliação da Aprendizagem**. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013), 2. Campinas: [s.n.]. 2013.

TAFNER, E. P.; TOMELIN, J. F.; MÜLLER, R. B. **Trilhas de aprendizagem: uma nova concepção nos ambientes virtuais de aprendizagem – AVA**. In: Congresso Internacional de Educação a Distância, 18. São Luís: [s.n.]. 2012.

TEIXEIRA, C. H. D. C. **Similaridade de Grafos via Hashing**. Belo Horizonte: UFMG. 2011. p. 83. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

TEUTSCH, P.; BOURDET, J.-F. **How to see training paths in learning management systems?** Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010 IEEE 10th International Conference on. [S.l.]: [s.n.]. 2010.

VANTROYS, T.; PETER, Y. COW, a Flexible Platform for the Enactment of Learning Scenarios. **Groupware: Design, Implementation, and Use (Lecture Notes in Computer Science)**, v. 2806, p. 168-182, 2003. ISSN 978-3-540-39850-9.

W3C. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition). **W3C**, 2011. Disponível em:
<<http://www.w3.org/TR/SVG11/>>. Acesso em: 15 novembro 2015.

WISUTTIKUL, T.; BOONMEE, C. **A Study of Coaching Assisted System using Learning Object Value Model**. In: IEEE Region 10 Conference (TENCON 2004). Chiang Mai: IEEE. 2004. p. 294 - 297.

APÊNDICE A – VALIDAÇÃO DA FERRAMENTA

Neste apêndice, são apresentados os dados sobre a aplicação de um questionário com os professores e tutores da disciplina de ICC. A disciplina de MD não possuía tutores, mas apenas um docente, que participou deste trabalho e, portanto, não pôde responder ao questionário.

Os respondentes avaliaram o LPGraph por meio de um questionário, elaborado conforme os princípios do modelo de aceitação de tecnologia, elaborados por Davis (1989). Portanto, as próximas seções apresentam o que é o modelo TAM (*Technology Acceptance Model*), a elaboração do questionário utilizado neste trabalho e, por fim, a aplicação e a análise dos resultados.

1 O Modelo Tam

O *Technology Acceptance Model* (TAM) é um modelo de aceitação de tecnologia proposto por Davis (1989) como uma adaptação voltada à tecnologia da informação, a partir de um modelo mais abrangente chamado Teoria da Ação Raciocinada, (SILVA; PIMENTEL; SOARES, 2012). O modelo TAM busca ajudar a compreender a aceitação ou não da tecnologia da informação para, com isso, poder melhorá-la.

Conforme Davis (1989), o modelo TAM é baseado em utilidade percebida e facilidade de uso percebida, elementos chamados de construtos. Utilidade percebida é o grau em que uma pessoa acredita que o uso de uma aplicação específica pode tornar melhor o seu desempenho em seu trabalho. Facilidade de uso percebida é o grau em que uma pessoa acredita que o uso de uma aplicação será livre de esforço.

Davis realizou um levantamento de diversas pesquisas relacionadas ao tema e validou, por meio de dois estudos, novas escalas de medição para a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida, estas duas consideradas por ele como variáveis determinantes para o uso do computador, bem como comportamento de uso e aceitação do usuário com relação a uma determinada tecnologia.

Davis também concluiu que a utilidade percebida é extremamente relevante e não deve ser ignorada no desenvolvimento de sistemas. As escalas para utilidade percebida e facilidade de uso percebida de Davis estão no Anexo I.

2 Elaboração do Questionário

Após o desenvolvimento da ferramenta, os docentes puderam utilizá-la para visualizar as trilhas de aprendizagem. Com base nisso, foi elaborado um questionário que buscasse levantar seus pontos positivos e negativos. O LPGraph, por meio de um grafo, exibe os caminhos percorridos por um aluno, grupo ou todos os alunos, dependendo da opção selecionada, durante um intervalo de tempo, que também pode ser definido pelo professor. No grafo, ainda é possível visualizar os recursos disponíveis no AVA e o acesso a cada um deles.

Buscou-se por meio do questionário verificar a aceitação ou não da ferramenta e também identificar o que precisa ser melhorado para maior satisfação do usuário (docentes e tutores), para isso foi utilizado o modelo TAM.

No **Erro! Autoreferência de indicador não válida.**, estão os questionários de Davis (1989), Silva, Pimentel e Soares (2012), Babar, Winklerm e Biffl (2007), Laitenberger e Dreyer (1998) e Mohagheghi *et al.* (2012) que serviram de embasamento para a elaboração das informações contidas no questionário deste trabalho. A aparente redundância das afirmações reside no fato das mesmas serem utilizadas para medirem o mesmo construto, não representando uma inconsistência.

A maioria dos itens do questionário são afirmações cujas respostas predefinidas foram elaboradas utilizando-se a escala de Likert. Ao todo são cinco opções da escala: ‘Discordo fortemente’, ‘Discordo’, ‘Indiferente’, ‘Concordo’, ‘Concordo fortemente’.

O Quadro 9 apresenta todos os itens do questionário. Além das questões sobre utilidade percebida e facilidade de uso percebida, algumas informações como dados de identificação de perfil sobre o respondente, experiência com o Moodle, intenções de uso futuro, compatibilidade e sobre a opinião do usuário sobre a ferramenta.

Quadro 9 – Questionário sobre o LPGraph.

Itens do questionário
Learning Path Graph é o nome do software analisado, também chamado de Plugin.
Dados de Identificação:
<ul style="list-style-type: none"> • Idade: • Sexo: Masculino Feminino • Função: Professor Tutor
Experiência:
<ul style="list-style-type: none"> • Já havia utilizado o Moodle anteriormente? Sim Não

<ul style="list-style-type: none"> • Aprender a usar o Moodle foi fácil para mim. • Eu não me confundo ao utilizar o Moodle.
Relação com o Plugin Learning Path Graph
Questões para Utilidade Percebida:
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar o Plugin no meu trabalho me permitirá realizar tarefas mais rapidamente. • Utilizar o Plugin iria melhorar o meu desempenho no trabalho. • Utilizar o Plugin no meu trabalho iria aumentar a minha produtividade. • Utilizar o Plugin iria aumentar minha eficácia no trabalho. • Utilizar o Plugin tornaria tornou mais fácil fazer o meu trabalho. • Eu acharia o Plugin útil no meu trabalho.
Questões para Facilidade de Uso Percebida:
<ul style="list-style-type: none"> • Aprender a usar o Plugin foi fácil para mim. • Eu consideraria fácil de controlar o Plugin para fazer o que eu quero que ele faça • Minha interação com o Plugin foi clara e compreensiva. • Foi fácil tornar-me habilidoso usando o Plugin. • É fácil de lembrar como realizar tarefas usando o Plugin. • Eu achei o Plugin fácil de usar.
Intenções de uso no Futuro:
<ul style="list-style-type: none"> • Assumindo que o Plugin estivesse disponível no meu trabalho, eu usaria com regularidade • Eu preferiria usar o Plugin a utilizar outras alternativas como o relatório padrão do Moodle • Eu gostaria de usar o Plugin no futuro para ajudar no meu trabalho
Compatibilidade:
<ul style="list-style-type: none"> • O Plugin é compatível com a maneira como eu trabalho • Usar o Plugin é compatível com todos os aspectos do meu trabalho • Usar o Plugin se encaixa bem com a maneira como eu trabalho • O Plugin é compatível com a maneira como eu organizo meu trabalho
Outras questões levantadas:
<ul style="list-style-type: none"> • Com base em sua experiência, quais são as vantagens e desvantagens de usar o Plugin Learning Path Graph? • Comentários sobre a ferramenta:

3 Aplicação do Questionário

O questionário foi disponibilizado para um professor e quatro tutores da disciplina de ICC. Apesar da disciplina ser lecionada por dois docentes, um deles participou deste trabalho, então não pôde responder. O questionário foi disponibilizado de forma online e foi enviado um e-mail aos tutores e ao docente. Ao total, foram obtidas duas respostas.

3.1 Dados de Identificação

Ao analisar os dados de identificação dos respondentes na avaliação dos questionários, verificou-se um equilíbrio de 50% sendo do sexo feminino e 50% sendo do sexo masculino, com idade entre 20 e 26 anos. Todos os respondentes disseram que atuaram como tutores.

3.2 Experiência

Caracterizando a experiência, em termos do uso do ambiente virtual *Moodle*, 50% responderam que já havia utilizado o *Moodle* anteriormente e 50% responderam que não. Para análise ‘aprender a usar o *Moodle* foi fácil para mim’ 50% concordaram e 50% discordaram. Em relação questionamento ‘eu não me confundo em utilizar o *Moodle*’, 50% concordaram e 50% discordaram.

Observou-se, portanto, que o conhecimento sobre o Moodle não é unânime e que isso pode interferir no modo como o usuário utiliza o LPGraph. Enquanto um respondente afirma já ter utilizado o Moodle e concordar que usá-lo é fácil, o outro discorda fortemente desta afirmação.

3.3 Utilidade Percebida

Quando os respondentes foram questionados sobre a utilidade percebida, todos concordaram em afirmar que, utilizar o *Plugin* no trabalho permitiria realizar tarefas mais rapidamente. Entretanto 50% concordaram que o *Plugin* iria melhorar o desempenho no trabalho e 50% escolheram a opção indiferente para esta mesma questão, o mesmo resultado

para os questionamentos sobre utilizar o Plugin para aumentar a produtividade e utilizar o *Plugin* para aumentar a eficácia no trabalho.

Para o questionamento sobre se utilizar o *Plugin* tornaria o trabalho mais fácil, 100% concordaram, o mesmo percentual de resposta para o questionamento ‘Eu acharia o *Plugin* útil no meu trabalho’.

Para a utilidade percebida, verificou-se que o respondente que afirmou ter dificuldades com o uso do Moodle, marcou ou a opção indiferente ou a opção concordo. Já o respondente que afirmou já ter trabalho com o Moodle, sem dificuldades, marcou as opções concordo e concordo fortemente.

3.4 Facilidade de Uso Percebida

No construto facilidade de uso percebida, tem-se a seguinte análise: 100% dos respondentes asseguraram que aprender a usar o *Plugin* foi fácil, contudo 50% foram indiferentes e 50% concordaram quando foram questionados sobre a facilidade de controlar o *Plugin* para fazer o que queriam que ele fizesse.

Já para o questionamento sobre ‘Minha interação com o *Plugin* foi clara e compreensiva’, 100% dos respondentes concordaram. E em relação ao questionamento ‘Foi fácil tornar-me habilidoso usando o *Plugin*’, 50% concordaram com o questionamento e 50% afirmaram ser indiferentes. Sobre o questionamento ‘É fácil de lembrar como realizar tarefas usando o *Plugin*’, 50% concordaram e 50% foram indiferentes. Contudo para o questionamento ‘Eu achei o *Plugin* fácil de usar’, 100% concordaram.

No geral, observou-se o mesmo que foi constatado para o construto de utilidade percebida: o respondente que discordou fortemente ao ser questionado sobre a facilidade de uso do Moodle também marcou as opções indiferente e concordo para facilidade de uso percebida do LPGraph; o respondente que achou o Moodle fácil de usar distribuiu suas respostas entre as opções concordo e concordo fortemente.

3.5 Intenções de Uso Futuro

Quando os respondentes foram questionados sobre ‘Assumindo que o *Plugin* estivesse disponível no meu trabalho, eu o usaria com regularidade’, 50% concordaram e 50% foram indiferentes. Mas em relação ao questionamento sobre ‘Eu preferia usar o *Plugin* a utilizar outras alternativas como o relatório padrão do Moodle’, 100% concordaram que sim.

O mesmo resultado foi obtido sobre o questionamento ‘Eu gostaria de usar o *Plugin* no futuro para ajudar no meu trabalho’. As respostas sobre intenção de uso futuro mostraram-se positivas, pois apenas uma resposta foi indiferente e todas as demais foram concordo ou concordo fortemente. Isso reforça que, considerando o uso regular, a ferramenta poderá trazer mais benefícios ao usuário.

3.6 Compatibilidade

Quando se tratou da compatibilidade, em relação ao questionamento ‘O *Plugin* é compatível com a maneira como eu trabalho’, 100% dos respondentes concordaram. Os mesmos resultados foram obtidos para os seguintes questionamentos: ‘Usar o *Plugin* é compatível com todos os aspectos do meu trabalho’, ‘Usar o *Plugin* se encaixa bem com a maneira como eu trabalho’ e por fim, ‘O *Plugin* é compatível com a maneira como eu organizo meu trabalho’. Portanto, todos os respondentes concordam que o LPGraph é compatível com o modo de trabalho deles. Isso mostra que a ferramenta está dentro do estabelecido em sua proposta de contribuir para a atividade docente.

3.7 Vantagens e Desvantagens de Usar o *Plugin Learning Path Graph*

Neste contexto, sendo uma resposta discursiva foi afirmado que: “A ferramenta possibilita a visualização do progresso do aluno (avanços e retornos). Sendo muito útil para o monitoramento dos alunos, visualizando onde o aluno está tendo dificuldade (módulo) e assim auxiliá-lo. Não encontrei desvantagens ao utilizar o *plugin*”. Também responderam: “eu utilizei o *Plugin* apenas uma vez, mas que foi bastante útil, contudo não posso caracterizar ainda a ferramenta”.

Foi solicitado aos respondentes que fizessem um comentário sobre o LPGraph. Em relação a isso, foi dito que a ferramenta é muito útil e com uma interface intuitiva, e em outra resposta, é afirmado que o LPGraph é uma boa ferramenta.

4 Considerações da Validação

Considerando as repostas obtidas no questionário, é possível concluir que a ferramenta LPGraph foi considerada útil e de fácil uso, apesar de as respostas sofrerem

influência da experiência pessoal dos respondentes com o Moodle. As opiniões positivas sobre um possível uso futuro da ferramenta mostram que a ferramenta é uma boa alternativa para acompanhar os alunos em um AVA. A compatibilidade com a forma de trabalho dos respondentes, aponta para o fato de a ferramenta ser capaz de realizar, de forma eficiente, aquilo que se propôs neste trabalho. Portanto, esta pesquisa conclui que o LPGraph foi validado com sucesso, sendo uma ferramenta bastante promissora.

O LPGraph possui como destaque o grafo, pois este representa as trilhas de aprendizagem dos alunos. Porém as ferramentas adicionais, complementam as informações das trilhas, como, por exemplo, o gráfico que exhibe as proporções de arestas por tipo, sendo um suporte para análise dos dados. Isso facilita no processo de compreensão dos dados. Também é possível acessar diretamente os recursos e atividades, através de link.

ANEXO I – QUESTIONÁRIOS BASEADOS NO MODELO TAM

Abaixo seguem os itens de questionários baseados no modelo TAM de alguns trabalhos utilizados como referência para a elaboração do questionário aplicado no trabalho. Também foram incluídas a seguir, as questões levantadas por Davis (1989) para o modelo TAM. Excetuando-se o trabalho de Silva, Pimentel e Soares (2012), todos os demais foram traduzidos da língua inglesa.

Questões elencadas por Davis (1989)

CHART-MASTER é o nome do programa analisado.

Questões para Utilidade Percebida

Utilizar o CHART-MASTER no meu trabalho me permitiria realizar tarefas mais rapidamente.

Utilizar o CHART-MASTER no meu trabalho iria melhorar o meu desempenho no trabalho.

Utilizar o CHART-MASTER no meu trabalho iria aumentar a minha produtividade.

Utilizar o CHART-MASTER no meu trabalho iria melhorar a minha eficiência no trabalho.

Utilizar o CHART-MASTER no meu trabalho tornaria mais fácil fazer o meu trabalho.

Eu acharia CHART-MASTER útil no meu trabalho.

Questões para Facilidade de Uso Percebida

Aprender a operar o CHART-MASTER seria fácil para mim.

Eu acharia fácil conseguir com que o CHART-MASTER faça o que eu quero que ele faça.

Minha interação com o CHART-MASTER seria clara e compreensível.

Eu acharia o CHART-MASTER flexível para interagir.

Seria fácil para mim para ficar mais hábil em usar o CHART-MASTER.

Eu acharia o CHART-MASTER fácil de usar.

Questões elencadas por Silva, Pimentel e Soares (2012)

Questões para Utilidade Percebida

Utilizar o computador é importante e adiciona valor ao meu trabalho.

O computador é útil em meus trabalhos acadêmicos.

O computador torna os meus estudos mais interessantes.

O computador melhorou meu desempenho nos estudos.
 Usar o computador produz o efeito desejado em meus estudos.
 Usar o computador aumentou minha produtividade na escola.
 Usar o computador me deixa com mais tempo livre.

Questões para Facilidade de Uso Percebida

Eu utilizaria o computador mais frequentemente se fosse mais fácil usá-lo.
 Usar o computador facilita a realização do meu trabalho.
 Usar o computador é uma boa ideia.
 Trabalhar com o computador é agradável.

Variáveis externas

Houve treinamento na utilização do computador.
 O(s) instrutor(es) tinha(m) um bom nível de conhecimento sobre o computador e ajudaram-me a entendê-lo.
 Aprender a usar o computador foi difícil para mim.
 Eu frequentemente me confundo ao utilizar o computador.

Perfil

Sexo
 Idade
 Possui computador pessoal
 Já frequentou aulas de informática

Questões elencadas por Babar, Winklerm e Biffi (2007)

Questões para Utilidade Percebida

Utilizando uma ferramenta colaborativa como LiveNet no meu trabalho, eu seria capaz de realizar tarefas colaborativas mais rapidamente.
 Utilizar uma ferramenta colaborativa como LiveNet iria melhorar o meu desempenho em tarefas colaborativas.
 Utilizar uma ferramenta colaborativa como LiveNet para tarefas colaborativas iria aumentar a minha produtividade.
 Utilizar uma ferramenta colaborativa como LiveNet iria melhorar minha eficácia em tarefas

colaborativas.

Utilizar uma ferramenta colaborativa como LiveNet tornaria mais fácil fazer tarefas colaborativas.

Eu acharia uma ferramenta colaborativa como LiveNet útil para executar tarefas colaborativas.

Questões para Facilidade de Uso Percebida

Aprender a operar uma ferramenta colaborativa como LiveNet seria fácil para mim.

Eu acharia fácil conseguir com que uma ferramenta colaborativa como LiveNet faça o que eu quero que ele faça para realizar a maioria das tarefas que requerem colaboração.

Minha interação com uma ferramenta colaborativa como LiveNet seria clara e compreensível.

Seria fácil para ficar mais hábil no uso de uma ferramenta colaborativa como LiveNet.

Seria fácil de lembrar como executar várias tarefas colaborativas usando uma ferramenta colaborativa como LiveNet.

Eu acharia uma ferramenta colaborativa como LiveNet fácil de usar.

Questões relativas ao "uso futuro autoprevisto" (U)

S1: Supondo que uma ferramenta colaborativa como LiveNet estivesse disponível no meu trabalho, eu prevejo que vou usá-la de forma regular no futuro.

S2: Eu preferiria usar uma ferramenta colaborativa como LiveNet a uma reunião cara-a-cara para a realização de tarefas colaborativas como cenários de geração.

Questões elencadas por Laitenberger e Dreyer (1998)

Questões para Utilidade Percebida

Utilizar o WIPS no meu trabalho me permitiria realizar tarefas mais rapidamente (Rápido).

Utilizar o WIPS iria melhorar o meu desempenho no trabalho (desempenho de tarefas).

Utilizar o WIPS no meu trabalho iria aumentar a minha produtividade (aumento da produtividade).

Utilizar o WIPS iria melhorar a minha eficiência no trabalho (Eficácia).

Utilizar o WIPS tornaria mais fácil fazer o meu trabalho (torna o trabalho mais fácil).

Eu acharia o WIPS útil no meu trabalho (útil).

Questões para Facilidade de Uso Percebida

Aprender a operar o WIPS seria fácil para mim (Fácil de aprender).

Eu acharia fácil conseguir com que o WIPS faça o que eu quero que ele faça (claro e compreensível).

Minha interação com o WIPS seria clara e compreensível (controlável).

Foi fácil para se tornar habilidoso usando o WIPS (Hábil).

É fácil de lembrar como realizar tarefas usando o WIPS (Lembrar).

Eu acharia o WIPS fácil de usar (fácil de usar)

Uso Futuro Autoprevisto

Supondo que o WIPS estivesse disponível no meu trabalho, eu prevejo que vou usá-lo de forma regular no futuro.

Eu preferiria usar o WIPS a formulários em papel para a realização de inspeções.

Questionário de Mohagheghi *et al.* (2012)

Apêndice A. Entrevistas semi-estruturadas

A seguir, a lista de questões utilizadas nas entrevistas semiestruturadas:

1. Você usa uma abordagem MDE agora?
2. Se sim:
 - a. Qual é o objetivo principal?
 - b. Quais ferramentas são basicamente usadas?
 - c. Como você usa MDE? Modelagem ampla das necessidades / análise / design / teste / gerenciamento do sistema, gerando artefatos de modelo (M2MorM2T), meta-modelagem, separação de interesses em vistas ou CIM / PIM / PSMdistinction?
 - d. Quais são os benefícios esperados? Você acha que é útil em seu trabalho?
 - e. Você está satisfeito com o estado das ferramentas sobre a facilidade de utilização? Problemas?
 - f. Você está satisfeito com o estado das ferramentas sobre a maturidade da ferramenta? Problemas?
 - g. Você está satisfeito com o estado das ferramentas sobre compatibilidade? Problemas? Se não estiver usando, por quê?
3. Você acha que há desvantagens relacionadas ao MDE?
4. Que processo de software que você tem? É baseado em modelo ou adaptado para MDE?
5. Como você descreveria o seu processo de desenvolvimento de software agora?
6. Quais ferramentas são as principalmente usadas no momento?
7. Você usa as seguintes ferramentas e tecnologias desenvolvidas no projeto? Se sim, como?

Foi fornecida uma lista de ferramentas e tecnologias. A escala é: Não usado em tudo, usado ocasionalmente, usado de forma regular em alguns projetos, usado de forma regular na maioria dos projetos, usados de forma regular em todos os projetos, utilizada experimentalmente em projetos de pesquisa.

8. Você está satisfeito com as ferramentas desenvolvidas em matéria de facilidade de utilização, maturidade ferramenta e compatibilidade?

Apêndice B. Pesquisa On-line

As perguntas foram distribuídas aleatoriamente no questionário. Uso atual:

1. Como você descreveria o uso atual da abordagem MDE em diferentes projetos em seu departamento? Não utilizada em tudo, usada de forma experimental, usada de forma regular por poucos projetos ou pessoas, utilizada de forma regular pela maioria dos projetos ou pessoas, Usada de forma regular por todos os projetos ou pessoas.

2. Há quantos anos você esteve usando MDE ou experimentando-o?

3. Como você descreveria a sua experiência em MDE?

4. Qual das seguintes ferramentas que você está usando ou experimentando no projeto? A lista incluiu 23 ferramentas, além de Eclipse, DSLs e perfis UML. A escala foi a mesma conforme questão 1.

Utilidade Percebida

1. Acho a abordagem MDE útil no meu trabalho.

2. Usar a abordagem MDE melhora meu desempenho no trabalho.

3. Utilizando a abordagem MDE aumenta a minha produtividade.

4. Utilizar a abordagem MDE melhora a qualidade do meu trabalho.

5. Utilizar a abordagem MDE torna mais fácil de fazer o meu trabalho.

6. Em geral as vantagens da utilização da abordagem MDE superam as desvantagens.

7. questão em aberto: Com base na sua experiência, quais são as principais vantagens e desvantagens de usar a abordagem MDE?

Facilidade de Uso Percebida

1. Aprender a usar a abordagem MDE foi fácil para mim.

2. Usar a abordagem MDE não requer um grande esforço mental.

3. Eu penso que a abordagem MDE seja clara e compreensível.

4. A abordagem MDE não é complicada de usar.

5. Acho a abordagem MDE fácil de usar.

Compatibilidade percebida

1. A abordagem MDE é compatível com a maneira que eu desenvolvo software.
2. Usar a abordagem MDE é compatível com todos os aspectos do meu trabalho.
3. Usar a abordagem MDE se encaixa bem com a forma como eu trabalho.
4. A abordagem MDE é compatível com a forma como organizamos o nosso trabalho.

Maturidade percebida das ferramentas

1. As ferramentas MDE que eu uso são fáceis de usar.
2. As ferramentas MDE que eu uso fornecem a funcionalidade que eu preciso.
3. Usar ferramentas MDE melhora a forma como eu desenvolvo software.
4. As ferramentas MDE que eu uso são compatíveis um com o outro e os resultados podem ser integrados em um processo de desenvolvimento.
5. As ferramentas MDE que eu uso são adequados para pequenos e grandes projetos.
6. As ferramentas MDE que eu uso tem um desempenho aceitável.
7. Por favor, atribua pontuações para as ferramentas que tem utilizado ou experimentado no projeto. Pontuações são:
 - 0 - muito insatisfeito;
 - 1 - insatisfeito;
 - 2 - nem satisfeito nem insatisfeito;
 - 3 - satisfeito;
 - 4 - muito satisfeito;
 - 5 - Não sei.

Preceito subjetivo

1. Colegas de trabalho acham que eu deveria usar MDE.
2. Pessoas que influenciam meu trabalho acham que eu deveria usar a abordagem MDE.
3. Pessoas que são importantes para mim acham que eu deveria usar a abordagem MDE.

Intenções futuras de uso:

1. Tenho a intenção de aumentar a minha utilização da abordagem MDE para o trabalho no futuro.
2. Dada uma escolha, eu preferiria não usar a abordagem MDE para o trabalho no futuro.
3. Tenho a intenção de usar a abordagem MDE no futuro para o meu trabalho.
4. Eu gostaria de usar a abordagem MDE no futuro para o meu trabalho.
5. Como você descreveria suas intenções a respeito do uso futuro das seguintes ferramentas?
Foi fornecida a mesma lista de uso atual (Questão 4). As respostas possíveis eram:
 - a) Sim, eu pretendo usar ou continuar no futuro;

- b) Eu provavelmente irei usá-lo no futuro;
- c) Eu não tentei, mas gostaria de experimentar no futuro;
- d) Eu não tentei e não acho que eu vou fazer no futuro;
- e) Eu não vou usá-lo no futuro;
- f) Não sei.