

Qualidade de um Ecossistema de e-Learning: Indicadores de Saúde

Alternative Title: Quality of an e-Learning Ecosystem: Health Indicators

Iuri Carvalho

Programa de Pós Graduação em
Ciência da Computação
Universidade Federal de Juiz de Fora
iuri.carvalho@ice.ufjf.br

Welington Veiga

Programa de Pós Graduação em
Ciência da Computação
Universidade Federal de Juiz de Fora
welington.veiga@ice.ufjf.br

Fernanda Campos

Programa de Pós Graduação em
Ciência da Computação
Universidade Federal de Juiz de Fora
fernanda.campos@ufjf.edu.br

Regina Braga

Programa de Pós Graduação em
Ciência da Computação
Universidade Federal de Juiz de Fora
regina.braga@ufjf.edu.br

Victor Ströele

Programa de Pós Graduação em
Ciência da Computação
Universidade Federal de Juiz de Fora
victor.stroele@ice.ufjf.br

RESUMO

Este artigo discute a importância da avaliação de qualidade em ecossistemas de software, em especial no domínio educacional. São apresentados alguns indicadores de saúde de ecossistemas, utilizando como foco o BROAD-ECOS, um Ecossistema de e-Learning baseado em serviços educacionais, reuso e compartilhamento de recursos em um contexto inter-organizacional. Foram definidas métricas para avaliação da saúde do ecossistema e, a partir da arquitetura semiautomatizada HEAL ME foi avaliada a qualidade do ecossistema, com quatro indicadores. Há indícios da viabilidade do processo de avaliação, e suas análises e resultados poderão ser utilizados para aperfeiçoamento do ecossistema, sua sobrevivência e adoção em larga escala.

Palavras-Chave

Saúde de ECOS, Ecossistemas de Software, E-Learning, Qualidade.

ABSTRACT

This article discusses the importance of quality assessment in software ecosystems, especially in the educational domain. Some ecosystem health indicators are presented, focusing on BROAD-ECOS, an e-Learning Ecosystem based on educational services, resources reuse and sharing in an inter-organizational context. Metrics were defined for evaluation of ecosystem health, and from the semi-automated HEAL ME architecture the ecosystem quality was evaluated, with four indicators. There are indications of the

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

SBSI 2017, June 5th-8th, 2017, Lavras, Minas Gerais, Brazil.
Copyright SBC 2017.

feasibility of the evaluation process, and its analysis and results can be used to improve the ecosystem, to survive and to adopt it on a large scale.

CCS Concepts

• Information systems → Computing platforms • Software and its engineering → Layered systems.

Keywords

SECO Health; Software Ecosystem; E-Learning; Quality.

1. INTRODUÇÃO

A presença de ambientes de e-Learning na academia e nas empresas é uma realidade. Hoje mais de 25% das matrículas do ensino superior no Brasil são da modalidade de Ensino à Distância e muitos cursos presenciais possuem disciplinas oferecidas nessa modalidade (www.mec.gov.br). Nos Estados Unidos, 74% das empresas utilizam um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e salas de aula virtuais/webcasting [10].

Nesse contexto, a produção de recursos e serviços educacionais é fundamental para a criação de ambientes de e-Learning, que proporcionem experiências de ensino e aprendizagem ricas, segundo seu paradigma e objetivos pedagógicos. A quantidade de recursos educacionais disponíveis na web e tendências como a aprendizagem informal, aprendizagem por meio de dispositivos móveis e aprendizagem ao longo da vida abrem novas possibilidades ao mesmo tempo em que adicionam complexidade ao processo [27]. A fragmentação de soluções e o grande número de soluções específicas são características do domínio de e-Learning [17], e um dos desafios das organizações que proveem ambientes de e-Learning é conseguir oferecer recursos educacionais como os já existentes nos concorrentes, nos dispositivos móveis e na web e, ao mesmo tempo, inovar.

As dificuldades de integração, compartilhamento e reuso no domínio de e-Learning ocorrem onde há conectividade e

interdependência entre organizações [5], dado que essas organizações são dependentes de componentes e infraestruturas fornecidos por terceiros [9]. As inovações não são mais frutos de uma única organização, e sim co-inovações construídas a partir da interdependência entre diferentes organizações [3].

Uma forma de compreender essas relações complexas é o estudo de Ecossistemas de Software (ECOS), que analisam a indústria de software sob um ponto de vista inspirado em ecossistemas naturais e de negócios. Em um ECOS não se considera apenas o software em si, mas sua dependência de componentes e infraestrutura de terceiros, usuários, stakeholders e a interação entre eles, com o objetivo de oferecer formas que favoreçam o reuso e o compartilhamento de recursos e serviços de forma estruturada [4][25].

No domínio educacional, embora existam diferentes propostas de Ecossistemas de e-Learning que descrevem os diversos fatores envolvidos em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), muitos não possuem uma fundamentação teórica com foco em favorecimento do reuso e compartilhamento de recursos educacionais [24]. O BROAD-ECOS [26] é um modelo de Ecossistema de e-Learning que caracteriza os diferentes fatores que interagem nesses ambientes dentro de um contexto inter-organizacional, tanto na academia quanto nas empresas. Seu desenvolvimento foi baseado em um estudo exploratório com profissionais de e-Learning da academia e de empresas com diferentes funções e experiências. O BROAD-ECOS faz parte do projeto BROAD [14] [16] [15] [17] que engloba pesquisas relacionadas a investigação e adoção de tecnologias em projetos educacionais, incluindo a proposta de um ecossistema.

Garantir a solidez e a longevidade de um ECOS é um fator crítico. Devido aos altos investimentos agregados a um ECOS, os prejuízos podem ser grandes [23]. Assim, é importante a investigação de modelos de qualidade que englobem a saúde de ecossistemas [19]. Solidez refere-se ao fato da integridade do ECOS não ser afetada por fatores como problemas de projeto, gerenciamento e mudanças de tecnologia. Já longevidade é a capacidade do ECOS se manter por um longo período de tempo [20]. A criticidade destes fatores se deve ao envolvimento de diversas empresas, e os altos investimentos financeiros e de esforço efetuados. Para evitar a perda desses investimentos, não pode existir o risco de encerramento do ECOS, ou o não atendimento das expectativas daqueles que o adotam [22].

A arquitetura Health dEfnition Architecture ontoLogy-based froM sEco (HEAL ME) [23] efetua a análise e definição da saúde de um ECOS a partir da aplicação de métricas e controle das mesmas. A arquitetura captura os dados do ECOS, de forma semi-automatizada, e a partir da aplicação das métricas sugeridas, é capaz de analisar e apresentar o panorama da saúde do ECOS. Esta atividade é efetuada através da análise semântica de seus componentes como rede de relacionamentos, dados de usuários e desenvolvedores.

Este artigo discute e apresenta o uso da arquitetura HEAL ME no contexto do ROAD-ECOS, apresentando indicadores da saúde deste ECOS com base nas análises realizadas pela arquitetura. Os indicadores foram selecionados a partir de um estudo exploratório realizado e da identificação de características de qualidade para um ECOS educacional. As análises e resultados do processo mostram indícios sobre a saúde do BROAD-ECOS.

Além desta introdução, este trabalho está assim organizado: na

Seção 2, são discutidos os trabalhos relacionados; na Seção 3 é apresentado o Ecossistema de e-Learning – BROAD-ECOS; na Seção 4 é apresentada a avaliação da saúde na perspectiva de ECOS; na Seção 5 são feitas as considerações finais e apontados os trabalhos futuros.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos relacionados estão divididos em dois grupos. No primeiro estão os trabalhos que abordam a definição de Ecossistemas de e-Learning e seus componentes e soluções com serviços e no segundo grupo trabalhos relacionados a saúde de ecossistemas.

O ELES [6], busca analogia nos ecossistemas naturais e define fatores bióticos e abióticos. Além disso, oferece uma noção de fronteiras definidas e a existência de comunidades. O Jampots [7] é baseado em *mashups* que combinam recursos existentes em APIs de terceiros, formando um catálogo, de onde é possível gerar novos recursos. O Dippler [11] propõe um novo Ambiente de Aprendizagem Pessoal baseado em uma abordagem pedagógica, integrando um conjunto de serviços ao mesmo. O xAPI [1] consiste em um padrão para integração e interoperabilidade de serviços por meio de dados; e o LUDOS [17], um ecossistema de e-Learning voltado para gamificação. O BROAD-ECOS se diferencia dos demais detalhando os elementos do ecossistema nos níveis indivíduo, comunidade e organização e focando no reuso inter-organizacional, sem exigir a adoção de um novo AVA ou necessidade de definição de um conjunto predeterminado de serviços para integração.

No segundo grupo destacam-se os trabalhos que detalham a questão de saúde de um ecossistema. Dois merecem destaque. O primeiro [21], apresenta um modelo de qualidade para avaliação de ECOS open-source. Este trabalho apresenta métricas para avaliação de características que indicam a solidez de um ECOS. O segundo [20], apresenta um framework conceitual para avaliação dos seguintes indicadores de saúde: robustez, produtividade e criação de nicho. A arquitetura HEAL ME [23] tem o intuito de efetuar a avaliação dos indicadores principais de saúde, de forma semiautomática, utilizando análise semântica. Ao mesmo tempo poder ser adaptada ao domínio do ecossistema, no caso desse trabalho, à área de e-Learning.

3. BROAD-ECOS

Como primeiro estágio desta pesquisa foi proposto um estudo exploratório com dois objetivos: (i) coletar dados para definir os componentes necessários para criação de um modelo de ecossistema de e-Learning e (ii) definir os indicadores e características de qualidade necessários para a definição da saúde do referido ecossistema. Tais objetivos foram úteis tanto para o planejamento do modelo descrito, quanto para analisar sua efetividade. Para esta última característica, a análise da saúde se faz útil, uma vez que o panorama do ecossistema, sua estrutura e sua rede de colaboração são analisados e sua solidez é evidenciada.

A partir da análise dos resultados obtidos no estudo exploratório e da experiência do grupo de pesquisa, foi proposto um modelo de Ecossistema de e-Learning, que compreende as interações entre diferentes atores, comunidades, organizações e serviços educacionais com foco no favorecimento do reuso inter-organizacional.

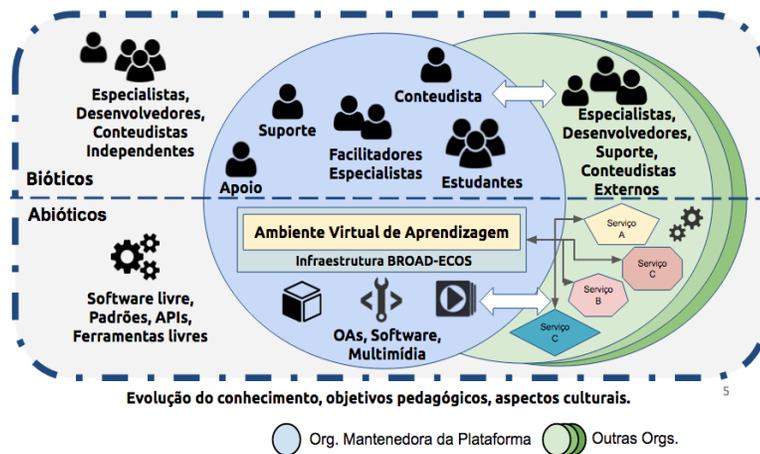


Figura 1. Visão geral do BROAD-ECOS.

Embora existam na literatura definições de Ecossistemas de e-Learning [6] [11], elas não possuem fundamentação comum com as definições de ECOS [12]. Dessa forma é apresentada uma definição com embasamento teórico e características específicas do domínio de e-Learning: um Ecossistema de e-Learning é um ECOS do domínio educacional no contexto de e-Learning, onde os componentes abióticos (como AVA, Serviços Educacionais, OA, 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 (Figura 1).

3.1 Identificação dos Componentes

Na condução de um estudo exploratório, existem diversas técnicas para coleta de dados, que abrangem uma série de instrumentos. Nesta pesquisa foi utilizado um questionário, composto por perguntas fechadas. A metodologia empregada na pesquisa consistiu em sete passos, adaptados de Dresch et al. [8], divididos em três fases: planejamento, aplicação e análise (Figura 2). Nas próximas subseções são apresentados o perfil dos participantes da pesquisa, assim como informações do questionário utilizadas e uma análise dos resultados obtidos.

Planejamento	Aplicação	Análise
i) Definição da relação do questionário com a pesquisa. ii) Projeto do questionário (seções, perguntas, escala) iii) Definição do procedimento de Aplicação iv) Realização de um piloto, e ajuste dos questionário com base no feedback recebido.	v) Aplicação do questionário em 3 fases: a - Assinatura do termo de sigilo e anonimato. b - Apresentação de 5 min sobre o contexto, sem mencionar os elementos da pesquisa para evitar vies. c - Entrega do questionário em grupos de no máximo 5 participantes.	vi) Compilação e análise dos resultados obtidos. vii) Apresentação dos resultados.

Figura 2. Fases e etapas do estudo exploratório.

Participantes

Para atender aos objetivos da pesquisa, a amostra de 31 participantes consistiu de dois grupos. Um com 11 participantes, composto por profissionais de e-Learning com experiência da academia em cursos de formação técnica e de nível superior, e outro com 20 participantes, composto por profissionais com experiência de e-Learning para treinamento em empresas (Figura 3). Além disso, os participantes possuem diferentes níveis de experiência com e-Learning (Figura 4). Dessa forma a amostra

possui, em ambos os grupos, um perfil heterogêneo e abrange diferentes funções e experiências dentro da atuação profissional em ambientes de e-Learning, atendendo aos objetivos da pesquisa.

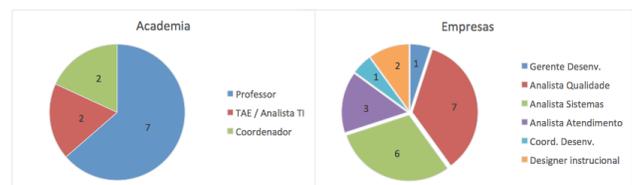


Figura 3. Funções dos participantes.



Figura 4. Experiência dos participantes em e-Learning.

Questionário

O modelo de questionário empregado possui 24 perguntas fechadas em forma de afirmação, que podem ser respondidas na escala, Concordo, Discordo e Indiferente, divididas em quatro temas: Ambientes de e-Learning; Organizações; Tecnologia e Papéis; e características de qualidade de um ECOS.

Análise dos Resultados

A partir das respostas dos participantes, os resultados foram compilados de acordo com os temas. O primeiro tema, ambientes de e-Learning, registrou um comportamento similar em ambos os grupos, que reconheceram a importância dos recursos humanos e tecnológicos, de se integrar recursos da web, da existência de lojas de recursos educacionais como a Apple AppStore e a Google Play! Store e de comunidades para compartilhamento de experiências e conhecimento. A maior parte dos participantes concorda que os professores devem definir quais serviços integrar. No entanto, há forte discordância a respeito da familiaridade dos professores com tecnologia e detalhes técnicos da integração com

esse tipo de recurso. O segundo tema, referente às organizações identificadas, demonstrou a aprovação dos participantes em relação a existência das seguintes organizações envolvidas nos processos de e-Learning: Mantenedora do Ambiente de e-Learning, Desenvolvedora da Plataforma, Fornecedor de Conteúdo, Desenvolvedor de Serviços e Consultoria. O terceiro tema, sobre as tecnologias e papéis, reconheceu a importância do ambiente de e-Learning ser compatível com os recursos educacionais, e demonstrou aceitação em relação à qualidade dos recursos educacionais existentes hoje na web. No entanto, em relação à aceitação das tecnologias disponíveis para objetos de aprendizagem (OAs), dos próprios OAs como forma de entrega de conteúdo educacional e dos conteúdos multimídia mostrou-se menor, especialmente no grupo de profissionais de empresas, onde houve um alto nível de rejeição. O quarto tema referente aos indivíduos demonstrou forte aceitação dos participantes em relação aos papéis: Estudante, Facilitador, Especialista, Apoio, Suporte, Desenvolvedor e Conteudista.

O segundo objetivo do estudo exploratório definiu um subconjunto de métricas que os participantes consideraram adequadas para o contexto de um ECOS para e-Learning, a partir de trabalho anterior dos autores [23]. Os resultados, agregados ao estudo da literatura especializada, deram origem ao conjunto de métricas apresentadas na tabela 3.

3.2 Plataforma BROAD-ECOS

A seguir, são apresentados os componentes do ecossistema. Os fatores bióticos divididos em indivíduos, comunidades e organizações e os abióticos, que incluem a plataforma e os serviços educacionais.

Indivíduos

As pessoas que, de alguma forma, interagem com o ecossistema tendo papéis e atribuições individuais, compõem os indivíduos desse ecossistema. A perspectiva de ECOS inclui entre os indivíduos, não apenas aqueles que interagem diretamente com a plataforma, mas também aqueles que participam da produção e disponibilização de conteúdo e software, da consultoria pedagógica e de conhecimento do domínio, e de tarefas de apoio e suporte para o ambiente de e-Learning.

Na Tabela 1, estão os fatores bióticos, juntamente com exemplos de papéis que podem assumir em AVAs ou contextos específicos.

Comunidades

As comunidades são associações voluntárias ou estabelecidas por normas das organizações e constituem grupos descentralizados que compartilham objetivos, responsabilidades ou papéis dentro do ecossistema. Comunidades podem ser formadas para estudar ou aprofundar determinado conhecimento, compartilhar material educacional e experiências, ou mesmo para desenvolver processos, definir boas práticas e normas para as relações dentro do ecossistema [27].

Organizações

Uma organização pode ser uma empresa, órgão público, instituição educacional, Organização Não Governamental (ONG) ou qualquer outro grupo que compartilhe uma missão e objetivos específicos dentro do ecossistema. Tradicionalmente, um ambiente de e-Learning é mantido por uma única organização,

que pode ou não ser a responsável pelo desenvolvimento do software dessa plataforma.

A abordagem proposta visa criar mecanismos para que diferentes organizações em diferentes papéis (Tabela 2) possam desenvolver, compartilhar e reutilizar serviços educacionais e se beneficiar de uma rede de fornecimento de soluções e possibilidade de inovação.

Tabela 1. Indivíduos do BROAD-ECOS.

Papel	Descrição/Atividades	Exemplos
Apoio	São os responsáveis por todas as atividades de suporte administrativo, através dos cadastros, relatórios e procedimentos operacionais	Operador, técnico, administrador.
Conteudista	Desenvolve conteúdo educacional, em forma de vídeo, áudio, texto, OAs, jogos ou qualquer mídia utilizada no ambiente de e-Learning.	Designer, pedagogo, designer instrucional
Desenvolvedor	É o profissional de TI responsável pelo desenvolvimento, manutenção e evolução da plataforma, além da criação de <i>plugins</i> e ferramentas.	Programador, <i>web designer</i> , DBA.
Especialista	Possui conhecimento aprofundado sobre o processo educacional, pedagógico ou de determinada área de conhecimento.	Pedagogo, especialista domínio.
Estudante	É o participante de um curso, disciplinas ou atividade educacional.	Estudante, treinando, aluno.
Suporte	São os responsáveis por todas as atividades de suporte operacional, auxiliando no uso dos recursos disponíveis e esclarecendo dúvidas.	Atendimento, <i>help desk</i> .

Plataforma de Serviços Educacionais

A base tecnológica em torno da qual se estabelece o ecossistema é a plataforma, composta por um AVA e pela Infraestrutura BROAD-ECOS. Dada a adoção dos AVAs nas indústrias e empresas e ao grande número de soluções específicas, este trabalho não propõe um novo ambiente, e sim a integração dos AVAs existentes à infraestrutura, conectados por uma fina camada de software, seguindo o padrão de projeto Adapter.

Tabela 2. Organizações do BROAD-ECOS.

Organização	Descrição/Atividades
Consultoria	Organização com conhecimento para auxiliar outra organização a manter ou participar de um ecossistema de acordo com suas necessidades e objetivos.
Desenvolvedora da Plataforma	Organização que desenvolve a plataforma (AVA) e/ou responsável por sua manutenção e evolução.
Fornecedor de Software	Organização que desenvolve softwares educacionais independentes compatíveis com determinado padrão ou recomendação.
Fornecedor de Conteúdo	Organização que produz material educacional multimídia suportados por AVAs.
Fornecedor de Serviços	Organização que desenvolve e oferece soluções de software educacional como serviços que podem ser integrados às plataformas.
Mantenedora da Plataforma	Organização que fornece e mantém o ambiente de e-Learning.

Os recursos oferecidos pela Infraestrutura BROAD-ECOS podem ser divididos em quatro grupos: (i) modelo do domínio educacional, que consiste em uma representação de entidades como estudantes, turmas, cursos e avaliação, definidas semanticamente através de uma ontologia, permitindo a integração e interoperabilidade de serviços de diferentes organizações; (ii) metadados, baseados no IEEE LOM e enriquecidos com metadados específicos do BROAD-ECOS, que permitem a descrição dos serviços educacionais e dos recursos necessários para sua integração, respectivamente; (iii) controle de autenticação e autorização, onde cada serviço pode ter acesso a um conjunto específico de recursos, permitindo diferentes níveis de integração no nível de turma e reforçando a segurança do ecossistema; (iv) Serviços Web, por meio de uma API RESTful, com dados trafegados em formato JSON, permitindo a consulta e persistência de dados do domínio, metadados e experiências de aprendizagem compatíveis com o xAPI, respeitando os requisitos

de segurança definidos (Figura 5).

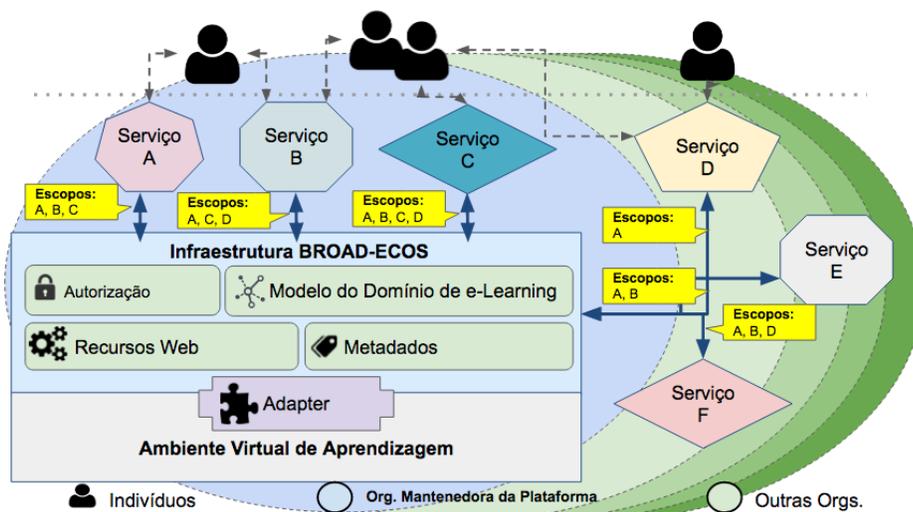
Os Serviços Educacionais compatíveis integram-se à plataforma por meio de Serviços Web, e precisam implementar serviços obrigatórios para fornecer metadados e respeitar o protocolo de segurança, baseado no OAuth2. Cada conjunto de serviços oferecidos pela plataforma exige permissões específicas (ler informações de aluno, gravar informações de avaliação, por exemplo), chamadas de escopos. Os serviços podem ou não estarem autorizados em diferentes escopos, permitindo a existência de diferentes níveis de permissão. A integração de um serviço é feita diretamente pelos indivíduos, informando-se a URI do serviço que se deseja integrar na plataforma. A partir daí é possível consultar os metadados educacionais do serviço, e autorizar as permissões desejadas dentre as solicitadas pelo serviço, garantindo a autonomia para realizar a integração sem necessidade de informar nenhum detalhe técnico adicional e atender a um objetivo educacional específico dentro do seu contexto pedagógico no nível de turma.

4. AVALIAÇÃO DA SAÚDE DO BROAD-ECOS

Uma das formas de avaliar o funcionamento, integridade e usabilidade de um ecossistema é avaliando sua saúde. De acordo com Santos et al. [19], saúde de um ECOS é a capacidade do ECOS se manter estável e se expandir, atendendo as demandas cotidianas. Ou seja, medir a saúde de um ECOS é definir o grau que este oferece de oportunidade para os colaboradores e para os atores que dependem dele.

Nesse artigo, além de descrever o processo de identificação dos itens do Ecossistema, é avaliada a saúde de instâncias do BROAD-ECOS. Apesar da atividade de avaliação da qualidade ser sistemática é interessante também que este controle seja o mais automático possível para agilizar o processo e reduzir eventuais erros. Com o controle da saúde de um ECOS, podemos garantir que os investimentos efetuados não sejam desperdiçados, aumentando o alcance da plataforma e, conseqüentemente, de seus produtos e serviços ofertados.

Para efetuar esta avaliação, foi utilizado o estudo exploratório e revisão da literatura para identificar as características Da saúde em um ecossistema de e-Learning. As visões e perspectivas dos

**Figura 5. Plataforma composta pelo AVA e a infraestrutura BROAD-ECOS.**

usuários e desenvolvedores serviram como parâmetros para elicitar as melhores métricas e abordagens de avaliação para definição da saúde no cenário descrito.

Para a avaliação foi utilizada a arquitetura HEAL ME. Esta arquitetura baseia-se em uma ontologia, que modela o domínio de ecossistemas[23]. Esta arquitetura utiliza um grupo de métricas gerais para definir o panorama dos ecossistemas analisando sua rede de colaboradores, redes de comunidades, atores e infraestrutura envolvidos. Uma das características da arquitetura HEAL ME é sua generalidade, ou seja, sua capacidade de ser aplicada em qualquer domínio de um ecossistema de software. No caso do domínio de e-Learning foi instanciado um subconjunto dessas métricas.

Para a avaliação da Infraestrutura BROAD-ECOS, foram construídos Adapters para dois AVAs com objetivos, modelo de negócio e características técnicas diferentes. O Moodle, de código aberto e mantido por uma organização aberta e o AVA-II, de código proprietário, cujo acesso foi liberado por uma empresa parceira. Além disso, dois Serviços Educacionais, construídos em trabalhos anteriores, foram adaptados para integração à infraestrutura: o BROAD [24], um serviço educacional para ensino de lógica com interação entre os estudantes e elementos de gamificação; e o BROAD [15], um serviço educacional para exibir de forma integrada quadros de líderes com pontos, medalhas e conquistas obtidos em outras aplicações.

O processo de avaliação consistiu das seguintes etapas: (i) identificação dos indicadores e métricas de qualidade; (ii) captura das informações sobre o BROAD-ECOS; (iii) Utilização da arquitetura HEAL ME e avaliação semiautomática da qualidade da saúde do Ecossistema; (iv) análise dos resultados. Para este processo, a arquitetura HEAL ME foi integrada à arquitetura do BROAD-ECOS. Esta integração e suas interações podem ser observadas através da Figura 6.

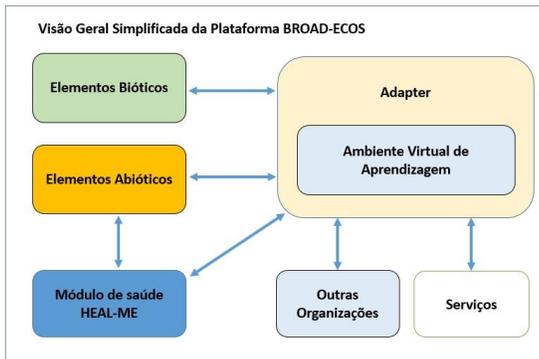


Figura 6. Visão simplificada da plataforma BROAD-ECOS.

4.1 Indicadores de saúde para o domínio de ecossistemas de e-Learning

Para esta avaliação, foram identificados os indicadores de saúde que mais se relacionam com o domínio de e-Learning: diversidade [25], produtividade, robustez e criação de nicho [20]. Nesse processo serão utilizadas 25 das 58 métricas originais propostas pela arquitetura HEAL ME [23]. A Tabela 3 apresenta as métricas selecionadas para esse estudo.

4.2 Captura das informações pela aplicação

Para efetuar a avaliação, dados da plataforma BROAD-ECOS foram capturados para serem analisados pelas métricas. Os valores de referência são informados através de parâmetros lançados na aplicação da arquitetura HEAL ME. As métricas avaliam os dados através dos parâmetros pré-definidos, e demonstram se atendem os requisitos para determinado indicador. O conjunto das definições resulta no panorama da saúde do ecossistema.

Tabela 3. Métricas de saúde para o domínio de e-Learning.

Indicador: Diversidade
Quantos desenvolvedores diferentes existem na comunidade?
Quantos grupos de usuários existem na comunidade?
Quantas linguagens de programação diferentes são suportadas pela plataforma?
Quantos dispositivos de hardware suportam a plataforma?
O Ecossistema possui plano contra colapso?
Indicador: Produtividade
Quantos projetos novos foram adicionados nos últimos 30 dias?
Quantos eventos ocorreram na comunidade nos últimos 30 dias?
Quantas KLOC foram adicionadas no repositório nos últimos 30 dias?
Quantos artefatos foram adicionados no repositório nos últimos 30 dias?
Quantas mensagens foram transmitidas nos canais de comunicação da comunidade nos últimos 30 dias?
Qual é o tempo médio para correção de erros?
Quantos parceiros foram adicionados na comunidade nos últimos 30 dias?
Quantos usuários utilizaram a plataforma nos últimos 30 dias?
Quanto tempo em média os usuários utilizam a plataforma?
Indicador: Robustez
Característica: Inter-Relação
Quantos participantes a plataforma possui?
Característica: Consistência da Informação
A plataforma possui um glossário de termos usados nos projetos?
Característica: Agrupamento
Quantos tipos de produtos existem na plataforma?
Qual é o número total de arquivos produzidos?
Característica? Consistência Financeira
Quantos parceiros a plataforma possui?
Quantos contribuintes ativos a plataforma possui?
Indicador: Criação de Nicho
A plataforma possui documentação?
Quais são os tipos de contribuintes?
Quais são os tipos de projetos de aplicação?
Quais são os tipos de tecnologias suportadas?
Quais são os tipos de tecnologias de desenvolvimento suportadas?

4.3 Utilização da arquitetura HEAL ME e avaliação semiautomática da qualidade da saúde do Ecossistema

Após cadastrados os dados do ecossistema BROAD-ECOS e parametrizada a arquitetura HEAL ME, foi iniciado o processo de avaliação semiautomático. Os parâmetros utilizados para esta avaliação podem ser observados na Figura 7.

Para exemplificar o funcionamento da avaliação, pode-se utilizar a métrica “A plataforma possui documentação?”. É informado o valor “sim” para o parâmetro referente à esta métrica. Desta forma, o dado sobre documentação do ECOS BROAD-ECOS possuindo também o valor “sim”, descreve que a referida métrica foi atendida. Em conjunto com o cumprimento de outras métricas, é atendido o indicador Criação de Nicho. Este, por sua vez, em conjunto com os outros indicadores, apresenta o panorama de saúde da plataforma como favorável.

4.4 Análise dos Resultados

Através dos resultados da análise, pode-se descrever o panorama da saúde do BROAD-ECOS. Pela sua diversidade de plataformas e de serviços oferecidos, assim como a funcionalidade de cada serviço individualmente, há indícios da presença do indicador diversidade. Pelos recursos oferecidos por cada plataforma AVA, juntamente com seus artefatos e colaboradores, também foram encontrados indícios da presença do indicador produtividade. Número de participantes e a diversidade existente entre eles, assim como diversidade de produtos e serviços existentes em cada uma das instâncias do BROAD-ECOS apontam a presença do indicador robustez. E por fim, sua capacidade de absorver novas tecnologias de aprendizagem, assim como novos AVA's e novos atores demonstra sua capacidade de criação de nichos. Esta análise aponta como favorável o panorama de saúde da infraestrutura avaliada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O presente artigo contribui com o estudo e compreensão do domínio educacional sob a perspectiva de ecossistemas, fornecendo uma visão geral de Ecossistemas de e-Learning fundamentada em ECOS a partir de um estudo exploratório com profissionais com experiência em e-Learning na academia e nas empresas e uma análise da saúde de um ecossistema específico, especificado a partir deste estudo exploratório. A partir da definição apresentada, o modelo proposto identifica os componentes bióticos e abióticos de um Ecossistema de e-Learning, baseando-se na integração de serviços educacionais com foco no favorecimento do reuso e compartilhamento de recursos educacionais em um contexto inter-organizacional. Além disso, a solução apresentada no presente trabalho permite a adoção a partir de AVAs existentes, reconhecendo a diversidade de soluções do domínio educacional e viabilizando a solução proposta. Outra contribuição importante é a avaliação da plataforma sob a perspectiva de ECOS, e o panorama de sua saúde foi definido através da análise da estrutura de suas redes de relacionamento, atores e outros componentes. O processo de avaliação baseou-se na arquitetura HEAL ME, cujo objetivo é analisar semanticamente a saúde de um ECOS. Os resultados iniciais obtidos apresentam indícios da utilidade da arquitetura, que foi idealizada para analisar a saúde de ECOS independente de domínio. A arquitetura HEAL ME é ainda um protótipo. Aprimoramentos ainda são necessários para a avaliação de saúde de ECOS de forma completa. A automatização do processo ainda é um primeiro passo. Em acréscimo, são necessários experimentos para avaliar a efetividade das análises.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, CNPq, UFJF e Capes pelo apoio financeiro ao projeto.

Parameters of the Analysis			
Platform Name:	BROAD-ECOS	Number of active developers:	2
Bug Fix Time:	0	Number of Developer Commits:	0
Developer Hours Worked:	0	Plan for Collapse:	Yes
Documentation:	Yes	Number of Downloads:	0
Number of Modified Files:	35	Number of Passive Users:	0
Number of Readers:	40	Number of Releases:	0
Number of Scientific Publications:	0	Social Media Hits:	0
Number of Users:	0	Number of Users Groups:	2
Support Natural Languages:	Yes	Community Time Work Together:	0
Total Messages Transmitted:	0	Parameter Date:	03/16/2017

Figura 7. Tela de parâmetros da arquitetura HEAL ME.

REFERÊNCIAS

- [1] Bowman, M., Debray, S. K., and Peterson, L. L. 1993. Reasoning about naming systems. *ACM Trans. Program. Lang. Syst.* 15, 5 (Nov. 1993), 795-825.
- [2] ADL 2016, Experience API (xAPI). Advanced Distributed Learning. Disponível em <<http://www.adlnet.gov/ta/experience-api>> Acessado em 12 de outubro de 2015.
- [3] Anrdt, J. e Dibbern, J. (2006). "Co-Innovation in a Service Oriented Strategic Network. IEEE International Conference on Services Computing". SCC '06.p. 285 - 288.
- [4] Barbosa, O. Santos, R.; Alves, C.; Werner, C. e Jansen, S. "Chapter 4: A systematic mapping study on software ecosystems from a three-dimensional perspective". *Software Ecosystems: Analyzing and Managing Business Networks in the Software Industry*. Edward Elgar Publishing. p.59-78
- [5] Bosch J. 2012. "Software ecosystems: Taking software development beyond the boundaries of the organization". *J. Syst. Softw.* 85, 7 (July 2012), 1453-1454.
- [6] Chang, V. e GÜTL, C. (2007) "E-Learning Ecosystem (ELES) – A Holistic Approach for the Development of More Effective Learning Environment for Small-to-Medium Sized Enterprises (SMEs)", *Proc. of IEEE-DEST 2007*, Australia.
- [7] Dong, B., Zheng, Q., Yang, J., Li, H. & Qiao, M (2009) "An E-Learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure" *Advanced Learning Technologies*.
- [8] Dresch, A.; Lacerda, D.; Antunes Jr, (2015) "Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement". Springer International Publishing.
- [9] Jansen, S.; Finkelstein, A.; Brinkkemper, S.A (2009) "Sense of community: A research agenda for software ecosystems". In: 31st Inter. Conf. on Software Engineering – Companion Volume, 2009. ICSE-Companion 2009, pp. 187–190.
- [10] Kasten M. (2015) Estatísticas e Fatos sobre o E-Learning/EAD para 2015. IBIDIN Disponível em <<http://www.ibdin.com.br/?p=2856>>. Acessado em 19 de Dezembro de 2015.
- [11] Laanpere, M., Põldoja, H., e Normak, P. (2013). "Designing Dippler—a Next-Generation TEL System" In *Open and Social Technologies for Networked Learning* (pp. 91-100). Springer Berlin Heidelberg.
- [12] Manikas, K. e HANSEN, K. (2013) "Software Ecosystems – A Systematic Literature Review". In: *Journal of Systems and Software*, v. 86, n. 5 (May). 2013.
- [13] Portal Brasil (2014) "Ensino superior registra mais 7,3 milhões de estudantes". Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/educacao/2014/09/ensino-superior-registra-mais-de-7-3-milhoes-de-estudantes>. Acessado em 19 de Dezembro de 2015.
- [14] Pereira, C. K., Campos, F., Ströele, V., N, J. M., & Braga, R. (2015). "Explorando Dados Ligados através de um Sistema de Recomendação Educacional". *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*.
- [15] Pereira, C. K.; Campos, F. C. A.; Ströele, 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.
- [16] Rezende, P., Pereira, C., Campos, F., David, J. & Braga, R. (2015). "PERSONNA: proposta de ontologia de contexto e perfil de alunos para recomendação de objetos de aprendizagem". In *RBIE*, 23(01), 70-84.
- [17] 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.
- [18] Woklin C.; Runeson, P.; Host, M.; Ohlsson, M. Regnell, B. e Wesslén, A. (2012) "Experimentation in Software Engineering". Springer Berlin Heidelberg.
- [19] R. Santos, G. Valença, D. Viana, B. Estácio, A. Fontão, S. Marczak, C. Werner, C. Alves, T. Conte, e R. Prikladnicki. "Qualidade em ecossistemas de software: Desafios e oportunidades de pesquisa". In *Proceedings of VIII Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems*, pages 41–44, 2014.
- [20] S. Jansen. "Measuring the health of open source software ecosystems: Beyond the scope of project health." *Information and Software Technology* 56.11 (2014): 1508-1519.
- [21] O. Franco-Bedoya, D. Ameller, D. Costal, and X. Franch. "Queso a quality model for open source software ecosystems". In *Software Engineering and Applications ICSEFT-EA*, 2014 9th International Conference on, pages 209–221, Aug 2014.
- [22] van den Berk, I., Jansen, S., & Luinenburg, L. (2010, August). *Software ecosystems: a software ecosystem strategy assessment model*. In *Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume* (pp. 127-134). ACM.
- [23] Carvalho, I., Campos, F., Braga, R., David, José M., Stroele, V., Araujo, Marco A. (2017). *HEAL ME - An Architecture for Health Software Ecosystem Evaluation*. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-System*. In ICSE. IEEE.
- [24] Veiga, W., Campos, F., David, J. M., & Braga, R. (2016). Uma abordagem de Ecossistemas de Software para o domínio de e-Learning. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI 2015)* p. 574-581.
- [25] Jansen, S., M. A. Cusumano, and Brinkkemper, S. Eds. *Software Ecosystems: Analyzing and Managing Business Networks in the Software Industry*. Edward Elgar Publishing, 2013.
- [26] Veiga, W., Campos, F., Braga, R., David, J. M. N., & Ströele, V. *Ecossistema para o domínio educacional: modelo baseado em serviços Web*. *Anais do X Workshop de Desenvolvimento Distribuído de Software, Ecossistemas de Software e Sistemas-de-Sistemas*. CBSOFT 2016.
- [27] XAVIER, Daniel; VIANA, Davi; GADELHA, Bruno. Um estudo sobre a relação entre Processo e Motivação em Equipes de Desenvolvimento de Software. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI 2016)* p. 76-83.