

Ecosistema para o domínio educacional: modelo baseado em serviços Web

**Wellington Veiga, Fernanda Campos, Regina Braga,
José Maria N. David, Victor Ströele**

Universidade Federal de Juiz de Fora – Programa de Pós-graduação em Ciência da
Computação – Núcleo de Pesquisa em Engenharia do Conhecimento
Juiz de Fora – MG – Brasil

welington.veiga@ice.ufjf.br, fernanda.campos@ufjf.edu.br,
regina.braga@ufjf.edu.br, jose.david@ufjf.edu.br,
victor.stroele@ice.ufj.br

***Abstract.** This paper presents BROAD-ECOS approach, under Software Ecosystem perspective, and defines a platform to allow existing Virtual Learning Environments integrate external educational services, promoting the development, sharing and reuse of compatible educational services in an inter-organizational context. The platform evaluation was performed in a real use scenario, which goal was to demonstrate the technical feasibility of the proposal.*

***Resumo:** Esse artigo apresenta o BROAD-ECOS, uma abordagem sob a perspectiva de Ecosistemas de e-Learning, que define uma plataforma que permite a integração de serviços educacionais externos e favorece o desenvolvimento, compartilhamento e reúso de serviços educacionais em um contexto interorganizacional. A avaliação da plataforma foi feita com um cenário de uso real, com o objetivo de demonstrar a viabilidade técnica da plataforma.*

1. Introdução

A produção de recursos e serviços educacionais é fundamental para a criação de ambientes de e-Learning que proporcionem uma experiência de ensino e aprendizagem rica. A aprendizagem informal, hoje facilitada pelos dispositivos móveis, e a aprendizagem ao longo da vida abrem novas possibilidades e desafios no uso desses ambientes. Por outro lado, uma das características do domínio educacional é o número de soluções específicas e fragmentadas nessas plataformas [Fragoso *et al*, 2014]. Um dos desafios nas organizações que proveem Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), é oferecer recursos e serviços educacionais equivalentes aos já existentes e mais inovadores e que estes recursos atendam a esse nível de exigência e complexidade com os quais os usuários estão acostumados.

Esse cenário é interessante para a adoção da perspectiva de Ecosistemas de Software (ECOS) em ambientes de e-Learning. Manikas (2016) revisitou o conceito de ecossistema de software e o definiu como a interação entre software e atores em relação a uma infraestrutura tecnológica comum, que resulta em um conjunto de contribuições e influencia direta ou indiretamente o ecossistema. É uma forma de entender domínios em

que diferentes organizações se relacionam por meio de software ou conceitos de software [Jansen e Cusumano, 2012].

Assim, a motivação do presente trabalho é aplicar, no domínio educacional e particularmente nos ambientes de e-Learning, a perspectiva de Ecossistemas de Software, permitindo que diferentes organizações contribuam com soluções e inovação para a construção de ambientes educacionais cada vez mais ricos em diversidade de conteúdo, serviços, experiências e capacidade de atender aos seus objetivos educacionais dentro do paradigma pedagógico adotado. Uma motivação adicional é avançar as pesquisas do projeto BROAD [Rezende *et al*, 2015], [Pereira *et al*, 2015] [Veiga *et al*, 2015], do Núcleo de Pesquisa em Engenharia do Conhecimento – NEnC.

A questão de pesquisa deste trabalho pode ser assim enunciada: como os ambientes de e-Learning, transformados em plataformas sob a perspectiva de Ecossistemas de Software, com uma infraestrutura para integração de ferramentas externas em um contexto interorganizacional, favorecem o compartilhamento e reúso de soluções e a utilização de recursos educacionais? O BROAD-ECOS é voltado para a criação de uma plataforma comum, disponibilizando ferramentas e documentação para que desenvolvedores, comunidades e organizações desenvolvam, compartilhem e reutilizem soluções, considerando as características específicas do domínio educacional com foco em e-Learning, e, sobretudo, as soluções já existentes neste domínio.

Esse artigo está assim organizado. Na seção 2 apresentam-se os fundamentos teóricos da pesquisa. Na seção 3 é apresentado o ecossistema BROAD-ECOS incluindo a avaliação de sua plataforma. Na seção 4 relatam-se os trabalhos relacionados. Na seção 5 fazem-se as considerações finais.

2. Contexto da Pesquisa

A fragmentação das soluções no domínio educacional, a crescente complexidade dos softwares, o surgimento de diferentes formas de aprendizagem, aliado ao grau de exigência dos usuários expostos a aplicações e serviços de software de alta complexidade, além da falta de um padrão estabelecido para incorporar soluções externas aos ambientes de e-Learning, são desafios que as organizações mantenedoras de AVAs têm dificuldade para atender sozinhas.

Neste contexto, serviços Web apoiam a interoperabilidade entre aplicações, que podem ser executadas em diferentes plataformas, *frameworks* e tecnologia. No domínio educacional, é discutido o uso de serviços como forma de adicionar funcionalidades, integrar diferentes ambientes de e-Learning [Boeringer, 2014] e oferecer experiências como a utilização de serviços Educacionais a partir de dispositivos móveis [Alzaza, 2011]. O uso de Serviços Educacionais em AVA, além de facilitar o reúso entre plataformas heterogêneas [D’Mello *et al*, 2013], pode melhorar a interoperabilidade, flexibilidade, reusabilidade e compatibilidade entre plataformas.

Por outro lado, a conectividade e interdependência entre empresas é um assunto de crescente interesse [Barbosa *et al*, 2013]. As empresas não funcionam mais como unidades independentes, o que as tornam dependentes de componentes e infraestrutura fornecidos por terceiros. Nesse contexto, pesquisadores utilizam uma nova perspectiva para analisar a indústria de software, os Ecossistemas de Software (ECOS). Estes,

representam um ponto de vista inspirado em ecossistemas naturais e de negócios, através dos quais considera-se não só o software em si, mas suas dependências de componentes/infraestrutura de terceiros, seus usuários e suas interações.

Neste trabalho, será utilizada a definição de ECOS proposta por Manikas [2016], expandida pelos aspectos identificados em Santos [2016], que oferecem um nível de compreensão importante dos diferentes fatores de um ECOS, capturando as interações, motivações, relações, papéis e conceitos, além dos aspectos técnicos da plataforma.

3. BROAD-ECOS

Um dos objetivos estabelecidos para essa proposta é viabilizar a sua adoção em AVAs existentes, incorporando a infraestrutura necessária para que estes ambientes façam parte de uma plataforma de ecossistema. A proposta da plataforma BROAD-ECOS pode ser dividida em duas partes: a primeira é a proposta de compreensão dos ambientes de e-Learning sob a perspectiva de ECOS, identificando sua composição, atores e formas de interação em um contexto inter-organizacional. A segunda é a definição de uma plataforma que englobe os AVAs como principais *players*, permitindo que Serviços Educacionais externos sejam integrados.

Nesta perspectiva, um Ecossistema de e-Learning pode ser definido como um ECOS do domínio educacional no contexto de e-Learning, onde os componentes abióticos (como AVA, Serviços Educacionais, Objetos de Aprendizagem (OAs), mídias) e bióticos (como estudantes, facilitadores, especialistas, suporte, apoio, conteudistas, desenvolvedores) interagem e formam comunidades em um contexto inter-organizacional voltados ao processo de ensino e aprendizagem, delimitados por fronteiras pedagógicas, sociais, econômicas e culturais. A Figura 1 apresenta uma visão geral do BROAD-ECOS, ressaltando os atores e serviços que interagem com a sua plataforma.

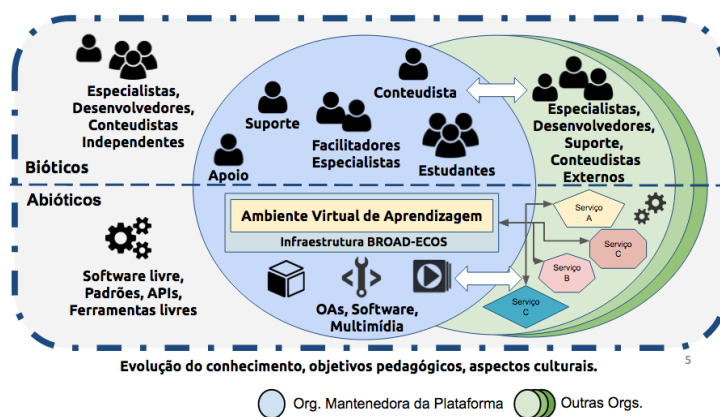


Figura 1 – Visão geral de Ecossistemas de e-Learning sob a abordagem BROAD-ECOS.

No contexto do ecossistema BROAD-ECOS, os principais componentes foram propostos a partir de uma pesquisa exploratória, realizada por meio de um questionário composto por perguntas fechadas. A partir dos resultados da pesquisa, experiência dos autores com ambientes educacionais e com base em uma revisão *quasi* sistemática, os

componentes foram reavaliados e a proposta do ecossistema BROAD-ECOS foi delimitada, conforme Figura 1. Os principais componentes são detalhados a seguir.

Os fatores bióticos no ecossistema de e-Learning não se restringem a indivíduos, incluindo também comunidades de indivíduos com os mesmos interesses ou papéis e organizações compostas por diversos indivíduos que compartilham sua missão e objetivos. É importante destacar que em um ambiente de e-Learning, um fator biótico pode atuar em diferentes papéis de acordo com o contexto, e até mesmo acumular funções. Desse modo, os papéis devem ser vistos como uma função no ambiente de e-Learning, e não como um ator específico desempenhando determinado papel.

Os fatores abióticos são compostos por todos os recursos de software no processo de ensino e aprendizagem, e abrangem desde ferramentas instaladas nos computadores dos atores, a serviços disponíveis na nuvem e integrados à plataforma. Entre os fatores abióticos, a plataforma merece destaque, sendo composta no BROAD-ECOS pela infraestrutura integrada ao AVA. Seu papel é particular, primeiro por ser a responsável por informações de cursos, turmas e participantes, e segundo pela orquestração dos serviços externos, definindo permissões, recursos disponíveis e grau de integração dos mesmos no ecossistema.

OAs e multimídia são componentes importantes por poderem ser desenvolvidos por diferentes organizações e compartilhados entre diferentes AVAs. Os serviços educacionais podem ser desenvolvidos por diferentes organizações, e possuir diferentes níveis de integração, com diversas possibilidades de aplicação e objetivo educacional. Os padrões, recomendações técnicas, especificações e APIs são convenções que permitem que diferentes organizações possam compartilhar recursos e estabelecer relações de cooperação e competição essenciais para a saúde do ecossistema.

3.1 Plataforma

A plataforma proposta visa adicionar aos AVAs existentes os recursos necessários para que estes sejam ambientes abertos com suporte à integração de serviços externos, em um contexto inter-organizacional, a partir do qual o ECOS proposto se sustenta.

Inicialmente, foram definidas as seguintes características que devem ser adicionadas aos AVAs através da plataforma: i. **Integração de serviços externos** (adicionar ao ecossistema serviços com diferentes funcionalidades e objetivos sem que seja necessário alterar a plataforma, facilitando a integração de serviços de outras organizações); ii. **Estabelecimento de um modelo comum para o domínio educacional** (mesmo que o AVA e os serviços possuam abstrações diferentes para as entidades, a comunicação deve ser feita a partir de uma abstração comum do domínio); iii. **Controle de autorização** (oferecer uma forma de autorização para acessos de serviços a recursos oferecidos na plataforma, de baixa granularidade); iv. **Uso de metadados educacionais** (facilitar a pesquisa e seleção de serviços educacionais adequados); v. **Registro e recuperação de experiências de aprendizagem** (coleta e acompanhamento das experiências educacionais que não se resumam a notas de avaliações e respostas de questionário) e vi. **Suporte à existência de um canal de distribuição** (repositório onde os facilitadores e especialistas possam buscar serviços). Existem ainda características que consistem em requisitos não funcionais: extensibilidade (permite que necessidades específicas sejam atendidas mantendo a

compatibilidade com a abordagem BROAD-ECOS) e poucas restrições na criação de serviços compatíveis (elemento preponderante para os ecossistemas).

A plataforma utiliza uma arquitetura orientada a serviços Web e toda comunicação entre os componentes é feita através de serviços RESTful com dados em formato JSON [Marinos *et al*, 2011], além do suporte de bibliotecas, *frameworks* e ferramentas, independentes de linguagens de programação e SO (Figura 2). O conjunto de serviços Web disponíveis para a comunicação entre os serviços Educacionais e a plataforma formam a BROAD-ECOS-API, a qual define os recursos, a estrutura das requisições e as possíveis respostas relacionadas às entidades externas que interagem com a plataforma, e apoia a sua extensibilidade. É um modelo de permissões com fina granularidade, garantindo flexibilidade no nível de integração entre cada serviço e a plataforma. A segurança dos dados é dada pelo BROAD-ECOS-Auth, uma adaptação do protocolo OAuth 2.0 [OAUTH, 2015].

Além de suportar operações sobre o domínio educacional com entidades como participantes, turmas e cursos, a BROAD-ECOS-API suporta ainda todos os recursos da xAPI *Statements*, que permite o registro e recuperação de experiências educacionais em repositórios chamados de LRS (*Learning Record Store*). Uma parte da BROAD-ECOS-API ainda é responsável por permitir o registro e a recuperação de metadados de serviços educacionais em outro componente da plataforma, o BROAD-ECOS-DC. Este componente é um canal de distribuição de serviços, que não contém os serviços propriamente ditos, mas seus metadados compostos pelo padrão IEEE LOM¹ enriquecido com características específicas do BROAD-ECOS, como as permissões exigidas e a versão da BROAD-ECOS-API suportada, por exemplo.

A conexão entre a plataforma e o AVA é feita através do *Adapter*, uma camada de software na forma de *plugin*, extensão ou alteração no próprio AVA. É responsável por traduzir as chamadas à BROAD-ECOS-API, que são independentes do AVA, para as peculiaridades e características de cada um deles. Para a criação de Serviços Educacionais compatíveis com a plataforma, basta manter a compatibilidade com a BROAD-ECOS-API que exige que apenas três recursos web sejam suportados pelo serviço (para atender ao protocolo de segurança e disponibilizar metadados) e utilizar apenas os recursos do lado da plataforma que desejar, ignorando os demais.

Os recursos oferecidos pela plataforma pertencem a cinco grupos: recursos de acesso/atualização de dados do domínio educacional; recursos de consulta e envio de experiências de aprendizagem, compatíveis com a xAPI *Statement*; recursos de autenticação e autorização, de acordo com o protocolo BROAD-ECOS-Auth; recursos para adicionar e recuperar serviços do canal de distribuição BROAD-ECOS-DC; um pequeno conjunto de Serviços Web que os Serviços Educacionais devem suportar, para informar metadados e atender ao BROAD-ECOS-Auth, por exemplo; e serviços suportados a partir de extensões, que podem ser negociadas entre a plataforma e os serviços. No Grupo I, estão os recursos relacionados ao domínio de e-Learning. Para a comunicação entre os Serviços Educacionais e o AVA, fez-se necessária a definição de um modelo de domínio educacional compartilhado, cuja formalização foi definida numa ontologia, descrita utilizando a linguagem OWL (Figura 3).

¹<https://standards.ieee.org/findstds/standard/1484.12.1-2002.html>

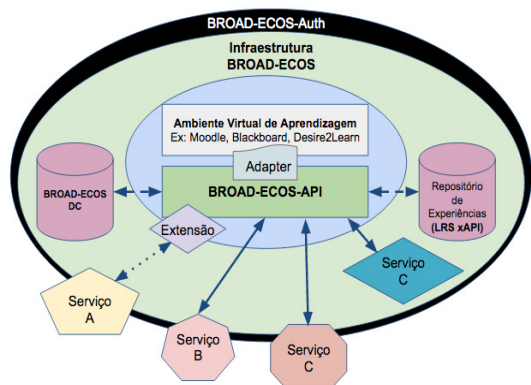


Figura 2 – Componentes da Plataforma BROAD-ECOS.

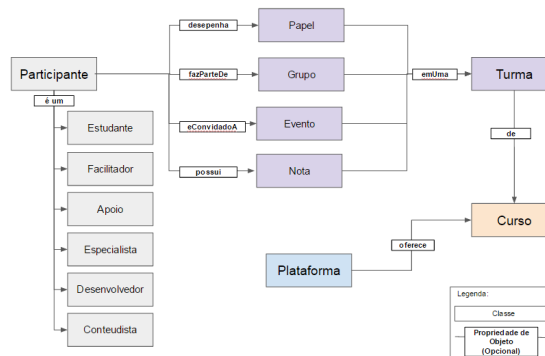


Figura 3 - Ontologia de domínio dos principais participantes.

4. Utilização da plataforma BROAD-ECOS no Moodle

Para demonstrar a viabilidade da plataforma em relação à integração de serviços educacionais externos ao AVA do ponto de vista de atores do ecossistema foi utilizado um cenário, com as seguintes fases: (I) definição; (II) formulação do objetivo; (III) planejamento; (IV) execução e observação das evidências; e (V) a apresentação das evidências observadas. Para a avaliação da plataforma em uso foi escolhido o AVA Moodle, de código livre e com tecnologias abertas e suporte a *plugins* de terceiros.

Para atender ao requisito de baixo acoplamento foi utilizado o padrão de projeto estrutural *Adapter*. Na BROAD-ECOS, o *Adapter* é a camada de software que estará integrada ao AVA, traduzindo as chamadas à BROAD-ECOS-API para suas estruturas internas, e deve permitir o reuso de tudo o que for comum entre AVAS diferentes.

Foi desenvolvido um *plugin* para a BROAD-ECOS chamado *mod-broad-ecos*, que inclui uma implementação da infraestrutura BROAD-ECOS na linguagem de programação PHP e um *Adapter* que abstrai as chamadas específicas aos recursos do Moodle e disponibiliza interfaces de usuário dentro do AVA para adição e acesso de serviços como atividades nos cursos oferecidos através da plataforma. O *plugin* depende da existência de um repositório de experiências externo. Para essa versão, foi utilizado o *Learning Locker*, uma implementação livre de LRS para a xAPI (Figura 4).

Como existem muitos componentes e configurações necessárias para conectar os serviços, foi utilizada a estratégia de *containers* [Boettiger, 2015]. A implementação de *containers* utilizada foi o Docker², em conjunto com a ferramenta docker-compose³, utilizada para automatizar o *setup* do ambiente com múltiplos *containers*.

As funcionalidades disponíveis no *plugin* do BROAD-ECOS para o Moodle são: (I) adição/edição de um serviço compatível com a BROAD-ECOS em determinado curso; (II) definição/edição do título e descrição do serviço no contexto em que ele é disponibilizado; (III) seleção/edição dos escopos aos quais o serviço deve possuir acesso no contexto em que foi adicionado; (IV) possibilidade dos estudantes acessarem o

² <https://www.docker.com/>

³ <https://docs.docker.com/compose/>

serviço diretamente no Moodle; e (V) possibilidade de acessar o serviço externamente, mantendo-o em uma janela.

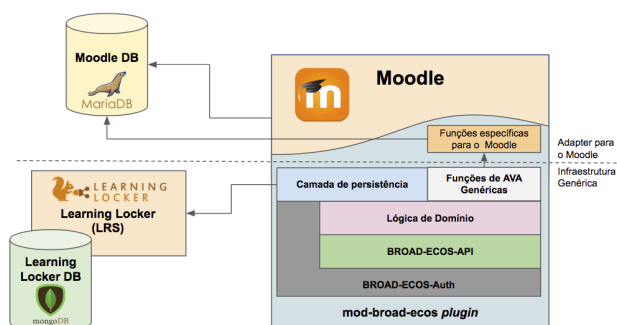


Figura 4 - Arquitetura do *plugin mod-broad-ecos*.

As etapas planejadas para a execução do cenário de uso foram: (Etapa I) Adição do AVA Moodle a plataforma BROAD-ECOS por um Apoio; (Etapa II) Inclusão de um serviço em um curso da plataforma por um Facilitador; e (Etapa III) Acesso a um serviço por um Estudante. Para ilustrar a Etapa II, o usuário Professor I acessa o Moodle e navega até a sua página de cursos, selecionando um de seus cursos, nesse cenário Introdução à Lógica. Na página de edição do curso, adiciona uma atividade e na tela seguinte seleciona o tipo de atividade “mod-broad-ecos”, e é redirecionado para a página de configuração da atividade criada (Figura 5). Na Etapa III, o Estudante I acessa o ambiente e navega até o curso Introdução à Lógica.

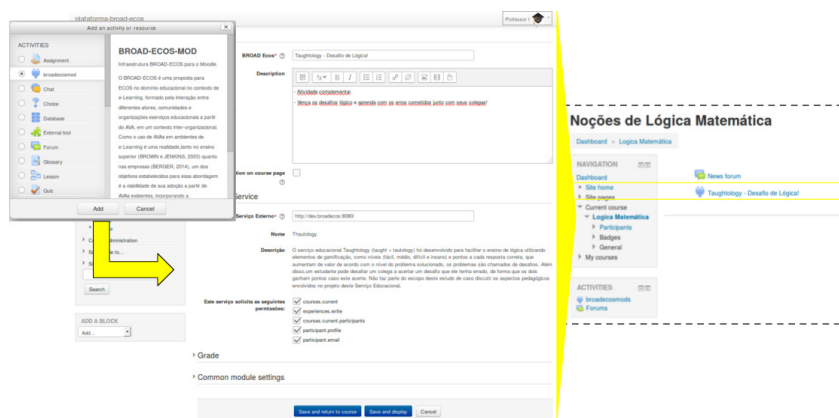


Figura 5 - Adição de uma atividade broad-mod-ecos no curso.

4.2 Evidências Observadas

O cenário de uso apresenta indícios da viabilidade da proposta, dos conceitos e das tecnologias envolvidas na integração de serviços educacionais ao AVA Moodle, cobrindo um ciclo de conexão do AVA à plataforma, utilizando um *plugin*, a configuração de um curso por um Facilitador e o acesso por um Estudante. Esse cenário de uso apresentou os principais componentes da plataforma, o uso da BROAD-ECOS-API em conjunto com o BROAD-ECOS-Auth para garantir a comunicação entre a plataforma e o serviço, o uso de metadados para identificação do conteúdo do serviço educacional, o uso da xAPI para armazenar experiências de aprendizagem em um LRS e

a abstração de características específicas do AVA através de um *Adapter*. Também foram utilizados os recursos para desenvolvedores de aplicações compatíveis com a BROAD-ECOS, como a biblioteca BroadEcosApi e a documentação. Durante sua execução, foi possível observar que, do ponto de vista de atores não técnicos como Apoio, Professor e Estudante o uso da BROAD-ECOS para a integração e acesso ao serviço externo não exige configurações técnicas.

A quantidade de atores e de serviços educacionais externos disponíveis no momento da realização da avaliação podem ter influenciado a análise dos resultados. Além disso, cabe ressaltar que a complexidade dos diferentes níveis de integração de serviços à plataforma pode influenciar na utilização dos mesmos pelos atores.

5. Trabalhos Relacionados

O Jampots [Dong *et al*, 2009] é uma implementação de Ecosistema de e-Learning baseado em *mashups*, combinação de informações de várias fontes em diferentes formatos oferecidos através de APIs de terceiros gerando novas funcionalidades, e constitui-se de uma plataforma para o projeto colaborativo, disponibilização, compartilhamento, gerenciamento e recriação de conteúdo educacional para usuários finais. O Dippler [Laanpere *et al*, 2013] é a plataforma de um ecossistema que não se limita à estrutura, arquitetura e implementação, mas considera uma perspectiva mais ampla, sócio tecnológica, envolvendo aspectos políticos, econômicos, acadêmicos e tecnológicos. A Experience API (xAPI), é uma especificação que permite a coleta de dados sobre uma ampla gama de experiências de aprendizagem, online e off-line. Permite que diferentes sistemas compartilhem informações educacionais utilizando um vocabulário compartilhado. É aberta, seu desenvolvimento é dirigido pela comunidade, e permite livre implementação [ADL 2016]. Devido a definição de uma interface e um formato de armazenamento de dados comuns, a xAPI estabelece uma especificação que suporta a definição de um Ecosistema de e-Learning [Hruska *et al*, 2015].

Sob a perspectiva de ECOS, os trabalhos apresentados não cobrem aspectos como a possibilidade de contribuição externa à plataforma, suporte de ferramentas e bibliotecas que favoreçam a construção de serviços compatíveis. Além disso, atendem parcialmente aspectos como o uso de ativos compartilhados e a possibilidade de incorporar recursos de terceiros à plataforma. Em relação às características de integração de serviços a ambientes de e-Learning, a plataforma BROAD-ECOS reforça o uso de padrões e recomendações do domínio de e-Learning e a disponibilização de documentação para a construção de serviços compatíveis, além de suportar recursos como o suporte a visões diferentes baseadas em papéis na utilização dos serviços, atividades e interação em grupo e o uso de adaptadores para a integração de serviços existentes. A previsão de colaboração externa à plataforma, o suporte à variabilidade, a possibilidade de incorporação de soluções de terceiros e a existência de um canal de distribuição de serviços educacionais aberto a organizações externas também estão presentes na BROAD-ECOS e não são mencionadas em trabalhos anteriores.

6. Considerações Finais

Este artigo apresentou uma plataforma extensível de ECOS no domínio de e-learning, o BROAD-ECOS, a partir da interação entre diferentes atores, comunidades, organizações

e serviços educacionais numa plataforma tecnológica comum, com o objetivo de apoiar o desenvolvimento, compartilhamento e reuso de serviços educacionais em um contexto inter-organizacional. Este trabalho faz parte ainda do projeto BROAD, que engloba pesquisas relacionadas à investigação e adoção de tecnologias em projetos educacionais.

O suporte a diferentes níveis de integração entre serviços externos e a plataforma pode permitir o uso da BROAD-ECOS tanto para integrar jogos e atividades simples quanto módulos de gestão acadêmica completos, e ampliar as possibilidades de serviços educacionais compartilhados entre organizações. A ênfase em manter uma plataforma com poucas restrições para a criação de serviços pode facilitar o interesse de terceiros a desenvolver soluções compatíveis ou adaptar soluções existentes para a BROAD-ECOS. A diversidade é uma das características do domínio educacional, dessa forma, a definição de um mecanismo para extensão dos recursos previamente definidos é importante para que a proposta seja considerada mesmo em cenários em que existam necessidades específicas. Há indícios de que é possível propor um ecossistema mesmo em um domínio tão heterogêneo como o educacional, em contextos, objetivos educacionais, abordagens pedagógicas e necessidades organizacionais específicas.

Como trabalhos futuros, cabe ressaltar a disponibilização de um canal de distribuição, como uma loja de serviços educacionais através da qual os professores possam encontrar e adicionar serviços educacionais. Além disso, é importante a implementação de todos os recursos da BROAD-ECOS-API descritos e o aperfeiçoamento dos artefatos e da documentação necessária para permitir novas pesquisas e integração e uso por terceiros.

Agradecimentos: à FAPEMIG, CNPq, UFJF e Capes pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências

- ADL, Advanced Distributed Learning. Experience API (xAPI). Disponível em <http://www.adlnet.gov/tla/experience-api> Acessado em 12 de outubro de 2015.
- Alzaza e Yaakub. (2011) “Students' awareness and requirements of mobile learning services in the higher education environment”. *American Journal of Economics and Business Administration*. p. 95.
- Barbosa, O. Santos, R.; Alves, C.; Werner, C. e Jansen, S. (2013). “A systematic mapping study on software ecosystems from a three-dimensional perspective”. In: *Software Ecosystems: Analyzing and Managing Business Networks in the Software Industry*. Edward Elgar Publishing, 2013.
- Boehringer, D.; Bernlohr, H. (2014) CampusConnect: An open-source initiative to connect Learning Management Systems, Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE, 2014.
- D'Mello, D.; Crasta, M.; Gomes, R.; Abhishiktha, V.; D'Souza, S. (2013) “A Broker Based E-Learning Service Integration and Execution Architecture for the Complex Requirements on Learning Resources”. *Advanced Computing, Networking and Security (ADCONS), 2nd International Conference on*. p. 35 - 40. IEEE. 2013.

- Dong, B., Zheng, Q., Yang, J., Li, H. e Qiao, M. (2009) “An E-Learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure”, *Advanced Learning Technologies*, 2009. ICAALT 2009. Ninth IEEE Inter. Conf. on pp.125, 127.
- Fragoso, O. G., Santaolaya, R., Munoz, S. J., Valenzuela, B. D., e Rojas, J. C. (2014) “Integration of learning Web services into learning management systems”. In *Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIV)*, IEEE (pp. 1-6). 2014.
- Hruska, M.; Medford., A; Murphy, J. (2015). *Learning Ecosystems Using the Generalized Intelligent Framework for Tutoring (GIFT) and the Experience API (xAPI)*. AIED 2015 Workshop Proceedings, Vol. 6. 2015.
- Jansen, S.; Cusumano, M. (2012) “Defining software ecosystems: A survey of software platforms and business network governance”. In: *CEUR Workshop Proceedings*, v. 879, p. 41–58. 2012.
- Laanpere, M., Põldoja, H., & Normak, P. *Designing Dippler—a Next-Generation TEL System*. (2013) In *Open and Social Technologies for Networked Learning* (pp. 91-100). Springer Berlin Heidelberg. 2013.
- Manikas, K (2016), “Revisiting Software Ecosystems Research: A Longitudinal Literature Study”. *Journal of Systems and Software*, 117, 84-103.
- Marinos, A.; Moschoyiannis, S.; KRAUSE, P. (2011) “Towards a restful infrastructure for digital ecosystems”. *International Journal of Electronic Business*, v. 9, n. 5-6, p. 484-498, 2011.
- OAuth, OAuth 2. Disponível em <<http://oauth.net/2/>>. Acesso em 28 de Novembro de 2015.
- Pereira, C. K.; Campos, F. C. A.; Stroele, V.; Braga, R. M.; David, J. M. N.; Almeida, R. (2015) *Extração de Características de Perfil e de Contexto em Redes Sociais para Recomendação de Recursos Educacionais*. In: *Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE)*, v. 23, p. 25-39, 2015.
- Rezende, P. A. A., Pereira, C. K., Campos, F., David, J. M. N., & Braga, R. (2015). "PERSONNA: proposta de ontologia de contexto e perfil de alunos para recomendação de objetos de aprendizagem". *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 23(01), 70.
- Santos, R (2016) “Managing and Monitoring Software Ecosystem to Support Demand and Solution Analysis”. PHD Thesis COPPE/UFRJ, disponível em http://reuse.cos.ufrj.br/site/pt/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid (acesso em maio de 2016).
- Veiga, W.; Campos, F.; Braga, R.; David, J. M. (2015) “LUDOS: uma Infraestrutura para Gamificação em Ecossistemas de E-learning”. *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)*. p. 459-469.