

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Wellington da Veiga Silva

**BROAD-ECOS: Ecosystema de e-Learning
baseado em serviços educacionais**

JUIZ DE FORA, MG - BRASIL.
MARÇO 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Welington da Veiga Silva

**BROAD-ECOS: Ecosystema de e-Learning baseado
em serviços educacionais**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação, do Instituto de Ciências Exatas
da Universidade Federal de Juiz de Fora como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora: Dra. Fernanda Cláudia Alves Campos.

JUIZ DE FORA, MG - BRASIL.
MARÇO 2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, Welington da Veiga.

BROAD-ECOS: Ecosistema de e-Learning baseado em serviços educacionais /

Welington da Veiga Silva. -- 2016.

158 f.

Orientadora: Fernanda Claudia Alves Campos

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, 2016.

1. Engenharia de Software. 2. Ecosistemas de Software. 3. e-Learning. I. Campos, Fernanda Claudia Alves, orient. II. Título.

Welington da Veiga Silva

**BROAD-ECOS: Ecossistema de e-Learning baseado
em serviços educacionais**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação, do Instituto de Ciências Exatas
da Universidade Federal de Juiz de Fora como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Ciência da Computação.

Aprovada em 21 de março de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Fernanda Claudia Alves Campos, D. Sc.
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Regina Maria Maciel Braga Villela, D. Sc.
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Claudia Maria Lima Werner, D. Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

JUIZ DE FORA, MG - BRASIL
MARÇO 2016

Dedico este trabalho aos meu pais, referências de
“mestre” nas ciências mais importantes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por permitir que esta caminhada tenha sido realizada, pela força e motivação, e por me cercar de pessoas incríveis em todos os momentos. Em especial...

...aos meus pais, Marques e Purcina, pelo incentivo, acompanhamento e apoio constante, pelas palavras de motivação e sobretudo pelos ensinamentos e exemplo dos valores fundamentais nessa caminhada: compromisso, dedicação e perseverança. #sempre

...à Priscila, minha companheira, incentivadora desde a inscrição no programa até a última página deste trabalho. Não teria sido possível sem todo o apoio, carinho e atenção, mesmo nas longas noites e fins de semana dedicados ao trabalho. #umasomamaiorqueaspartes #teamo

...ao meu irmão, Wesley, familiares e pessoas queridas, Titoneli, Rose, Tamyris, pelo apoio e compreensão das ausências e de alguma distância nesse período. #tamojunto

...aos amigos que encontrei ou reencontrei no mestrado, Marcos, Humberto e Tássio, cuja amizade foi fundamental para que esse período de muito trabalho também tenha sido de colaboração, parceria e boas risadas. #foreveralone

...à Professora Fernanda, pelos constantes incentivos, contribuições, sugestões e atenção ao longo desse trabalho, uma oportunidade única de aprendizado e crescimento. E aos professores: Regina, José Maria, Marco Antônio, Vitor, Stenio, Raul e Marcelo pela oportunidade de aprendizado a partir de seu conhecimento e experiência. #pgcc #ufjf

...aos colegas da AfferoLab, pelo constante incentivo e apoio, pela confiança de que os estudos acadêmicos poderiam seguir ao lado das atividades profissionais e pelo acesso e disponibilização de informações referentes ao trabalho incrível que fazemos. #orgulhoafferolab

Obrigado.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.”
- Paulo Freire

RESUMO

A presença de ambientes de e-Learning na academia e nas empresas é uma realidade e há uma forte tendência de crescimento de seu uso devido a vantagens como flexibilidade e custo. Juntam-se a isso características como aprendizado informal, por meio de dispositivos móveis e ao longo da vida e a crescente disponibilidade de recursos educacionais na web e em dispositivos móveis com alto nível de qualidade. Para acompanhar essa evolução, as organizações responsáveis pelos ambientes de e-Learning investem para desenvolver recursos e serviços educacionais, muitas vezes equivalentes em mais de uma plataforma, dificultando a inovação e o compartilhamento dos mesmos. Neste cenário, é quase inviável que uma única organização consiga incorporar todas as inovações do domínio educacional. Essa dissertação apresenta o BROAD-ECOS, uma abordagem sob a perspectiva de Ecossistemas de e-Learning que identifica indivíduos, comunidades, organizações e recursos de software nesse ambiente e define uma arquitetura para transformar ambientes de e-Learning existentes em plataformas que permitam a integração de serviços educacionais externos e favoreçam o desenvolvimento, compartilhamento e reúso de serviços educacionais compatíveis em um contexto inter-organizacional. Para tal, esses serviços possuem controle do nível de integração e suporte a um modelo comum que permite a interoperabilidade entre diferentes fornecedores, além de serem baseados em padrões abertos, bibliotecas comuns e documentação acessível. A avaliação da proposta foi feita em duas etapas. Primeiro, os elementos do ecossistema identificados foram validados por meio de um questionário aplicado a profissionais com experiência em e-Learning, tanto da academia quanto da área de treinamento empresarial. Depois foram realizados cenários de uso para avaliar os artefatos desenvolvidos quanto aos objetivos propostos, o que se justifica pela necessidade de demonstrar a viabilidade técnica dos conceitos e das tecnologias envolvidas em um contexto real de utilização. Os resultados obtidos apresentam indícios da viabilidade da proposta.

Palavras-chave: Ecossistemas de Software, e-Learning.

ABSTRACT

The use of Virtual Learning Environments in academic and corporative training is a real fact and there is a strong trend of growing because of advantages such as flexibility and cost. Besides that features as informal learning through mobile devices and lifelong learning, and the increasing availability of high quality educational resources on the web and on mobile devices must be considered. To keep up with this evolution, the organizations responsible for e-learning environments invest to develop educational resources and services, frequently equivalent in more than one platform, hindering innovation and sharing. In this scenario, it is almost impossible that a single organization incorporates all the innovations in the educational domain. This dissertation presents, in the perspective of Software Ecosystem, the BROAD-ECOS approach, identifying individuals, communities, organizations and software resources that comprise them, and defining an infrastructure to turn the existing Virtual Learning Environments into platforms that allow the integration of external educational services, promoting the development, sharing and reuse of compatible educational services in an inter-organizational context. These services have control of the integration level and support for a common model, which enables interoperability among different providers, and are based on open standards, common libraries and accessible documentation. The evaluation of the proposal was done in two steps. The first one validated the ecosystem elements by means of a questionnaire, applied to professionals with experience in e-Learning, both from academia and business training area. Then, scenarios were performed to evaluate the artifacts considering the proposed goals, justified by the need to demonstrate the technical feasibility of concepts and technologies involved in a real context of use. The results showed the feasibility of the proposal.

Keywords: Software Ecosystems, e-Learning.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Mapa de características dos trabalhos relacionados.	66
Tabela 2 - Indivíduos em um Ecossistema de e-Learning.	74
Tabela 3 - Organizações em um Ecossistema de e-Learning.	76
Tabela 4 - Fatores abióticos de um Ecossistema de e-Learning.	77
Tabela 5 - Escopos por entidade e relacionamento.	84
Tabela 6 - Recursos do Grupo I da BROAD-ECOS-API.	86
Tabela 7 - Recursos oferecidos pelo BROAD-ECOS-DC.	94
Tabela 8 - Mapa de características do BROAD-ECOS.	104
Tabela 9 - Escopo solicitado pelo Taughtology.	112
Tabela 10 - Escopo solicitado pelo Rankr v2.	113
Tabela 11 - Planejamento da CEN-I.	121
Tabela 12 - Planejamento do CEN-II.	127
Tabela 13- Planejamento do CEN-III.	131
Tabela 14 - Planejamento da CEN-IV.	135
Tabela 15 - Evidências para a verificação das características da arquitetura com base nos cenários de uso.	139
Tabela 16 - Evidências para a verificação dos objetivos desta pesquisa com base nos cenários de uso.	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Organização da Dissertação.....	24
Figura 2 - Relação entre modalidades de ensino, adaptado de (MASON e RENNIE, 2008). .	26
Figura 3 - Gerações das TELs, adaptado de LAAMPRE et al. (2012).....	27
Figura 4 - Anatomia de um Objeto de Aprendizagem (JOHNSON, 2003).....	31
Figura 5 - Modelo de maturidade de Serviços WEB REST proposto por Leonard Richardson. (FOWLER, 2010).	36
Figura 6 - Análise de Serviços Web REST e SOAP em diferentes dimensões (PAUTASSO, 2014).....	37
Figura 7 - Modelo de Ecossistema de e-Learning (WILKSON, 2002).	45
Figura 8 - Modelo de Ecossistema de e-Learning (BRODO, 2006).	46
Figura 9 - Modelo de Ecossistema de e-Learning (CHANG e GÜTL, 2007).....	47
Figura 10 - Visão da arquitetura de Serviços Web de E-Learning (FRAGOSO et al., 2013)..	49
Figura 11 - Visão geral do IMS LTI (McFall et al. 2014).....	50
Figura 12 - Visão geral da arquitetura do GLUE! (ALARIOS-HOYOS et al. 2013).....	51
Figura 13 - Visão geral da arquitetura do ASCETA (DORERO et al. 2015).....	53
Figura 14 - Relação entre usuários de um Ecossistema de e-Learning baseado em mashups (DONG et al. 2009).	55
Figura 15 - Camadas da arquitetura do Jampots (DONG et al. 2009).....	56
Figura 16 - Arquitetura conceitual do Dippler (LAANPERE et al. 2014).	58
Figura 17 - Visão Geral da Experience API (TIN CAN, 2015).	59
Figura 18 - Ecossistema de e-Learning formado a partir da xAPI (TIN CAN, 2015).	60
Figura 19 - Estrutura básica de uma declaração da xAPI (LEARNING SOLUTIONS MAGAZINE, 2014).	61
Figura 20 - Fatores do ecossistema antes e após a Ludos. (VEIGA et al., 2015).....	62
Figura 21 - Componentes da infraestrutura a Ludos. (VEIGA et al., 2015).	62
Figura 22 - Ecossistema de e-Learning sob a abordagem BROAD-ECOS.....	70
Figura 23 - Ecossistema de e-Learning sob a abordagem BROAD-ECOS.....	71
Figura 24 - Organização dos fatores bióticos em indivíduos, comunidades e organizações....	73
Figura 25 - Infraestrutura BROAD-ECOS.	78
Figura 26 - Arquitetura Conceitual da Infraestrutura BROAD-ECOS.....	81
Figura 27 - Visão geral dos grupos de Serviços Web da BROAD-ECOS-API.	83
Figura 28 - Classes e propriedades de objetos da ontologia de domínio.....	86

Figura 29 - Tela de autorização para um serviço externo receber permissões para acessar recursos da plataforma no Facebook (Esquerda) e no Google (Direita).	88
Figura 30 - Diagrama de Sequência com o fluxo de autorização iniciado a partir da plataforma.....	91
Figura 31 - Diagrama de Sequência com o fluxo de autorização iniciado a partir do serviço.	92
Figura 32 - Lojas de Aplicativos Google Play!, App Store, Ubuntu Software Centre e Web Store do Chrome.....	93
Figura 33- Metadados de serviços e plataformas no BROAD-ECOS.....	97
Figura 34 - Exemplo de extensão e metadados necessários para comunicação.	98
Figura 35 - Código fonte completo de um serviço que lista o nome dos participantes de um curso.	102
Figura 36 - Integração de serviços existentes através de adaptadores.....	102
Figura 37 - Recursos desenvolvidos.....	107
Figura 38 - Arquitetura do mod-broad-ecos plugin.....	108
Figura 39 - Infraestrutura de containers configurados através do docker-compose.....	109
Figura 40 - Integração da infraestrutura BROAD-ECOS com o AVA youKnow.	110
Figura 41 - Captura de tela do Taughtology.....	111
Figura 42 - Arquitetura do Taughtology.....	111
Figura 43 - Rankr v1 (VEIGA et al., 2015).....	113
Figura 44 - Arquitetura do Rankr v2.	114
Figura 45 - Rankr v2.....	114
Figura 46 - Extensão X-Enroll.	115
Figura 47 - Captura de tela do e-Enrollment.	116
Figura 54 - Instalação do plugin mod-broad-ecos no Moodle.....	122
Figura 55 - Adição de uma atividade broad-mod-ecos no curso.....	122
Figura 56 - Acesso ao serviço a partir do curso (Moodle).	123
Figura 57 - Página customizada do youKnow onde o Professor I adiciona serviços.....	124
Figura 58 - Professor I adiciona o serviço à plataforma (youKnow).	125
Figura 59 - Acesso ao serviço a partir do curso (youKnow).	125
Figura 60 - Estudante falhando no desafio e desafiando colega.....	128
Figura 61 - Segundo estudante aceitando desafio.	129
Figura 62 - Estudante sendo notificado do sucesso do colega.	129
Figura 63 - Professor adiciona o Rankr v2 ao curso.....	132

Figura 64 - Estudante vence desafio e recebe pontos no Taughtology.	132
Figura 65 - Estudante consulta os pontos obtidos no Rankr.....	133
Figura 66 - Professor adicionando e-Enrollment no curso.....	136
Figura 67 – Apoio à matrícula do estudante.....	136
Figura 68 - O estudante matriculado consegue acessar o curso após a matrícula.	137
Figura 69 - Relação entre as avaliações realizadas e os objetivos da pesquisa e as características definidas para a arquitetura do BROAD-ECOS.	138
Figura 48 - Profissões dos participantes.....	156
Figura 49- Experiência dos participantes da academia.	157
Figura 50 - Respostas às perguntas do tema ambientes de e-learning.	158
Figura 51 - Respostas às perguntas do tema organizações.....	158
Figura 52 - Respostas às perguntas do tema tecnologia.	159
Figura 53 - Respostas às perguntas do tema indivíduos.....	159

LISTA DE ABREVIações

AVA	<i>Ambiente Virtual de Aprendizagem</i>
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
EAD	<i>Educação a Distância</i>
ECOS	<i>Ecossistema de Software</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IEEE LOM	<i>IEEE Learning Object Metadata</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
JSON-LD	<i>JavaScript Object Notation for Linked Data</i>
MOOC	<i>Massive Open Online Course</i>
OA	<i>Objeto de Aprendizagem</i>
ONG	<i>Organização não governamental</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
PLE	<i>Personal Learning Environment</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
XHTML	<i>eXtensible Hypertext Markup Language</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
XMLRPC	<i>XML Remote Procedure Call</i>
TEL	<i>Technology Enhanced Learning</i>
TICs	<i>Tecnologias da Informação e Comunicação</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	MOTIVAÇÃO	19
1.2	PROBLEMA.....	20
1.3	QUESTÃO DE PESQUISA	21
1.4	METODOLOGIA	21
1.5	OBJETIVOS	22
1.6	ORGANIZAÇÃO	23
2	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS	25
2.1	E-LEARNING	25
2.1.1	Aprendizado Assistido por Tecnologia	26
2.1.2	Ambientes Virtuais de Aprendizagem.....	27
2.1.3	Objetos de Aprendizagem	30
2.2	SERVIÇOS NO DOMÍNIO EDUCACIONAL.....	32
2.2.1	Serviços Web.....	32
2.2.2	Serviços Educacionais	38
2.3	ECOSSISTEMAS DE SOFTWARE	40
2.3.1	Definições.....	40
2.3.2	Características.....	43
2.4	ECOSSISTEMAS DE E-LEARNING	44
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	47
3	TRABALHOS RELACIONADOS	48
3.1	INTEGRAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM.....	48
3.1.1	Serviços Web para e-Learning	48
3.1.2	Recomendações IMS	49
3.1.3	GLUE!	51
3.1.4	ASCETA.....	52
3.2	ECOSSISTEMAS DE E-LEARNING	53
3.2.1	Jampots.....	54
3.2.2	Dippler	57
3.2.3	Experience API.....	59
3.2.4	Ludos	61
3.3	ANÁLISE COMPARATIVA	63
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	68
4	BROAD-ECOS	69

4.1	INTRODUÇÃO	69
4.2	PERSPECTIVA DE ECOS	70
4.2.1	Fatores Bióticos	72
4.2.1.1	Indivíduos	73
4.2.1.2	Comunidades	74
4.2.1.3	Organizações	75
4.2.2	Fatores Abióticos	76
4.3	INFRAESTRUTURA BROAD-ECOS	78
4.4	ARQUITETURA CONCEITUAL	81
4.4.1	BROAD-ECOS-API	83
4.4.2	BROAD-ECOS-Auth	87
4.4.3	BROAD-ECOS-DC	92
4.4.4	Adapter	94
4.4.5	Metadados	95
4.4.6	Extensões	97
4.4.7	Recursos para Desenvolvedores Externos	99
4.4.8	Desenvolvimento de serviços	100
4.5	ANÁLISE COMPARATIVA	103
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	105
5	DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO	106
5.1	INTRODUÇÃO	106
5.2	AVA I: MOODLE	107
5.3	AVA II: YOUKNOW	109
5.4	SERVIÇO I: TAUGHTOLOGY	110
5.5	SERVIÇO II: RANKR	112
5.6	SERVIÇO III: E-ENROLLMENT	115
5.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	116
6	AVALIAÇÃO	118
6.1	INTRODUÇÃO	118
6.2	CENÁRIOS DE USO	118
6.2.1	Cenário de Uso I: Integração de Serviços à plataforma	120
6.2.1.1	Objetivo	120
6.2.1.2	Planejamento	120
6.2.1.3	Execução	121
6.2.1.4	Evidências Observadas	126
6.2.2	Cenário de Uso II: Interação Entre Atores a Partir de Serviços	126
6.2.2.1	Objetivo	127
6.2.2.2	Planejamento	127
6.2.2.3	Execução	128
6.2.2.4	Evidências Observadas	130
6.2.3	Cenário de Uso III: Interação Entre Serviços	130
6.2.3.1	Objetivo	130
6.2.3.2	Planejamento	130
6.2.3.3	Execução	131

6.2.3.4 Evidências Observadas	133
6.2.4 Cenário de Uso IV: Extensão da Integração Entre Plataforma e Serviço	134
6.2.4.1 Objetivo	134
6.2.4.2 Planejamento	134
6.2.4.3 Execução.....	135
6.2.4.4 Evidências Observadas	137
6.3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	137
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	140
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	141
7.1 CONCLUSÕES	141
7.2 CONTRIBUIÇÕES	142
7.3 LIMITAÇÕES	143
7.4 TRABALHOS FUTUROS E PERSPECTIVAS	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
APÊNDICE A: AVALIAÇÃO DOS ELEMENTOS DO ECOSSISTEMA.....	154
1.1 MODELO DE QUESTIONÁRIO	155
1.2 AMOSTRA DE PARTICIPANTES	156
1.3 RESULTADOS	157
APÊNDICE B: TERMO PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA	160
APÊNDICE C: QUESTIONÁRIOS DOS ELEMENTOS DO ECOSSISTEMA.....	161

1 INTRODUÇÃO

A presença de ambientes de e-Learning na academia e nas empresas é uma realidade. E 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 (PORTAL BRASIL, 2014). Nos EUA 46% dos estudantes do ensino superior afirmam já terem cursado ao menos uma disciplina à distância (HARRISON, 2013). Ao mesmo tempo 74% das empresas utilizam um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) e salas de aula virtuais/webcasting (KASTEN, 2015) e 77% das empresas nos EUA oferecem algum tipo de treinamento *online* (BERGER, 2014). Apesar da grande ampliação dessa modalidade de ensino, ainda há uma forte tendência de crescimento, maior que o ensino presencial (AGÊNCIA BRASIL, 2013), e entre suas vantagens está a flexibilidade e o custo (VALOR, 2015), que chega a ser quatro vezes menor que no ensino presencial. Dessa forma, a expectativa é que o e-Learning possa dobrar em cinco anos no Brasil (EXAME, 2014).

Nesse contexto, a produção de recursos e serviços educacionais é fundamental para a criação de ambientes de e-Learning que proporcionem uma experiência de ensino-aprendizagem rica, de acordo com seu paradigma e objetivos pedagógicos. Tendências como a aprendizagem informal, aprendizagem por meio de dispositivos móveis e aprendizagem ao longo da vida abrem novas possibilidades. As pessoas estão expostas cada vez mais conteúdo a, aplicações e serviços educacionais inovadores com alto nível de complexidade, desenvolvidos por diferentes fornecedores. Uma das características do domínio educacional é o grande número de soluções específicas e fragmentadas (DOCEBO; FRAGOSO *et al.*, 2014).

Um dos desafios nas organizações que proveem AVAs é conseguir oferecer recursos educacionais equivalentes aos diversos serviços existentes e inovações de concorrentes e que, ao mesmo tempo, atendam a esse nível de exigência e complexidade com os quais os usuários estão acostumados. Para acompanhar essa evolução, as organizações responsáveis pelos ambientes de e-Learning investem para desenvolver recursos e serviços educacionais, muitas vezes equivalentes em mais de uma plataforma, dificultando a inovação e o compartilhamento dos mesmos. Neste cenário, é quase inviável que uma única organização consiga incorporar todas as inovações do domínio educacional.

Este capítulo fornece uma visão geral da dissertação, a motivação para o desenvolvimento da proposta apresentada, bem como a sua relação com o problema exposto.

A questão de pesquisa é apresentada, os objetivos a metodologia adotada e a organização do presente trabalho.

1.1 MOTIVAÇÃO

O grande número de soluções fragmentadas do domínio educacional e a dificuldade das organizações em manter AVAs que compreendam a diversidade de recursos existentes nesse domínio compõem um cenário interessante para a perspectiva de Ecossistemas de Software (ECOS), já utilizada em diversos domínios. A perspectiva de Ecossistema de Software é uma forma de entender cenários em que diferentes organizações se relacionam por meio de software ou conceitos de software (JANSEN e CUSUMANO, 2012). A formação de ecossistemas é uma forma de favorecer o desenvolvimento inter-organizacional de soluções complexas e customizadas para um determinado domínio.

A possibilidade de impactar a vida das pessoas através da educação e contribuir com ferramentas que suportem o processo de ensino e aprendizagem utilizando de tecnologia, juntamente com a atuação profissional no desenvolvimento de soluções no domínio educacional e na área de treinamento corporativo e a proximidade com pessoas e professores engajados na educação à distância são fonte de motivação constante e aprendizado contínuo.

Em especial, 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 para a realização deste trabalho é avançar as pesquisas relacionadas ao projeto BROAD (CAMPOS *et al.*, 2012) (REZENDE *et al.*, 2013), (PEREIRA *et al.*, 2014), do Núcleo de Pesquisa em Engenharia do Conhecimento – NEnC, que integra professores da Pós-graduação em Ciência da Computação, alunos de mestrado e de iniciação científica e analistas de sistemas. Além disso, professores integrantes do projeto atuam em cursos de graduação na modalidade a distância, e tem nesse curso um ambiente interessante para a disseminação dos produtos gerados e a convergência dos resultados obtidos têm contribuído tanto para a elaboração e composição de disciplinas a distância

quanto para a ampliação do alcance da oferta da Educação (PEREIRA, 2015).

Esta pesquisa é uma expansão da infraestrutura LUDOS (VEIGA *et al.*, 2015) para integração de serviços educacionais voltados à gamificação em AVAs sob uma perspectiva de Ecossistemas de Software, por meio do BROAD-ECOS, que compreende o estudo de ambientes de e-Learning sob a perspectiva de Ecossistemas de Software, visando facilitar a integração de serviços de terceiros e o desenvolvimento e reutilização de soluções educacionais em um contexto inter-organizacional.

1.2 PROBLEMA

A fragmentação das soluções no domínio educacional (DOCEBO, 2014), a crescente complexidade dos softwares (ARNDT e DIBBERN, 2006) (JENSEN *et al.* 2013), o surgimento de tendências como aprendizagem informal, aprendizagem por dispositivos móveis e aprendizagem ao longo da vida, o grau de exigência dos usuários expostos a aplicações e serviços de software de alta complexidade e a 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.

Embora existam propostas para integração de serviços externos aos AVAs (ALARIOS-HOYOS *et al.* 2013) (DODERO *et al.*, 2015), e estudos de e-Learning sob o ponto de vista de Ecossistemas de e-Learning (DONG *et al.*, 2009) (LAANPERE *et al.*, 2012) (VEIGA *et al.*, 2015), estes estão dissociados. As soluções existentes de ecossistemas para e-Learning não possuem fundamentação comum com os Ecossistemas de Software e não são voltadas para a criação de um modelo aberto baseado em uma plataforma comum, ou na disponibilização de ferramentas e documentação para desenvolvedores, comunidades e organizações desenvolverem, compartilharem e reutilizarem soluções, levando em consideração as características específicas do domínio educacional com foco em e-Learning, sobretudo considerando as soluções já existentes neste domínio.

Nesse contexto, surge o problema a ser tratado pelo presente trabalho: como facilitar a integração e a interoperabilidade entre serviços educacionais externos a ambientes de e-Learning, considerando as necessidades dos diferentes atores, comunidades e organizações envolvidas, bem como os recursos de software necessários, de forma que haja benefícios para os envolvidos, o estabelecimento de relações inter-organizacionais de cooperação e

compartilhamento e que o reúso de recursos e soluções educacionais sejam favorecidos.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

A presente pesquisa se baseia na hipótese de que o uso da perspectiva de Ecossistema de Software no domínio educacional, no contexto de e-Learning, transformando o ambiente de e-Learning em uma plataforma a partir da qual o ecossistema se estabelece, favorece a colaboração inter-organizacional. A questão de pesquisa deste trabalho pode ser 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 inter-organizacional, favorecem o compartilhamento e reúso de soluções e recursos educacionais nesse contexto?

1.4 METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho pode ser dividida em 4 etapas: (1) revisão da literatura; (2) levantamento e análise de trabalhos relacionados à integração de software educacional aos AVAs e a Ecossistemas e-Learning onde há suporte à integração de serviços educacionais; (3) proposta e desenvolvimento de uma solução para integrar serviços educacionais aos AVAs sob a perspectiva de ECOS, levando em consideração os diferentes atores, organizações e recursos de software necessários; e (4) a avaliação da proposta.

Na revisão bibliográfica foram aprofundados e atualizados (“estado da arte”) os conhecimentos nas áreas de e-Learning, Aprendizado Assistido por Tecnologia, Objetos de Aprendizagem, Serviços no Domínio Educacional que compreendem Serviços Web e Serviços Educacionais, Ecossistemas de Software e Ecossistemas de e-Learning.

Uma vez atualizados os conhecimentos nas áreas relacionadas às pesquisas, foram levantados os trabalhos relacionados divididos em dois grupos. No primeiro, os trabalhos referentes a integração de serviços educacionais aos AVAs e, no segundo grupo, os trabalhos referentes a Ecossistemas de e-Learning que utilizam Serviços Web para integração de serviços educacionais. Uma vez conhecidos e estudados esses trabalhos, foi realizada uma análise e foram identificadas suas características mais importantes dentro dos objetivos do presente trabalho e construído um quadro comparativo.

Após o estudo das soluções existentes e identificação das características relevantes dentro dos objetivos do presente trabalho, foi desenvolvida a proposta de um Ecossistema de Software para o domínio educacional no contexto de e-Learning, onde são consideradas a participação de diferentes atores, comunidades, organizações e recursos de software, em torno de uma plataforma comum identificados a partir de uma pesquisa com especialistas. Essa proposta inclui uma infraestrutura para adicionar suporte à integração de serviços educacionais aos AVAs existentes, de modo que estes possam ser transformados em plataformas aderentes ao ecossistema proposto. Também foram desenvolvidas ferramentas, bibliotecas e documentação livres e disponibilizados na web para a adaptação de AVAs existentes e criação de serviços compatíveis.

A avaliação da proposta foi realizada de forma descritiva, através de Cenários de Uso, a fim de demonstrar a utilidade dos artefatos gerados. Os Cenários de Uso realizados seguiram as etapas de Estudos de Caso, sendo valiosos por permitirem que descrições detalhadas dos fenômenos baseadas em seu contexto real, com diversas fontes de coletas de dados, assegurando que o entendimento do problema seja feito em profundidade (DRESCH *et al.*, 2015).

1.5 OBJETIVOS

O principal objetivo desta pesquisa é a proposição de um Ecossistema de Software para o domínio educacional no contexto de e-Learning que facilite a integração e interoperabilidade entre serviços educacionais e AVAs, levando em consideração as necessidades dos diferentes atores, comunidades, organizações envolvidas e os recursos de software necessários para favorecer a cooperação, o compartilhamento e reúso de recursos e soluções educacionais em um contexto inter-organizacional.

O objetivo principal pode ser decomposto nos seguintes objetivos específicos:

- I. Estudar Ecossistemas de Software para o domínio educacional no contexto de e-Learning que compreenda os diferentes atores, comunidades, organizações e recursos de software necessários para favorecer o compartilhamento e reúso de recursos educacionais em um contexto inter-organizacional.
- II. Propor uma infraestrutura que suporte à integração entre serviços educacionais e AVAs, transformando os últimos em plataformas do ecossistema, que:

- a. Suporte diferentes níveis de integração entre AVAs e serviços educacionais, bem como as necessidades específicas do domínio educacional.
- b. Suporte uma representação comum das principais entidades do domínio educacional, facilitando a interoperabilidade e o compartilhamento de informações entre serviços educacionais e a plataforma.
- c. Ofereça uma infraestrutura aberta, que reforce o uso de padrões existentes e disponibilize documentação, ferramentas e bibliotecas que facilitem o desenvolvimento de soluções compatíveis.

1.6 ORGANIZAÇÃO

Este capítulo apresentou uma introdução, a motivação da busca da solução do problema a ser tratado, a questão de pesquisa e a metodologia utilizada para atender aos objetivos propostos, bem como a organização da dissertação. No Capítulo 2, são apresentados os pressupostos teóricos, que embasam as discussões nos capítulos seguintes. No Capítulo 3, são apresentadas, analisadas e mapeadas as características relevantes nos trabalhos relacionados de acordo com o problema tratado no presente trabalho. No Capítulo 4, é proposto o BROAD-ECOS, composto pela proposta de Ecossistema de Software para e-Learning e pela infraestrutura que transforma os AVAs em plataformas para suportar o ecossistema. No Capítulo 5, são descritos os artefatos desenvolvidos para uma primeira versão da proposta, utilizados no Capítulo 6, onde a avaliação da solução é apresentada. Por fim, são feitas as considerações finais no Capítulo 7. A Figura 1 é uma síntese da organização desta dissertação.

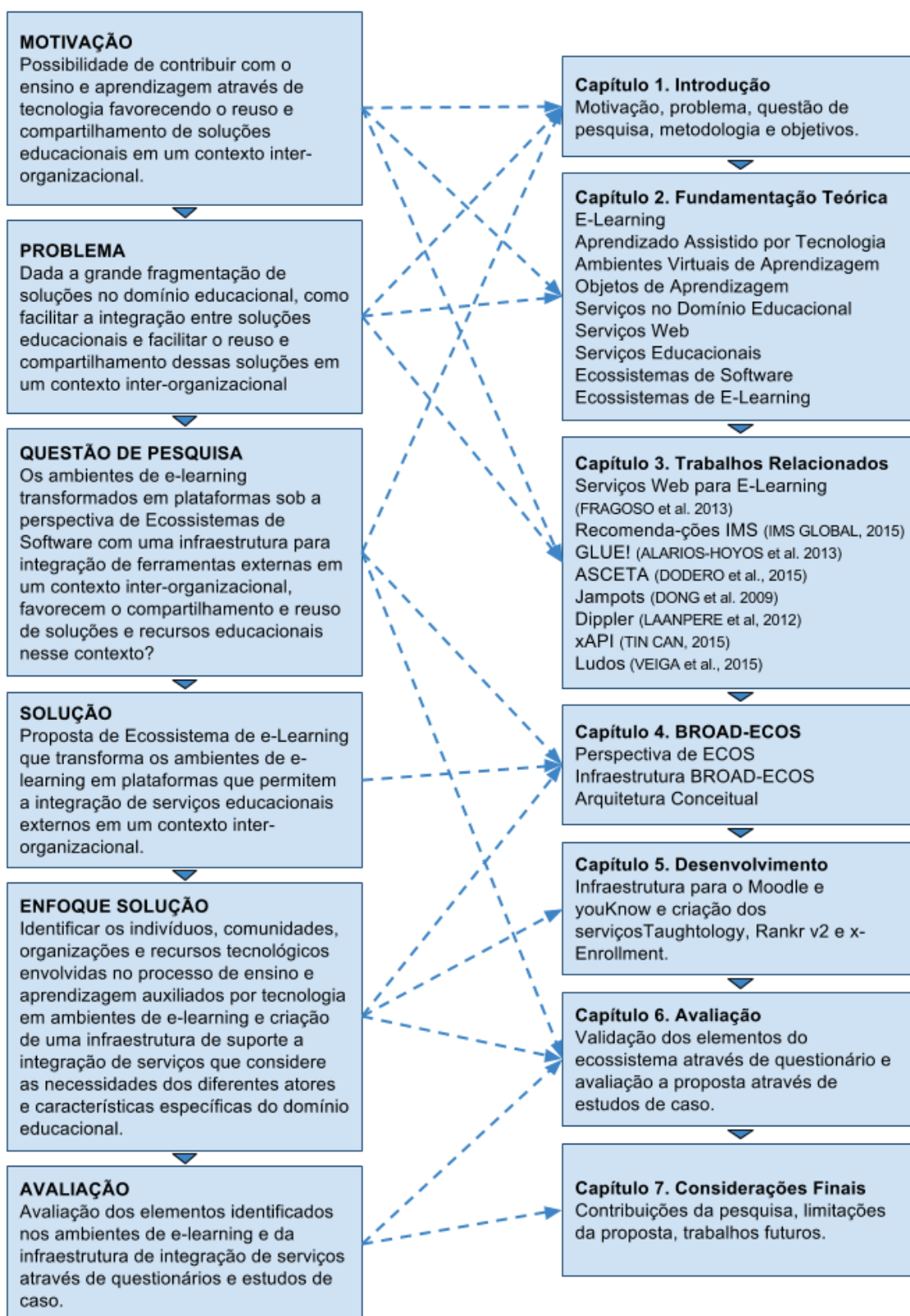


Figura 1- Organização da Dissertação.

2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Neste capítulo, são apresentados os temas que compõem o referencial teórico do presente trabalho. O primeiro deles é o e-Learning, onde são destacados o Aprendizado Assistido por Tecnologia, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem e os Objetos de Aprendizagem. Depois são discutidos os Serviços no Domínio Educacional, onde Serviços Web e Serviços Educacionais, formas de expandir as funcionalidades de plataformas educacionais tanto sob o ponto de vista técnico quanto funcional, são definidos e caracterizados. Em seguida, a perspectiva de Ecossistemas de Software (ECOS), que considera diferentes atores, ferramentas, serviços e suas interações em torno de uma plataforma de software comum é discutida. E, finalmente, são definidos os Ecossistemas de E-Learning, com características de ECOS, porém voltados especificamente para o domínio de e-Learning. No fim deste capítulo, são feitas considerações relacionando os temas discutidos ao presente trabalho.

2.1 E-LEARNING

A Educação a Distância (EAD) está presente há muito tempo, BYRD (2012) remonta sua origem a atividades de ensino via correspondência na década de 1840, passando pelo programa de ensino internacional por correspondência da Universidade de Londres iniciado em 1858 e, já no século seguinte, pela criação do programa Australiano de ensino por correspondência em 1918, e finalmente florescendo após o advento do áudio e outras tecnologias no Século XX. Com a popularização da computação pessoal, o avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e o surgimento da internet, a abrangência, o alcance e as possibilidades da EAD são ampliadas (NEAL E MILLER, 2005) (MOORE *et al.*, 2011) (BYRD, 2012).

A EAD facilitada e suportada por TICs, e da internet em particular, é conhecida como e-Learning (JISC, 2009) (MASON e RENNIE, 2008). Embora não haja consenso para a definição do termo, ele é amplamente utilizado para se referir à ensino online, aprendizagem baseada em web, cursos/treinamentos online entre outros (MOORE *et al.*, 2011). A importância do e-Learning pode ser evidenciada tanto por sua penetração no ensino superior, onde 46% dos estudantes do ensino superior tiveram ao menos um curso online (HARRISON,

2013), quanto pelo crescimento do mercado de treinamento corporativo, cujo número de empresas dos Estados Unidos que oferecem algum tipo de treinamento online saiu de apenas 4% em 1995 para 77% em 2014 (BERGER, 2014). Nesse contexto, onde o e-Learning assume um papel cada vez mais importante e oferece diferentes recursos para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, instituições e universidades optam por utilizar o conceito de *Blended Learning*, combinando ensino face-a-face (f2f) com recursos educacionais online (MASON, R. e RENNIE, 2008). Embora estejam relacionados e algumas vezes sejam utilizados com sentidos similares, EAD, e-Learning e *Blended Learning* possuem significados diferentes (MASON e RENNIE, 2008) (MOORE *et al.*, 2011), na Figura 2 estes conceitos são relacionados.

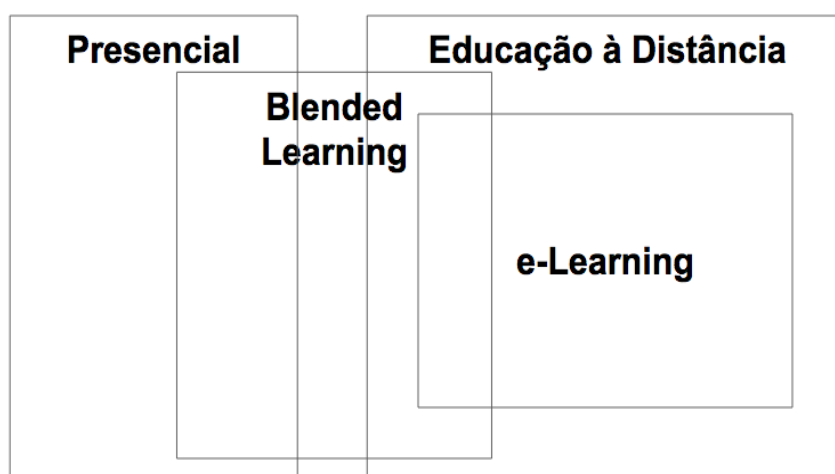


Figura 2 - Relação entre modalidades de ensino, adaptado de (MASON e RENNIE, 2008).

Nesta seção, vamos discutir conceitos dentro do domínio de e-Learning importantes para a fundamentação do presente trabalho, começando pelo Aprendizado Assistido por Tecnologia, que evoluiu de aplicações desktop para modelos abertos baseados em computação em nuvem através da internet, depois sobre AVAs, que constituem as plataformas educacionais utilizadas para e-Learning e finalizando com os Objetos de Aprendizagem porções de conteúdo educacional reutilizáveis e interoperáveis distribuídas nesses ambientes.

2.1.1 Aprendizado Assistido por Tecnologia

De forma geral, pode-se referenciar a qualquer tipo de software com propósito educacional como Aprendizado Assistido por Tecnologia (TEL, *Technology Enhanced*

Learning), incluindo nesse grupo todo tipo de recurso tecnológico utilizado para ensino-aprendizagem, sejam tecnologias *off-line* como CDs, programas *desktop*, livros multimídia, ou online como serviços educacionais, bases de conhecimento colaborativas, ferramentas para EAD (LAANPERE *et al.* 2012). Laampere *et al.* (2012) dividem a evolução dos TEL em três gerações, considerando a arquitetura de software, a fundamentação pedagógica, a distribuição de conteúdo e as atividades predominantes (Figura 3). Através das gerações, as TELs saem de um cenário *off-line*, com conteúdo integrado a softwares *desktop* e possibilidades de interação limitadas, para, com a Web 2.0, chegar a uma arquitetura cliente-servidor com conteúdo distribuído separadamente e reutilizável, e novas possibilidades de interação. A terceira geração é formada por sistemas distribuídos disponibilizados na nuvem, abertos, capazes de utilizar padrões para integração de recursos externos e oferecendo uma nova gama de possibilidades de atividades de aprendizagem e compartilhamento de conhecimento.

Dimensão	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração
Arquitetura de Software	Software Desktop	Único Servidor Monolítico	Arquitetura em Nuvem
Fundamentação pedagógica	Estímulo-resposta-reforço	Neutralidade pedagógica	Social construtivismo, conectivismo
Gerenciamento de Conteúdo	Conteúdo integrado	Separação do software, reutilizável	Aberto, baseado na web, plugável
Affordances dominantes	Apresentação, aprofundamento, verificação	Apresentação, verificações, discussões	Reflecção, compartilhamento, combinação, e marcação

Figura 3 - Gerações das TELs, adaptado de LAAMPRE *et al.* (2012)

2.1.2 Ambientes Virtuais de Aprendizagem

Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) são um tipo de TEL online, surgidos na segunda geração e evoluindo na terceira geração, que compõem o ambiente, ou plataforma, para as atividades de e-Learning, presentes nas instituições de ensino e empresas, e são importantes no estudo de e-Learning (BERGER, 2014).

Um AVA pode ser definido como um sistema de software que combina um conjunto de ferramentas para a distribuição de conteúdo educacional online e facilitação de toda a

experiência de ensino-aprendizagem em torno desse conteúdo (WELLER, 2007). Segundo WELLER (2007), um AVA tipicamente oferece através da internet recursos como ferramentas para verificação de conhecimento, comunicação, upload de conteúdo, acompanhamento das atividades dos estudantes, questionários, monitoramento, wikis, blogs, chats e fóruns. Ao incluir um conjunto de ferramentas para facilitar o processo de ensino-aprendizagem através da internet, os AVAs permitem ainda o acompanhamento das atividades por estudantes e professores e, embora sejam utilizados de formas diferentes em cada instituição, o uso mais frequente desses ambientes é para suplementar com recursos online os cursos presenciais (RENAU, 2011), ou seja, em cenários de ensino *blended*.

Possuindo uma definição tão abrangente, os AVAs são compostos por um conjunto de ferramentas com características diferentes entre si, e estão relacionados com outros conceitos de sistemas educacionais. Entre eles destaca-se o conceito de Sistema de Gestão da Aprendizagem (SGA), frequentemente encontrado na literatura, que segundo PAULSEN (2002) pode ser definido como “uma ampla gama de sistemas que organizam e proveem acesso a serviços de aprendizagem online para estudantes, professores e administradores”. Segundo WELLER (2007), o termo SGA é utilizado como sinônimo de AVA, e a opção por um deles é feita por preferência pessoal, de forma que o termo AVA é mais utilizado na Europa e o termo SGA nos Estados Unidos, por exemplo. No entanto outros autores discordam, segundo DOBOZY e REYNOLDS (2010), os AVAs são evoluções dos SGAs, com maior abertura e flexibilidade para incorporar diferentes serviços educacionais. LAAMPERE *et al.* (2012) argumentam que SGAs são o tipo mais comum de AVAs, mas acrescentam que AVAs representam um conceito mais amplo que incluem diferentes tipos de plataformas de e-Learning ou uma combinação delas, entre eles os SGA.

Além da falta de consenso, há controvérsia em relação ao uso do termo AVA, devido ao termo “virtual”, entendido como oposição de “real”, implicando em um aprendizado inferior em relação a um contato face-a-face (WELLER, 2007) (MASON e RENNIE, 2008). Da mesma forma, em relação aos SGAs, o uso da palavra “gestão” é criticado por alguns educadores por sugerir que há controle direto do processo de aprendizagem nesses sistemas (WELLER, 2007).

Desde 2008, o estudo sobre Ambiente de Aprendizado Pessoal (PLE, sigla em inglês) vêm crescendo como uma forma de oposição à natureza fechada e rígida dos SGAs (LAAMPERE *et al.* 2012), onde frequentemente o conhecimento flui em apenas um sentido,

do professor para o estudante. Embora teorias socioculturais ressaltem a importância da aprendizagem colaborativa e de “comunidades de aprendizado” (HUNG, 2002), recursos como o suporte a vínculos entre conteúdo e pessoas, comunidades com interesses comuns, e aprendizado informal frequentemente ainda não são suportados pelos SGAs (AGISTINI *et al.* 2003). Para suprir essa necessidade, RAVAZI e IVERSON (2006) propõem a ideia de um ambiente pessoal de aprendizado integrando web blogs, e-portfólios e funcionalidades de redes sociais em um ambiente que favoreça à gestão dessas comunidades. Nesse contexto, os PLEs emergem como uma nova abordagem para o desenvolvimento de ferramentas de e-Learning, e, embora esteja relacionada à tecnologia da plataforma e integração de serviços educacionais, o mais importante é a ideia de suporte ao aprendizado individual ou em grupo em múltiplos contextos, promovendo o controle e autonomia dos estudantes (ATTWELL, 2008), fora do contexto institucional específico ou de um período pré-determinado como nos SGAs tradicionais (ADELL, J. e CASTAÑEDA, 2010).

O suporte a dispositivos móveis é um fator cada vez mais importante para os AVAs, dado o crescimento da disponibilidade de dispositivos móveis com cada vez mais recursos, cujo alcance pode ser evidenciado pelo crescimento de 185 milhões no número de usuários de smartphones em 2015, que já representam 72% de todos os acessos à internet (KEMP, 2015), com mais de um telefone por habitante nos países subdesenvolvidos (ITU, 2012), a maior parte deles com acesso à internet (GARCÍA-PEÑALVO e CONDE, 2014). Segundo alguns autores, os dispositivos móveis são eles mesmos PLE, oferecendo uma experiência de aprendizado adaptada ao contexto, interesses e necessidades pessoais do estudante (GARCÍA-PEÑALVO e CONDE, 2014), consistindo em um ponto único para uma variedade de serviços e recursos educacionais (VAN HARMELEN, 2006). Os dispositivos móveis não são uma oposição aos AVAs atuais, mas estes devem coexistir e se integrar, adicionando novos requisitos na interoperabilidade dos ambientes Web e Móvel.

Segundo ALARIO-HOYOS (2013), alguns dos AVAs mais difundidos são o Moodle¹, o DotLRN², Sakai3, BlackBoard⁴, Claroline⁵ e SharePoint LMS⁶, que utilizam tecnologias para desenvolvimento web e uma arquitetura clássica de cliente servidor em três

¹ <https://moodle.com/>

² <http://dotlrn.org>

³ <https://sakaiproject.org>

⁴ <http://www.blackboard.com/>

⁵ <http://www.claroline.net>

⁶ <http://www.sharepointlms.com>

camadas. Entre elas é interessante destacar o Moodle, que possui código aberto e livre, e é o AVA de maior sucesso com 46.506 instalações registradas e mais de 56 milhões usuários no mundo todo (MOODLE, 2016a), suportando funcionalidades como fórum, chat, quiz, múltipla escolha, integração com padrões e recomendações, questões de múltipla escolha e wikis, além de suporte e ampla base de *plugins* (MOODLE, 2016b).

Nesse contexto, a integração de serviços educacionais diversos, o suporte a uma experiência de aprendizagem personalizada, e ao acesso de recursos educacionais e dispositivos móveis são desafios para os AVAs atuais. No presente, trabalho o termo AVA será utilizado ao se referir de forma genérica a qualquer plataforma para ambientes de e-Learning, incluindo SGAs, PLEs, entre outros.

2.1.3 Objetos de Aprendizagem

Uma das formas de distribuição de recursos educacionais em um ambiente de e-Learning é a utilização de Objetos de Aprendizagem (OA), que podem ser definidos como porções de conteúdo instrucional (WILEY, 2001) com um único objetivo educacional bem definido, altamente interoperáveis e tidos como blocos de construção reutilizáveis para conteúdo de e-Learning, baseados em especificações e padrões amplamente utilizados (CLYDE, 2004).

Segundo REZENDE (2014), a ideia central dos OAs é permitir que projetistas instrucionais construam componentes educativos relativamente pequenos e reutilizáveis em diferentes contextos de aprendizagem, permitindo que o objetivo educacional seja alcançado, além de promover a reusabilidade de conteúdo educacional no processo de ensino e aprendizagem. Por isso, o uso de OAs para apoiar o processo de aprendizagem é considerado um fator chave para a implantação de uma estrutura e-Learning.

JOHNSON (2003) considera um OA um conjunto de materiais digitais como figuras, documentos e mídias acopladas com objetivos educacionais claros e mensuráveis, projetados para apoiar um processo de aprendizagem, e propõe uma anatomia de OA (Figura 4), que leva em consideração seu objetivo, atividades de aprendizagem, prática e verificação de conhecimento envoltos por metadados em formato XML, em comunicação com sistemas de gerenciamento e bancos de dados.

Na anatomia proposta, além do destaque do objetivo educacional a partir do qual as atividades acontecem, a importância da interoperabilidade entre o OA e o ambiente de e-

Learning onde o mesmo é distribuído, assim como o uso de metadados, exigem padronização dos objetos e da interface de comunicação com esses ambientes.

Alguns dos padrões para compartilhamento de OA em ambientes de e-Learning são o SCORM (SCORM, 2004), o LOM (IEEE, 2002) e o IMS CC (IMS, 2015), cada um com um conjunto de metadados com informações sobre o conteúdo, mídias, características e objetivos. O SCORM, que é uma sigla para *Sharable Content Object Reference Model*, foi desenvolvido pela *Advanced Learning Initiative* (ADL), financiada pelo departamento de defesa americano, baseando-se em um conjunto de especificações e requisitos prévios, que definem como um OA deve ser empacotado e como devem ser sua reprodução e comunicação com um ambiente de e-Learning e sequenciamento. O LOM, desenvolvido a partir do comitê IEEE *Learning Technology Standards Committee*, com objetivo de facilitar a busca, avaliação, acessibilidade, interoperabilidade e utilização de OA definindo um conjunto de metadados para sua descrição. E o IMS *Common Cartridge*, ou IMS CC, é mantido pela IMS *Global Learning Consortium* uma organização sem fins lucrativos para o desenvolvimento de tecnologias e padronização de soluções educacionais, que define como empacotar, distribuir, executar e conteúdo educacional em diferentes ambientes de e-Learning.

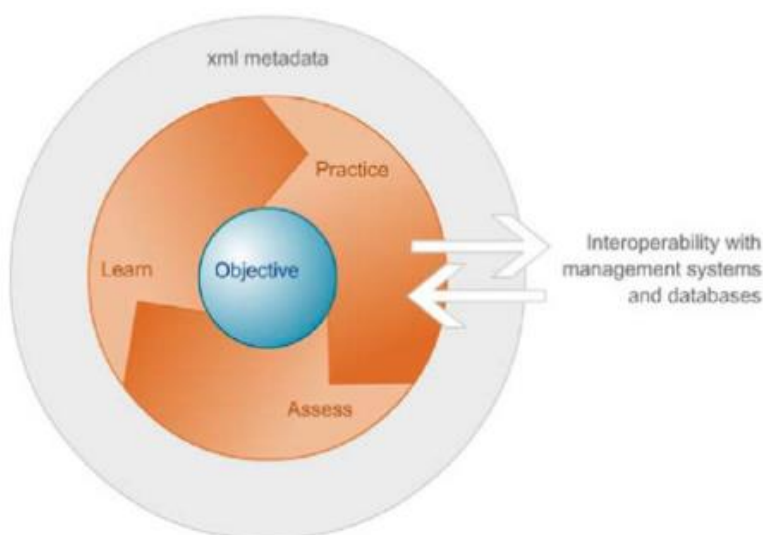


Figura 4 - Anatomia de um Objeto de Aprendizagem (JOHNSON, 2003).

Embora esses padrões sejam amplamente utilizados, desenvolver objetos com as características necessárias para sua reutilização em diferentes contextos ainda é um desafio. Embora facilitem a interoperabilidade de conteúdo educacional entre AVAs (FRAGOSO *et al.*, 2014), a forma de integração de OA nesses padrões com os ambientes, a partir de “pacotes” de mídias e conteúdo educacional junto com metadados, dificulta sua manutenção,

atualização. Entretanto, o fato de estarem contido em um pacote com tecnologias e recursos padronizados, impede o uso de recursos mais sofisticados como simulações, integrações com recursos externos, aprendizagem adaptativa, *big data* e outros recursos que possam ser utilizados dentro de um contexto educacional, geram uma experiência de ensino e aprendizagem mais rica no contexto das tecnologias disponíveis hoje.

2.2 SERVIÇOS NO DOMÍNIO EDUCACIONAL

Aplicações raramente vivem isoladas, e estão constantemente consultando informações e gerando dados para outros sistemas (HOHPE *et al.*, 2004). Dessa forma, a necessidade de integração entre aplicações é cada vez mais forte, e nesse contexto Serviços Web proveem um padrão de interoperabilidade entre diferentes aplicações, que podem ser executadas em diferentes plataformas, frameworks e tecnologia (W3C, 2004).

No domínio educacional, é discutido o uso de Serviços Educacionais como forma de adicionar funcionalidades a ambientes de e-Learning (DAGGER, 2007), integrar diferentes ambientes de e-Learning (BOERINGER, 2014) e oferecer experiências como a utilização de Serviços Educacionais a partir de dispositivos móveis (ALZAZA, 2011) e o acesso a laboratórios de pesquisa remotos a partir desses serviços (SANCRISTOBAL, 2011). No entanto, é importante separar esses conceitos, visto que, ao contrário dos Web Services, nem todo Serviço Educacional é restrito às interações entre softwares. Nas seções seguintes serão definidos, diferenciados e caracterizados Serviços Web e Serviços Educacionais.

2.2.1 Serviços Web

Os Serviços Web são um conjunto de padrões baseados em comunicação cliente-servidor entre aplicações independentemente de plataforma/framework, muitos desses padrões são baseados em comunicação por formato como XML, utilizando o protocolo HTTP (W3C, 2014). Com essas características, Serviços Web podem ser definidos como uma forma de integrar aplicações heterogêneas em ambientes distribuídos com baixo acoplamento, permitindo que sejam disponibilizados recursos de negócio entre clientes, fornecedores e parceiros através da internet, oferecendo benefícios como: interoperabilidade entre aplicações distribuídas com configurações diversas de hardware e software; acessibilidade facilitada através de firewalls pelo uso de protocolos da web; um modelo de dados independente de linguagem e plataforma que facilita o desenvolvimento de aplicações heterogêneas e

distribuídas (ORACLE, 2015).

Embora existam diferentes tecnologias para desenvolvimento de Serviços Web como SOAP (*Simple Object Access Protocol*), REST (*Representational State Transfer*), e XMLRPC (*XML Remote Procedure Call*), atualmente as duas principais abordagens são SOAP e REST. Apesar de ambas consistirem em escolhas adequadas para o desenvolvimento de Serviços Web, estas possuem características muito diferentes (CASTILLO *et al.*, 2011).

O SOAP é uma recomendação do W3C para Serviços Web (W3C, 2007), que utiliza XML para troca de mensagem normalmente sobre HTTP, embora possam ser utilizados outros protocolos como HTTP, HTTPS, TCP, SMTP e POP (CASTILLO *et al.*, 2011). A interface suportada por um serviço SOAP, é descrita por meio de *Web Services Description Language* (WSDL), uma linguagem baseada em XML que descreve o nome dos métodos, parâmetros, tipos de dados, e retorno suportados pelo Web Service (ORACLE, 2015). Uma das características do SOAP, é o número de recomendações e padrões que estendem suas características para oferecer recursos relacionados a segurança (WS-Security, WS-Trust, WS-SecureConversation, ES-SecurityPolicy), orquestração de serviços (WS-CDL), endereçamento de recursos para vínculo de serviços (WS-Address), muitas dessas especificações são suportadas pelos diferentes middlewares oferecidos para apoiar o desenvolvimento e a disponibilização de Web Services SOAP.

REST, abreviação de *Representational State Transfer*, é uma arquitetura de software para compartilhamento de hipermídia em sistemas destruídos, seguindo o modelo da *World Wide Web* (CASTILLO *et al.*, 2011). O termo REST surgiu e foi definido em 2000 na tese de doutorado de Roy Fielding como um conjunto de princípios arquiteturais que utiliza a web como plataforma para computação distribuída (FIELDING, 2000), mas só começou a ganhar notoriedade e possuir implementações nas principais plataformas anos depois (IBM, 2015b), causando grande impacto na web, rapidamente ultrapassando o número de serviços oferecidos utilizando SOAP (IBM, 2015b) (CASTILLO *et al.*, 2011).

Os princípios sobre os quais a arquitetura REST está definida enfatizam a escalabilidade da interação entre componentes, promove o reúso e a uniformização de interfaces, reduz o acoplamento entre componentes, e utiliza componentes intermediários para reduzir a latência, reforçar a segurança e encapsular sistemas legados (PAUTASSO, 2014).

Esses princípios são:

- **Endereçabilidade.** Todos os recursos disponibilizados por um Web Service

devem poder ser identificados a partir de um endereço único e estável. Esses identificadores devem ter significado global, sem uma entidade centralizada com autoridade sobre esses endereços (PAUTASSO, 2014). Assim como na web, recursos são identificados como diretórios, sem nenhum tipo de consideração à forma em que eles são realmente implementados (IBM, 2015b). Endereços de recursos em uma arquitetura REST são similares a endereços de páginas na web, como <http://example.org/recurso> ou <http://example.org/recurso/20150621>.

- **Uniformidade de interface.** Todos os recursos e interações acontecem por meio de uma interface uniforme capaz de prover um conjunto pequeno de métodos com funcionalidades específicas, que no entanto suportam todas as possíveis interações entre serviços (PAUTASSO, 2014), esses métodos baseados no protocolo HTTP, como: GET, para obtenção de um recurso; POST, para envio de recurso cuja identificação ainda será gerada; PUT para atualizar um recurso cuja identificação já conhecida; DELETE, para remover um recurso; OPTIONS, que retorna informações sobre um recurso, como os métodos suportados; HEAD, que retorna apenas o cabeçalho da resposta a uma solicitação de recurso, sem o conteúdo da mesma; PATCH, adicionado mais recentemente para atualização parcial de um recurso (RFC 2616, 1999). Além disso, um conjunto padrão de cabeçalhos com informações como possibilidade cache, autorização, validade de um recurso, tipos de hipermídia suportados e um conjunto de códigos de status bem definidos que oferecem meta-informações sobre uma requisição (RFC 2616, 1999).
- **Interações sem estado.** Web Services REST não estabelecem estado permanente na comunicação entre cliente e servidor, assegurando que todas as requisições são independentes umas das outras. Observe que uma requisição pode alterar o estado de um recurso, que fica instantaneamente disponível para qualquer nova requisição, independentemente do cliente (PAUTASSO, 2014).
- **Mensagens auto descritivas.** As interações entre cliente e servidor ocorrem por meio de requisições e respostas, onde são enviados e retornados tanto dados quanto metadados. Os metadados descrevem as informações enviadas ou disponíveis identificando informações como idiomas suportados por determinado cliente ou recurso ou tipos de hipermídia suportados (texto, HTML⁷, JSON⁸,

⁷<http://www.w3.org/html/>

XML), permitindo que informações sobre como as mensagens podem ser disponibilizadas e entendidas sejam enviadas, processadas e entendidas (PAUTASSO, 2014).

- **Hipermídia.** Recursos podem estar relacionados uns com os outros. Dessa forma, recursos podem fazer referências a recursos relacionados tanto em sua representação quanto nos metadados, assim clientes podem descobrir e processar novos recursos de forma descentralizada, navegando conforme sua necessidade no grafo de recursos disponibilizado (PAUTASSO, 2014).

Como um estilo arquitetural, REST pode ser adotado de forma incremental, e um modelo de maturidade para serviços REST composto por quatro níveis foi proposto por Leonard Richardson (PAUTASSO, 2014), eliminando discussões sobre o que é ou não um serviço REST e estabelecendo que serviços que implementem completamente o nível mais alto de maturidade sejam chamados de Serviços Web RESTful (Figura 5).

Os níveis de maturidade são (FOWLER, 2010) (PAUTASSO, 2014): Nível 0 “Pântano de *Plain Old XML*”, HTTP é utilizado como forma de comunicação, sem utilizar nenhum dos mecanismos da web Nível 1 “Recursos”, ao contrário de utilização de um único endereço para as comunicações via HTTP, nesse nível, recursos são identificados por endereços específicos; Nível 2 “Verbos HTTP”, nesse nível, além de fina granularidade na identificação de recursos, o acesso a eles é feito utilizando-se os métodos HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) conforme sua semântica; Nível 3 “Hipermídia”, no último nível, temos o grau máximo de um serviços REST, onde os recursos, além de devidamente endereçados e capazes de suportar os métodos HTTP conforme sua semântica, oferecem uma interface capaz de fornecer informações de recursos relacionados, utilizando tipos de mídia que suporte controles de hipermídia como ATOM⁸, XHTML¹⁰ e JSON-LD¹¹.

Na literatura existem diversas comparações entre SOAP e REST, segundo PAUTASSO *et al.* (2008), o uso de SOAP exige menos decisões arquiteturais embora existam mais opções de extensão que podem ser consideradas e, do ponto de vista tecnológico, o mesmo número de decisões deve ser tomado. No entanto, menos alternativas precisam ser consideradas em uma arquitetura RESTful. PAUTASSO *et al.* (2008) também contribui

⁸<http://www.json.org/>

⁹<https://tools.ietf.org/html/rfc4287>

¹⁰<http://www.w3.org/TR/xhtml11/>

¹¹<http://json-ld.org/>

comprovando, com base no número de considerações para implantação, a simplicidade aparente do RESTful e levanta os riscos e o custo de decisões erradas ao se utilizar serviços RESTful, como na definição do padrão de identificação de recursos. Por outro lado, o uso de RESTful é menos dependente de middleware de terceiros, e mais flexível.

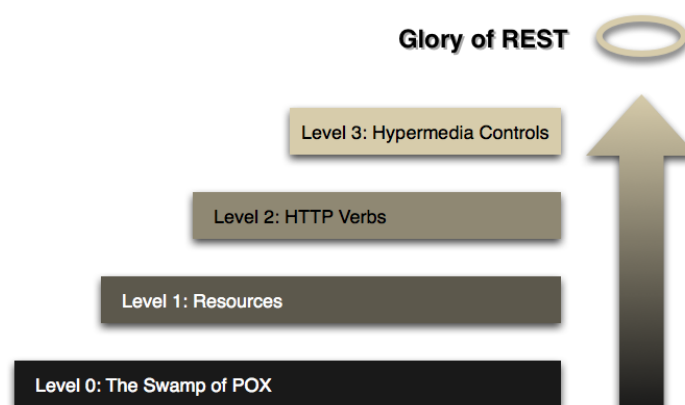


Figura 5 - Modelo de maturidade de Serviços WEB REST proposto por Leonard Richardson. (FOWLER, 2010).

Segundo CASTILLO *et al.* (2011), o uso de REST é adequado quando há limitações no tráfego suportado, por ser menos verboso que a troca de mensagens utilizando SOAP, quando há operações de cadastro sem necessidade de armazenamento de estado na comunicação e quando as informações podem se beneficiar dos recursos de cache oferecidos pelo HTTP. O uso de SOAP é mais adequado quando há necessidade de requisições assíncronas, quando há necessidade de garantia de segurança e confiabilidade, quando cliente e servidor necessitam de uma interface muito bem definida com rígidas restrições e quando o Serviço deve manter um estado conversacional. Apesar das limitações do REST apontadas por CASTILLO *et al.* (2011), PAUTASSO (2014) demonstra desenvolver requisições assíncronas em um Serviço WEB RESTful, e SERME *et al.* (2012) discutem mecanismos de segurança para Serviços Web RESTful.

BELSQASMI *et al.* (2012) utilizam uma abordagem quantitativa para comparar serviços RESTful e SOAP, e obtém resultados que demonstram que os Serviços Web baseados em RESTful são mais eficientes, com alguns serviços sendo até 5 vezes mais eficientes que seu equivalente em SOAP, já que não precisam processar o grande volume de dados enviados nas mensagens baseadas em SOAP, de forma que, em dispositivos móveis, Serviços Web SOAP podem demorar até 10 vezes mais tempo e consumir até 8 vezes mais

memória, dadas as limitações desses dispositivos.

PAUTASSO (2014) faz uma análise baseada em três eixos (Figura 6): em relação a número de recursos (Dimensão 1); complexidade da interface (Dimensão 2); e representações suportadas (Dimensão 3). Nessa análise, na Dimensão 1, enquanto um Serviço Web SOAP oferece apenas um endereço os Serviços Web RESTful oferecem múltiplos endereços. Na Dimensão 2, enquanto SOAP possui um número ilimitado de operações definidas via WSDL, em REST tem apenas alguns métodos HTTP com significado bem definido e padronizado. Por fim, na Dimensão 3, enquanto SOAP suporta apenas um formato de mensagem, baseado em XML, REST suporta inúmeros formatos de mensagem (XML, JSON, ATOM, HTML, CSV).

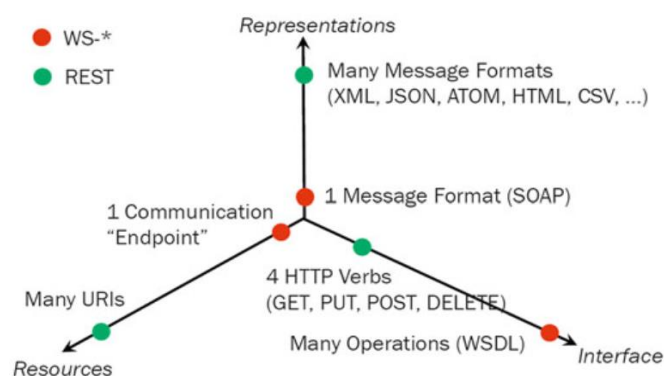


Figura 6 - Análise de Serviços Web REST e SOAP em diferentes dimensões (PAUTASSO, 2014).

O Serviços Web são os blocos básicos de construção utilizados pela Arquitetura Orientada à Serviços (SOA), um tópico com crescente impacto (ABID, 2014). Com a convergência de dispositivos móveis, redes sociais, computação em nuvens e análise de grandes volumes de dados, o uso de SOA é mais importante do que nunca, integrando sistemas através de serviços de uma ponta a outra (IBM, 2015a). SOA provê orientações e especificações detalhadas sobre como serviços podem ser descritos, encontrados e utilizados (CASTILLO *et al.*, 2011). Do ponto de vista arquitetural, a adoção de SOA é pautada por princípios como (WELKE *ET AL.*, 2011) (ROSEN *et al.*, 2008):

- **Eficiência de infraestrutura e desenvolvimento:** do ponto de vista de infraestrutura, SOA permite que esta seja dividida conforme a necessidade, pois, diferentemente da uma infraestrutura de uma grande aplicação monolítica que requer um hardware igualmente grande, serviços podem ser disponibilizados em infraestruturas diferentes, com exigências adequadas a cada serviço (WELKE *et*

al., 2011). Do ponto de vista de desenvolvimento, SOA oferece diretrizes e referências que facilitam o desenvolvimento (ROSEN *et al.*, 2008).

- **Reúso:** uma das principais razões para o uso de SOA é o reúso (LUTHRIA, 2009), pois uma vez disponibilizados serviços com uma interface padrão, diferentes clientes podem utilizá-los de diferentes formas.
- **Composição de dados/aplicações:** o uso de serviços permite que aplicações compartilhem dados e funcionalidades, que juntos podem ser combinados para atenderem a novas necessidades, permitindo a composição de novos serviços e funcionalidades.
- **Agilidade, flexibilidade e alinhamento:** SOA oferece uma arquitetura de referência que define padrões de informação, um modelo semântico comum para compartilhamento da interface dos serviços, um modelo base de desenvolvimento, e processos que permitem a validação de conformidade em relação ao padrão estabelecido (ROSEN *et al.*, 2008).

2.2.2 Serviços Educacionais

Os Serviços Educacionais referem-se a quaisquer serviços que auxiliem estudantes em atividades de aprendizagem, como por exemplo e-mail, chat, fóruns e até mesmo facilitação no processo de organização e busca de conteúdo, diferentemente da noção estritamente técnica dos Serviços Web (VOGTEN *et al.*, 2007). Embora o uso de Serviços Educacionais não seja algo novo (SIMON *et al.*, 2002), no contexto em que uma das características do domínio de e-Learning é o grande número de plataformas e sua heterogeneidade (DOCEBO, 2014) (FRAGOSO *et al.*, 2014), a possibilidade de reúso, compartilhamento e interoperabilidade de recursos educacionais é ainda mais importante.

Uma das formas utilizadas para disponibilizar conteúdo educacional em ambientes de e-Learning são os Objetos de Aprendizagem (OA). No entanto, apesar da existência de padrões para OA consolidados como SCORM, LOM e IMS CC, seu uso exige que o conteúdo seja disponibilizado dentro da ferramenta e que tanto a ferramenta quanto o OA estejam totalmente em conformidade com o padrão adotado, o que dificulta a interoperabilidade entre eles (FRAGOSO *et al.*, 2014). O uso de Serviços Educacionais externos como OA é uma forma de solucionar algumas limitações dos padrões de OA disponibilizados como recursos educacionais dentro das ferramentas, uma abordagem que tem sido defendida por vários

autores (YANG e JOY, 2009) (D'MELLO *et al.*, 2013) (FRAGOSO *et al.*, 2014). Nessa subseção, vamos apresentar trabalhos que utilizam Serviços Educacionais como forma de integrar conteúdo a AVA.

O uso de Serviços Educacionais em AVA, além de facilitar o reúso entre plataformas heterogêneas (D'MELLO *et al.*, 2013), melhora a interoperabilidade, flexibilidade, durabilidade, reusabilidade e compatibilidade entre plataformas (ZHEN, 2009). O compartilhamento de recursos educacionais na forma de serviços permite que a evolução desses recursos educacionais ocorra independentemente, que correções se tornem instantaneamente disponíveis e que repositórios possam manter apenas os metadados desses serviços, permitindo que sejam encontrados e acessados, sempre em sua versão atualizada.

Um dos aspectos importantes dos Serviços Educacionais é que, por mais completo que seja o AVA em que um contexto educacional esteja estabelecido, necessidades específicas de um determinado domínio, conteúdo ou objetivo educacional podem não estar no escopo desses ambientes, como editores de diagramas, simulações, processadores de texto (GUTIÉRREZ-CARREÓN *et al.*, 2015), e muitos desses serviços podem já ser de conhecimento dos estudantes. O uso de uma interface padronizada de comunicação independente de plataforma pode favorecer a adoção desses serviços dentro do AVA.

Deve-se reconhecer a importância desses serviços no contexto de e-Learning, onde o estudante consome recursos educacionais em variadas formas como vídeos, áudios, apresentações, *e-books*, ferramentas encontradas a partir da internet e software (JIANG *et al.*, 2010). Em 2014 o *Centre for Learning & Performance Technologies* realizou uma pesquisa para identificar as principais ferramentas educacionais na opinião de especialistas, consultando 1.038 profissionais da área educacional em 61 países, definindo ferramenta educacional como “qualquer software, ferramenta online ou serviço utilizado para aprendizagem pessoal ou profissional, para ensino ou treinamento” (CLPT, 2014), e o Moodle, primeiro AVA listado entre as top 100 ferramentas aparece apenas na 12ª posição, atrás de ferramentas como Twitter¹², Google Docs¹³, YouTube¹⁴, Power Point¹⁵ e Google Search¹⁶ (CLPT, 2014).

¹² <https://twitter.com>

¹³ <https://docs.google.com>

¹⁴ <https://www.youtube.com>

¹⁵ <https://products.office.com/pt-br/powerpoint>

¹⁶ <https://www.google.com>

A busca por Serviços Educacionais é assunto de pesquisa explorado por vários autores (D'MELLO *et al.*, 2013) (JURADO e REDONDO, 2014) (FRAGOSO *et al.*, 2014), estendendo os padrões de Serviços Web para adição de recursos específicos do domínio educacional (D'MELLO e ACHAR, 2011) (FRAGOSO *et al.*, 2013), utilizando recursos semânticos (GUTIÉRREZ-CARREÓN *et al.*, 2015), e desenvolvendo mecanismos para registro e recuperação desses serviços (D'MELLO *et al.*, 2013) (FRAGOSO *et al.*, 2014). Embora existam padrões para a integração de Serviços Educacionais em AVA (McFALL *et al.*, 2014), diferentes estratégias para integração e interoperabilidade são propostas (ALARIOS-HOYOS *et al.*, 2013) (DODERO *et al.*, 2015), e serão discutidos no próximo capítulo.

Neste trabalho, consideramos Serviços Educacionais todo tipo de recurso educacional fornecido através da internet e não distribuídos diretamente através de um AVA, incluindo nesse grupo OAs que atendam a essa característica, ferramentas educacionais externas e Serviços Web.

2.3 ECOSSISTEMAS DE SOFTWARE

A conectividade e interdependência entre empresas é um assunto de crescente interesse (BARBOSA *et al.*, 2013), e as empresas não funcionam mais como unidades independentes, tornando-se dependentes de componentes e infraestrutura fornecidas por terceiros (JENSEN *et al.*, 2013). As inovações não são mais frutos de uma única empresa, e sim co-inovações construídas a partir da interdependência entre diferentes empresas (ARNDT e DIBBERN, 2006). Nesse contexto, pesquisadores utilizam uma nova perspectiva para analisar a indústria de software, os Ecossistemas de Software (ECOS), um ponto de vista inspirado em ecossistemas naturais e de negócios, onde considera-se não só o software em si, mas sua dependência de componentes/infraestrutura de terceiros, seus usuários e a interação entre cada um dos envolvidos. Nesta seção vamos analisar as definições de ECOS existentes na literatura, descrever as principais características e classificações de ECOS e discutir o uso da perspectiva de ECOS em e-Learning.

2.3.1 Definições

Existem várias definições para ECOS na literatura. Segundo SANTOS (2013),

embora as definições de JANSEN *et al.* (2009) e BOSCH (2009) sejam as mais referenciadas devido à pesquisa dos autores na área publicados desde 2003, as definições mais relevantes do ponto de vista da Engenharia de Software (ES), obtidas a partir de várias pesquisas na literatura (BARBOSA e ALVES, 2011) (BARBOSA *et al.*, 2013) (HANSSEN e DYBA, 2012) (MANIKAS e HANSEN, 2013), são:

“Um ECOS consiste em um conjunto de soluções de software que possibilitam, apoiam e automatizam as atividades e transações realizadas por atores em um ecossistema social ou de negócios, e por organizações que proveem estas soluções. Assim, o foco está nos aspectos organizacionais dos ECOS e nas relações entre as organizações enquanto entidades de software e serviços—definição técnica, mas com foco social e econômico.” (BOSCH, 2009).

“Um ECOS compreende uma rede informal de unidades legalmente independentes, que possuem uma influência positiva sobre o sucesso de um produto de software —são mais limitados na definição proposta” (KITTLAUS & CLOUGH, 2009).

BOSCH & BOSCH-SIJTSEMA (2010) refinam a definição de BOSCH (2009) (SANTOS, 2013):

“Um ECOS consiste em uma plataforma de software, um conjunto de desenvolvedores internos e externos e uma comunidade de especialistas no domínio a serviço de uma comunidade de usuários que compõem elementos de solução relevantes para satisfazer as suas necessidades” (BOSCH e BOSCH-SIJTSEMA, 2010).

LUNGU *et al.* (2010) fazem uma definição mais técnica:

“Um ECOS é uma coleção de projetos de software que são desenvolvidos e evoluem juntos em um mesmo ambiente” (LUNGU *et al.*, 2010).

“ECOS consiste em uma comunidade de atores e de organizações em rede, que apoia as relações entre eles sobre um interesse comum no desenvolvimento e no uso de uma tecnologia de software central” (HANSSEN & DYBA, 2012).

MANIKAS e HANSEN (2013) fazem uma combinação das definições anteriores:

“Um ECOS é uma interação de um conjunto de atores sobre uma plataforma tecnológica comum, que resulta em um número de soluções ou serviços de software. Cada ator é motivado por um conjunto de interesses ou modelos de negócio e está conectado aos demais atores e ao ECOS como um todo por meio de relacionamentos simbióticos. Por sua vez, a plataforma tecnológica está estruturada para permitir o envolvimento e a contribuição dos diferentes atores” (MANIKAS e HANSEN, 2013).

Apesar do grande número de definições apresentado, alguns aspectos comuns podem ser identificados:

- **Conceitos fundamentais:** (i) a existência de uma tecnologia baseada em software central e (ii) a existência de uma rede de organizações com algum tipo de relacionamento (simbiótico, evolução conjunta, comercial, técnica) e obtendo benefício do ECOS (SANTOS, 2013).
- **Papéis chave:** (i) Organização Chave ou Proprietário da Plataforma (*Keystone*), que conduz o desenvolvimento e a evolução do software central (plataforma), (ii) Usuários Finais (*End-users*), quem precisa da solução oferecida pelo software central para realizar seu negócio, e (iii) Organizações Externas (*Third Party Organizations*), que produzem soluções e serviços sobre o software central (HANSEN, 2012) (SANTOS, 2013).
- **Tipos básicos de relacionamento:** onde, segundo MANIKAS & HANSEN, (2013), dois atores podem: (i) mutualismo (ter benefícios mútuos); (ii) competição/antagonismo (estar em competição direta); (iii) neutralismo (não ser afetados); (iv) amensalismo (um não é afetado enquanto o outro é beneficiado) ou (v) parasitismo (prejudicado pelo relacionamento) (SANTOS, 2013).
- **Elementos fundamentais:** (i) software (plataforma tecnológica comum, tecnologia de software central, soluções de software, plataforma de software ou LPS); (ii) transações (modelos de lucro ou recompensa, possíveis benefícios além dos financeiros) e (iii) relacionamentos (conexões entre atores com base nos elementos anteriores) (SANTOS e WERNER, 2010).

Neste trabalho, utilizaremos a definição de ECOS proposta por MANIKAS e HANSEN (2013), expandida pelos aspectos identificados em SANTOS (2013), que oferecem

um nível de compreensão importante dos diferentes fatores que um ECOS compreende, capturando as interações, motivações, relações, papéis e conceitos, além dos aspectos técnicos relacionados.

2.3.2 Características

Como ECOS é uma perspectiva que analisa aspectos sócio-técnicos, é difícil determinar de forma genérica características desses ecossistemas. No entanto, algumas características chave com foco em processos técnicos do desenvolvimento e evolução dos ECOS são identificadas por LETTNER *et al.* (2014), com base em uma revisão de literatura, e são parâmetros relevantes para analisar um determinado ECOS. São características importantes sobre a perspectiva de ECOS (CE), possuir:

- **CE-1 - Desenvolvedores internos e externos**, um ECOS vai além das fronteiras de uma organização (BOSCH, 2012), e o desenvolvimento não pode ser restrito a times internos, e passa a englobar desenvolvedores externos que podem fazer extensões, adicionar funcionalidades e fazer adaptações.
- **CE-2 - Plataforma tecnológica comum**, um ECOS baseia-se em uma plataforma para oferecer um determinado serviço e suportar tecnologias e extensões específicas. Nesse contexto, segundo PETTERSON *et al.* (2010), uma plataforma pode ser uma base tecnológica, um framework extensível e adaptável, um conjunto de componentes reutilizáveis e até um conjunto de soluções prontas para uso.
- **CE-3 –Parte central controlada**, essa característica diz respeito à de um ciclo de vida da plataforma independente das aplicações externas compatíveis com a mesma.
- **CE-4 - Possibilidade de contribuições externas** em sua plataforma, seja na forma de código aberto com possibilidade de incorporação de código externo, existência de pontos de extensão ou disponibilização de interfaces para desenvolvedores externos. Entretanto, um aspecto importante é que essas extensões possam ser feitas mantendo a segurança da plataforma como um todo (LETTNER *et al.*, 2014).
- **CE-5 - Arquitetura com suporte à variabilidade**, onde a plataforma suporta adaptações para as especificidades de cada cliente, permitindo que aplicações

sejam construídas por desenvolvedores externos baseadas nas configurações específicas de funcionalidades, aplicações e componentes oferecidos pela plataforma.

- **CE-6 – Ativos compartilhados**, uma característica herdada da abordagem de linha de produto de software, que é uma estratégia para reúso intra-organizacional são os ativos compartilhados, recursos reutilizáveis compartilhados para a criação de aplicações compatíveis, enquanto os ECOS são uma abordagem para reúso inter-organizacional. (JANSEN et al., 2009).
- **CE-7 - Derivação automática de produtos ou suportada por ferramentas**, uma vez que há suporte à variabilidade e criação de novas funcionalidades com base em configurações específicas, há a possibilidade de criação de novos produtos apenas com essa configuração por parte de desenvolvedores externos e até mesmo usuários de forma automática ou suportada por ferramentas.
- **CE-8 - Soluções específicas de clientes incorporadas à plataforma**, onde uma solução para um cliente específico tem potencial para atender a outros clientes da plataforma.
- **CE-9 - Ferramentas, frameworks e padrões**, para auxiliar o desenvolvimento, evolução e manutenção da variabilidade suportada pela plataforma, da própria plataforma, dos recursos compartilhados entre diferentes clientes e demais extensões.
- **CE-10 - Canal de distribuição**, é um recurso apresentado por alguns ECOS onde há um canal de distribuição de software desenvolvido por terceiros acessível aos clientes da plataforma, frequentemente mantido pela organização responsável pela plataforma.

2.4 ECOSSISTEMAS DE E-LEARNING

No domínio de e-Learning a necessidade de reúso é um assunto cujo interesse de pesquisa é constante, especialmente em relação à recursos educacionais (PETTERSON, 2009) (DOWRIES, 2007), onde o conceito de unidades educacionais independentes e de pequena granularidade que possam ser utilizadas para a composição de programas que atendam às necessidades educacionais específicas está presente desde a década de noventa (OLIMPO, 1990). Entre as linhas de pesquisa de e-Learning estão os repositórios de OAs reutilizáveis,

definição de metadados e o uso de ontologias para busca de conteúdos educacionais.

Além do reúso de OAs como discutido previamente, diferentes serviços educacionais como chats, fóruns, processadores de textos, jogos educacionais, vídeo conferências podem auxiliar o processo de ensino e aprendizagem e não estar diretamente relacionado ao escopo de uma plataforma educacional (GUTIÉRREZ-CARREÓN *et al.*, 2015). Da mesma forma que, em outros domínios, muitas vezes uma única organização não consegue prover todos os recursos necessários para atender a todas as demandas e promover inovação sozinha. Nesse contexto a possibilidade de reúso inter-organizacional é necessária e a abordagem de ECOS apropriada (BOSCH, 2009).

O uso de conceitos de Ecossistemas Digitais no domínio de e-Learning não é recente. Em 2002, COWLEY *et al.* (2002) já utilizavam o termo ecossistema para definir papéis e requisitos para a construção de um ambiente de e-Learning, que já poderiam ser divididos entre bióticos (estudantes, instrutores), abióticos (conteúdo, tecnologia). No mesmo ano, WILKSON (2002) identificava características de ecossistemas ao definir elementos e relações entre eles como requisitos para um ambiente de e-Learning, propondo um modelo de Ecossistema de E-Learning com foco em aspectos relacionados ao reúso de OAs, na taxonomia de recursos e características do domínio de e-Learning, no processo de aprendizagem e em sua dimensão tecnológica (Figura 7).

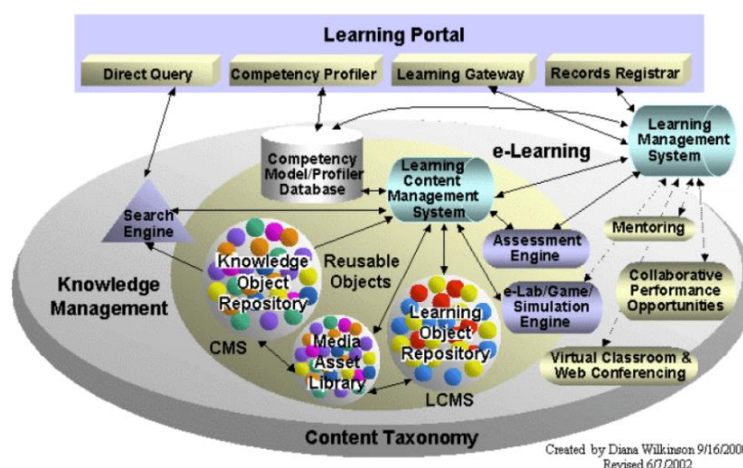


Figura 7 - Modelo de Ecossistema de e-Learning (WILKSON, 2002).

Uma visão mais abrangente de Ecossistemas de e-Learning é apresentada por BRODO (2006), que define ecossistema de e-Learning como “o termo utilizado para descrever todos os componentes requeridos para implementar um ambiente de e-Learning”, esses com componentes incluem a noção de fatores bióticos e abióticos, e são divididos em

três grupos: (A) os provedores de conteúdo, que proveem o conteúdo educacional; (B) os consultores, que ajudam a desenvolver, definir os processos educacionais e oferecer suporte tecnológico (C) infraestrutura, que inclui todos os recursos necessários para o gerenciamento, entrega e acompanhamento do e-Learning (Figura 8).

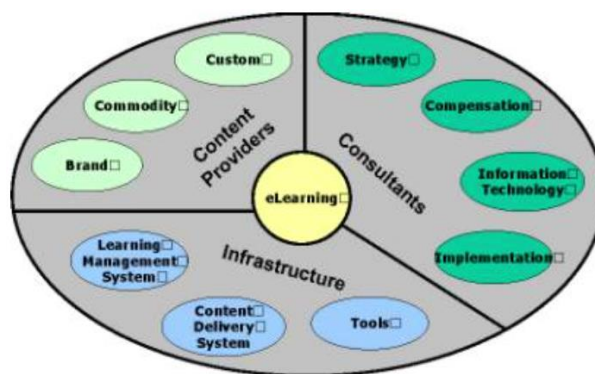


Figura 8 - Modelo de Ecosistema de e-Learning (BRODO, 2006).

O modelo teórico proposto por CHANG e GÜTL (2007) é particularmente interessante por sua abordagem holística, baseando-se na definição ecológica de ecossistema como a encontrada na Enciclopédia Britânica: “complexo de organismos vivos, seu ambiente físico, e todas as suas inter-relações em uma unidade de espaço” para identificar no domínio de e-Learning fatores bióticos, abióticos e todas as suas inter-relações dentro do ambiente, que é delimitado por fronteiras bem definidas. Essa definição incorpora indivíduos, comunidades educacionais e *stakeholders* (professores, tutores, provedores de conteúdo, designers instrucionais, pedagogos), artefatos e recursos (conteúdo e aspectos pedagógicos de conteúdo multimídia, tecnologia, ferramentas), e interações dentro de determinada fronteira do ecossistema definida por pressões internas e externas (objetivos educacionais, evolução do conhecimento, aspectos culturais e sociológicos) (Figura 9).

Embora PETTERSON (2009) discuta ECOS no domínio de e-Learning, seu trabalho visa identificar características de ECOS nesse domínio, e não promover mudanças nesse a partir dessa perspectiva. Também foi verificado que existem pontos importantes discutidos no contexto de ECOS não aprofundados na literatura relacionada a Ecossistemas de E-Learning, como evolução, variabilidade, ferramentas, frameworks e comunidades de desenvolvedores externos.

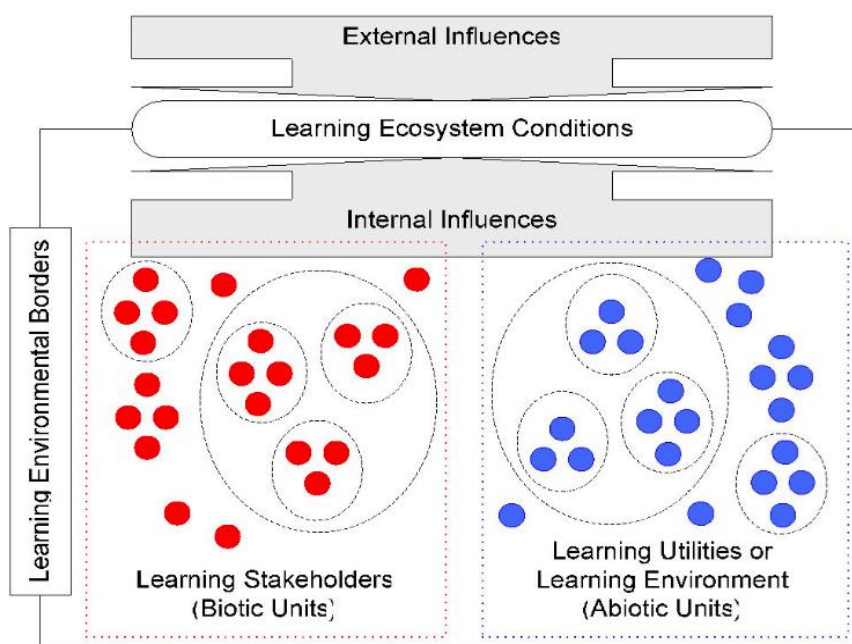


Figura 9 - Modelo de Ecosistema de e-Learning (CHANG e GÜTL, 2007).

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foram apresentados os pressupostos teóricos que embasam o presente trabalho, passando por conceitos fundamentais de e-Learning no contexto deste trabalho como Aprendizado Assistido por Tecnologia, Ambientes Virtuais de Aprendizagem e Objetos de Aprendizagem. Um ponto importante relacionado à e-Learning e fundamental no contexto do presente trabalho é a integração de serviços externos aos Ambientes Virtuais de Aprendizagem. Dessa forma, foram apresentados como formas de integrar serviços no domínio educacional os Serviços Web e os Serviços Educacionais. Por fim, os ECOS são introduzidos, definidos e suas características apresentadas, demonstrando-se uma perspectiva interessante para o favorecimento do desenvolvimento de soluções em um contexto inter-organizacional. Por fim, são apresentados os Ecosistemas de e-Learning e, embora existam elementos comuns com ECOS, não foi identificada uma fundamentação teórica comum que relacione esses dois tipos de Ecosistemas Digitais.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, são apresentados os trabalhos relacionados, organizados em dois grupos. Primeiro, são apresentados os trabalhos referentes à integração de serviços educacionais aos AVAs e depois os trabalhos referentes a Ecossistemas de e-Learning que utilizam Serviços Web para de integração de ferramentas externas. No fim desse capítulo, são definidas as características relevantes para ambos os grupos e os trabalhos apresentados são comparados.

3.1 INTEGRAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

O problema de integração e interoperabilidade de serviços fornecidos por ferramentas externas e plataformas de e-Learning é complexo e ainda não possui uma solução genérica (ALARIO-HOYOS e WILSON, 2010). Nesta seção, são apresentados os trabalhos relacionados que abordam a integração de ferramentas externas aos AVAs: os Serviços Web para e-Learning (FRAGOSO *et al.*, 2013), uma arquitetura onde os Objetos de Aprendizagem são substituídos por Serviços Web como forma de solucionar limitações de interoperabilidade. As recomendações IMS são especificações que, combinadas, oferecem uma infraestrutura padronizada para o uso de ferramentas externas em ambientes de e-Learning. O GLUE! (ALARIOS-HOYOS *et al.*, 2013) é uma arquitetura que utiliza adaptadores tanto para AVA quanto para serviços externos, permitindo uma combinação muitos-para-muitos de ambientes com serviços. E, por fim, o Asceta (DODERO *et al.*, 2015) é um projeto que busca melhorar a integração de serviços com AVA utilizando recursos da web semântica.

3.1.1 Serviços Web para e-Learning

O uso de Serviços Web Educacionais como forma de melhorar a reusabilidade e a interoperabilidade em relação aos formatos de OA distribuídos como pacotes de conteúdo é discutido por Fragoso *et al.* (2013), que se propõe a desenvolver OAs como serviços educacionais por meio de uma Arquitetura Orientada a Serviços, utilizando padrões como SOAP, XML e WSDL e integrando-os a Sistemas de Gerenciamento de Aprendizagem (SGA), que são um tipo de AVA.

São discutidas as similaridades de características entre os OA e os Serviços Web

Educacionais, com destaque para a maior amplitude que pode ser alcançada através dos serviços web (FRAGOSO *et al.*, 2013). OAs são constituídos por quatro elementos pedagógicos: Objetivo, Conteúdo, Atividades de Aprendizagem e Avaliação, portanto, os Serviços Web Educacionais propostos são elementos que atendem a uma dessas características de forma independente, podendo haver composição de serviços desses serviços para atender a necessidades específicas.

A arquitetura proposta (Figura 10) inclui o UDDI (*Universal Description Discovery and Integration*), um diretório onde serviços podem ser registrados para publicação, localização, troca e reutilização compatível com o padrão SOAP. O SGA atua como autoridade na identificação dos serviços e disponibilização dos mesmos, obtendo e publicando os serviços no UDDI, com base em esquemas de classificação, que são descritores dos serviços utilizados para classificação dos mesmos.

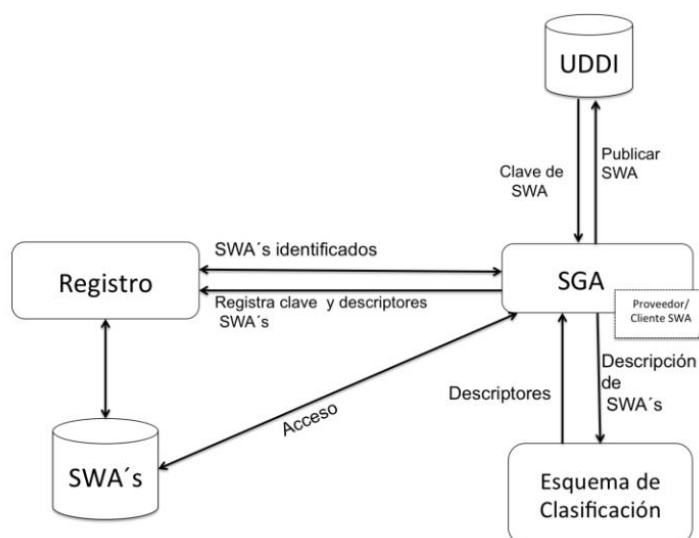


Figura 10 - Visão da arquitetura de Serviços Web de E-Learning (FRAGOSO *et al.*, 2013).

3.1.2 Recomendações IMS

O IMS Global Learning Consortium (IMS) é uma organização sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento e promoção de padrões e especificações de tecnologias no domínio educacional (CAEIRO-RODRIGUEZ *et al.*, 2012) e, especificamente relacionadas a integração de aplicações educacionais voltadas a ambientes de aprendizagem, recomenda o *IMS Learning Tools Interoperability* (IMS LTI) e o *IMS Learning Information Services* (IMS LIS).

O IMS LTI é um padrão para integração de ferramentas educacionais remotas a AVA, através de um protocolo web e uma API para suportar essas integrações (CAEIRO-RODRIGUEZ *et al.*, 2012). A IMS LTI v2, foi lançada em janeiro de 2014 (McFall *et al.*, 2014). Em sua arquitetura (Figura 11), o AVA é o *Tool Consumer* (TC), e a ferramenta externa é fornecida por um *Tool Provider* (TP).

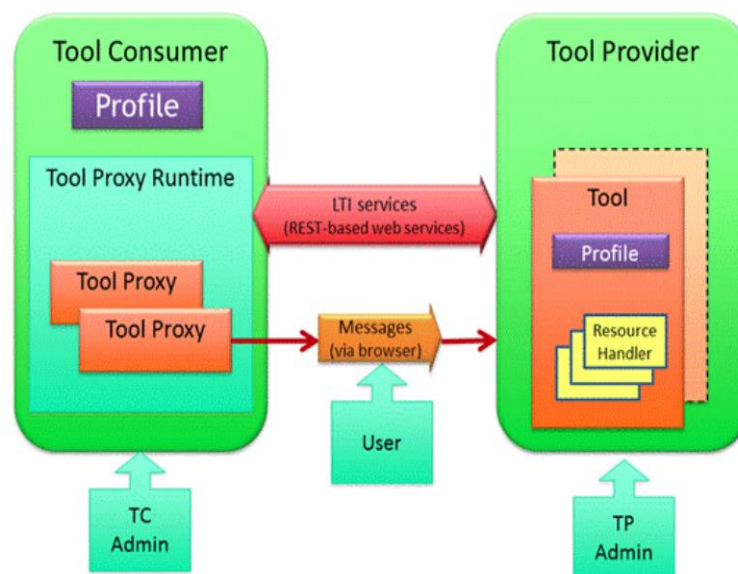


Figura 11 - Visão geral do IMS LTI (McFall *et al.* 2014).

Para acessar uma ferramenta externa dentro de um AVA, através de um TC, um usuário, que pode possuir diferentes papéis nesse ambiente (aluno, professor, instrutor, candidato a aluno, administrador), acessa um link autenticado para a ferramenta externa, fornecida pelo TP (MACFALL *et al.*, 2014). A partir daí há a comunicação direta do usuário com o TP através de seu navegador, e entre TP e TC através de serviços web REST. Nesse padrão a ferramenta pode oferecer diferentes níveis de interação baseada no papel do usuário, e retornar ao TC quando a atividade for concluída.

O IMS LIS é uma especificação para gerenciar informações entre AVAs e aplicações externas em termos de estudantes, instrutores, professores e conteúdo (Caeiro-Rodriguez *et al.* 2012). A IMS LIS v2.0.1 foi lançada em setembro de 2013 (FENG *et al.* 2013) e é baseada em serviços web utilizando os protocolos SOAP/HTTP e LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*), divididos entre serviços e gerenciamento de pessoas, grupos, associações, cursos e resultados. O IMS LTI e o LMS LIS estão profundamente integrados, permitindo que TC e TP possam trocar mensagens com um LIS Service.

3.1.3 GLUE!

O GLUE! É uma arquitetura de integração proposta por ALARIOS-HOYOS *et al.* (2013), endereçando a solução do problema de integração de serviços e ferramentas externas ao AVA através do uso de contratos de integração com baixo acoplamento utilizando um conjunto de adaptadores e uma camada de software intermediária (Figura 12).

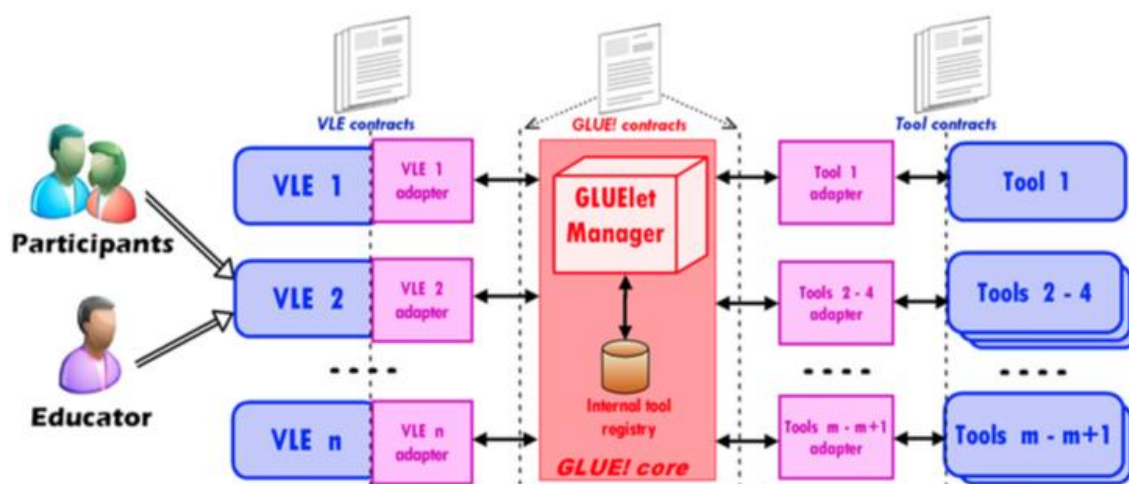


Figura 12 - Visão geral da arquitetura do GLUE! (ALARIOS-HOYOS *et al.* 2013).

A arquitetura é dividida em três camadas: os Adaptadores de AVA, os Adaptadores de ferramentas e o GLUE! Core. Utilizando o padrão de projeto Adapter (GAMMA *et al.*, 1995), os adaptadores são utilizados tanto para estender os AVAS para que possam se comunicar com ferramentas externas sem necessidade de alteração, se aproveitando de funcionalidades para criação de módulos ou complementos presentes nesses ambientes, quanto para permitir que as ferramentas externas possam ter suas características específicas adaptadas para serem utilizadas por meio de uma interface padronizada sem necessidade de alteração em seu código. Segundo ALARIOS-HOYOS *et al.* (2013), o uso de contratos padronizados permite a combinação de muitos-para-muitos entre adaptadores de AVA e adaptadores de ferramentas, visto que uma vez desenvolvido o adaptador para um AVA, todos os adaptadores para ferramentas externas são automaticamente compatíveis.

A camada intermediária da arquitetura, o GLUE! Core, é que estabelece os contratos entre os adaptadores, desacoplando o AVA das ferramentas externas ao assumir as principais funções de integração (ALARIOS-HOYOS *et al.* 2013). O GLUE! Core inclui ainda o GLUElet manager, que atua como um *broker*, recebendo requisições do adaptador do AVA e redirecionando para o adaptador de ferramenta externa correta, mantendo as informações de

instâncias em execução e controlando os adaptadores de ferramentas externa disponíveis. Segundo ALARIOS-HOYOS *et al.* (2013), ao concentrar essas funcionalidades no GLUE Core, diminuem-se as funcionalidades que devem ser implementadas nos adaptadores, simplificando seu desenvolvimento.

3.1.4 ASCETA

O ASCETA é um projeto cujo objetivo é melhorar a integração de recursos web, aplicações e serviços existentes com AVAs, utilizando para isso modelos e protocolos de web semântica, dados ligados e tecnologias da web atual. Diferentemente de tecnologias para integração baseadas em metadados oferecidos junto com os recursos web, o ASCETA utiliza também anotações semânticas baseada no vocabulário utilizado no domínio do serviço, facilitando a consulta e desacoplando os provedores de serviços (aplicações e serviços web) e consumidores (AVA) (DODERO *et al.*, 2015).

Junto com as anotações semânticas com vocabulário de domínio, o uso de tecnologias de leitura e escrita da web, como o REST, permitem que informações não sejam apenas buscadas, mas também atualizadas durante a interação entre o provedor e consumidor de serviços educacionais. Dessa forma, uma mudança no provedor não implica em um novo desenvolvimento do consumidor, e sim na adição de uma nova dependência para adaptar o consumidor à nova descrição semântica do provedor. Esta seria uma tarefa do administrador do consumidor, que deve configurar extensões do consumidor para acessar adequadamente os serviços.

A arquitetura do ASCETA evoluiu em duas fases (Figura 13), na primeira delas o acesso aos serviços externos é feito sem recursos semânticos, onde uma extensão do Moodle que atua como um adaptador acessa, por meio de serviços REST, adaptadores de serviços externos, como blogs, Wikis, CMS. Na segunda fase, os adaptadores do Moodle e dos serviços externos se comunicam por meio de serviços web semânticos, utilizando descrições baseadas em RDF para serviços, RDFa para documentos XHTML e JSON-LD para facilitar o processamento de informações e transporte para o cliente. Dessa forma, graças ao enriquecimento semântico, é possível buscar por serviços através de um vocabulário ou ontologia, e não baseado em nomes ou URIs.

Utilizando esse modelo, professores e instrutores precisam apenas se expressar ou selecionar os serviços com base em conceitos semânticos, com base nos serviços

disponibilizados pela plataforma no momento do projeto de uma atividade que depende de um serviço externo.

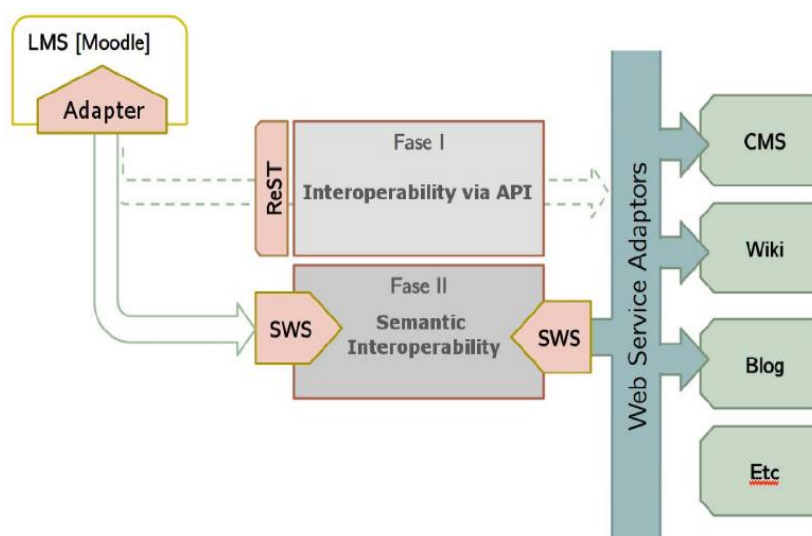


Figura 13 - Visão geral da arquitetura do ASCETA (DORERO *et al.* 2015).

3.2 ECOSSISTEMAS DE E-LEARNING

Nesta seção, são relacionados os trabalhos que abordam a integração de ferramentas externas e serviços a plataformas educacionais sob uma perspectiva de Ecosistema de e-Learning. Embora existam vários trabalhos que proponham o uso de Serviços Web e SOA em conjunto com Ecosistemas de e-Learning (GÜTL e CHANG, 2008) (DONG *et al.*, 2009) (NARS e OUF, 2011), esses trabalhos não cobrem aspectos de ECOS importantes neste contexto, como o tipo de API oferecida para desenvolvedores externos, o tipo de recurso acessível para serviços externos e a abertura da proposta para contribuições externas.

Quatro Ecosistemas de e-Learning que focam na integração de serviços são apresentados: o JAMPOTS (DONG *et al.*, 2009), que integra e orquestra serviços externos para formar *mashups*, compondo *widgets* que podem oferecer novos serviços a partir dos demais; o Dippler (LAANPERE *et al.*, 2014), que integra Serviços Educacionais e utilizando Serviços Web, clientes móveis e plug-in para blog que oferece um PLE que mantém um portfólio de aprendizagem do estudante; o xAPI (*Experience API*), uma API para o estabelecimento de um ecossistema de e-Learning a partir de repositórios compartilhados de informações de experiências de aprendizagem, onde diferentes ferramentas, chamadas de

Activity Providers, armazenam e recuperam informações; e o LUDOS, uma infraestrutura que utiliza a perspectiva de Ecossistema de e-Learning para inclusão de ferramentas externas aos AVAs no contexto de gamificação (VEIGA *et al.*, 2015).

3.2.1 Jampots

O surgimento da Web 2.0 mudou a Web de um modelo de navegação de conteúdo relativamente estático baseado em um modelo de publicação de documentos para um ambiente que provê uma experiência rica, permitindo a combinação de informações de várias fontes em diferentes formatos, facilitando a interação entre diferentes atores a colaborações e troca de informações (CRAIG, 2007) (CHEUNG *et al.*, 2008) (DONG *et al.*, 2009). Dessa forma tornou-se possível a criação de comunidades online mantidas, articuladas e promovidas por usuários.

Um marco da Web 2.0 são os *mashups*, que consistem em um tipo de conteúdo que não possui informação ou serviços próprios, mas combina-os a partir de diferentes provedores gerando novos e poderosos recursos (DONG *et al.* 2009). Diversas páginas web utilizam esse recurso para oferecer novos recursos a partir daqueles já existentes, gerando valor e novos conteúdos a partir deles e, através de sindicalização, montagem e orquestração de serviços independentes. Páginas específicas para listar serviços oferecidos por terceiros para montagem de *mashups* favorecem sua construção e mostram o tamanho das possibilidades, por exemplo, o site *Programmable Web*¹⁷ informa possuir 13,744 APIs atualizadas divididas em diversas categorias como Mapas, Social, E-Commerce, Fotos, Vídeos, Educação.

Nesse contexto, DONG *et al.* (2009) combinam o uso de *mashups* com ambientes de e-Learning, propondo um ecossistema baseado em um modelo de rede social centrado nos usuários, de modo que informações estáticas e serviços são combinados para gerar diferentes possibilidades. Os usuários no ecossistema proposto se dividem em três grupos (Figura 14): (1) os **Provedores de Conteúdo**, que incluem experts, professores e estudantes com capacidade de publicar novos conteúdos em um formato padronizado, a fonte de conhecimento de todo o ecossistema; (2) os **Descobridores de Conteúdo**, que pode ser constituído de experts e professores, mas onde tem-se principalmente estudantes autodidatas, que não esperam o conteúdo passivamente, mas que combinam diferentes conhecimentos para facilitar seus estudos e pesquisas e (3) os **Consumidores de Conteúdo**, que possuem intenso

¹⁷ <http://www.programmableweb.com>

desejo de conhecimento mas não possuem as habilidades para criá-los ou descobri-los.

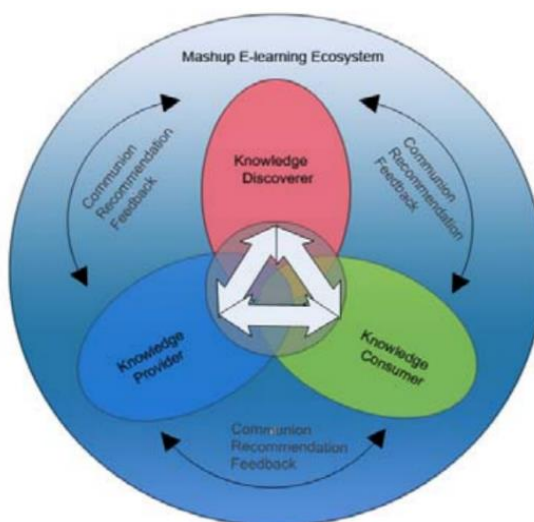


Figura 14 - Relação entre usuários de um Ecosystema de e-Learning baseado em *mashups* (DONG *et al.* 2009).

Provedores de Conteúdo podem se tornar Descobridores de Conteúdo e até Provedores de Conteúdo através da aquisição de conhecimentos, e todos os papéis são interdependentes e se relacionam. Uma mesma pessoa pode possuir diferentes papéis em diferentes momentos dentro do ecossistema.

O ecossistema suporta diferentes operações durante o ciclo de vida de seus conteúdos: (1) **Publicação**, conteúdos são publicados em catálogos assim como os *mashups* construídos a partir deles; (2) **Sindicalização**, a partir da qual conteúdos de diferentes origens são combinados em um pipeline de processamento de conteúdo através de filtragem, transformação, extração e enriquecimento; (3) **Montagem**, um ou mais conteúdos sindicalizados podem ser montados em um *mashups* com uma interface gráfica; (4) **Orquestração**, um ou mais *mashups* são orquestrados para o desenvolvimento de funções complexas em uma aplicação, baseado em modelos como: fluxo, eventos ou leiaute.

O Jampots é uma implementação do Ecosystema de e-Learning baseado em *mashups* proposto por DONG *et al.* (2009), e constitui-se de uma plataforma para o projeto colaborativo, disponibilização, compartilhamento, gerenciamento e recriação de conteúdo educacional para usuários finais. A arquitetura do Jampots é composta por quatro camadas: camada de conteúdo de e-Learning, camada de sindicalização de conteúdo de e-Learning, camada de componentes *mashups* e camada de aplicações *mashups* (Figura 15).

Na camada de e-Learning, estão os arquivos web, sistemas de bancos de dados,

Serviços Web RESTFul. Nas camadas de sindicalização de conteúdo de e-Learning os conteúdos expostos em diferentes formatos pela camada de e-Learning são combinados, e expostos em um formato padronizado. Na camada de componentes *mashups* o conteúdo sindicalizado é empacotado em um *widget* em um formato definido, sendo disponibilizado em um catálogo para favorecer sua descoberta por usuários, aqui os usuários podem editar os widgets a partir de uma interface gráfica, salvar as alterações ou excluí-los. Na camada de aplicações *mashups* é possível buscar, organizar e integrar os *widgets* desenvolvidos na camada de componentes, formando aplicações que ficam disponíveis em um catálogo de aplicações.

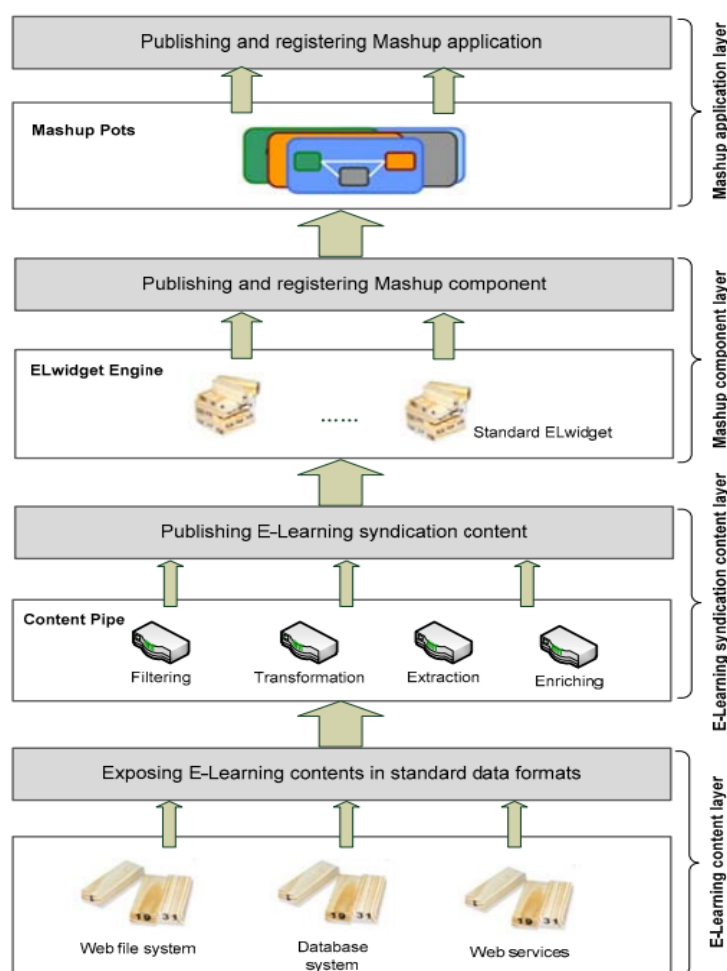


Figura 15 - Camadas da arquitetura do Jampots (DONG *et al.* 2009).

Um dos aspectos importantes do Ecossistema de e-Learning baseado em *mashups* é que os conteúdos gerados a partir dos *mashups* são desenvolvimentos em um modelo baseado em comunidades, onde a avaliação, feedback e recomendação dos *mashups* faz com que os *mashups* dos quais os usuários necessitam possam ser encontrados, permitindo ainda

que haja o seu aperfeiçoamento e evolução para atender às demandas dos usuários.

3.2.2 Dippler

LAANPERE *et al.* (2012) buscam desenvolver um TEL não se limitando à estrutura, arquitetura e implementação, mas considerando uma perspectiva mais ampla, compreendendo um TEL sob uma perspectiva sócio tecnológica, envolvendo aspectos políticos, econômicos, acadêmicos e tecnológicos. Para desenvolver um TEL com o objetivo proposto, os autores estudaram a evolução dos TEL em três gerações, saindo de um passando de um software desktop com conteúdo educacional integrado, para modelos de cliente-servidor com porções de conteúdo educacional reutilizável e chegando a ambientes educacionais baseados em computação em nuvem e padrões abertos.

Em paralelo, vemos uma análise do ponto de vista pedagógico. LAANPERE *et al.* (2014) argumentam que apesar dos TELs de segunda geração serem pedagogicamente neutros, baseados na perspectiva de que o próprio professor deve utilizar o ambiente para definir o modelo pedagógico e abordagem desejada, os TELs do futuro devem ser construídos em conformidade com o modelo pedagógico desejado, promovendo e reforçando sua perspectiva. A proposta dos autores é a criação do Dippler, um Ecossistema de e-Learning desenvolvido orientado a aspectos pedagógicos combinando quatro abordagens pedagógicas: aprendizagem autodirigida, aprendizagem baseada em competência, construção colaborativa de conhecimento e desenho instrucional orientado a tarefas (LAANPERE *et al.*, 2014).

O Dippler foi baseado em alguns requisitos importantes do ponto de vista de ECOS, como código fonte aberto (utilizando GNU LGPL¹⁸ e licença BSD¹⁹) e modularizado para permitir desenvolvimento baseado em comunidades, integração com padrões e especificações do domínio de e-Learning (LOM, QTI, SCORM, LD, IMS *Common Cartridge*), interoperabilidade com outros TEL (blogs, wikis, repositórios) e possibilidade de adição de novos serviços educacionais e personalização de sua aparência (LAANPERE *et al.*, 2012).

A implementação do Dippler é baseada em três componentes principais: (1) Back-Office Service (BOS), um *middleware* Java junto com Serviços Web SOAP e um banco de dados MySQL²⁰ para armazenar dados e comunicar-se com os outros componentes do

¹⁸ <http://www.gnu.org/licenses/lgpl-3.0.html>

¹⁹ <http://opensource.org/licenses/BSD-3-Clause>

²⁰ <https://www.mysql.com>

ecossistema; (2) Dippler Administrator (DiA), uma aplicação PHP com uma interface institucional e estruturas organizacionais como departamentos e educacionais como currículo e ontologias de domínio podem ser configuradas e administradas, oferecendo um grande volume de dados para análise e avaliação de cursos e (3) Dippler *plugin* for WordPress (DiP), que transforma blogs do Wordpress²¹ em PLE, que se comunicam com o BOS para se inscrever em cursos, receber atribuições e enviar lições. Estudantes podem se desligar da instituição e todos os artefatos criados e recebidos durante sua participação no curso são mantidos, podendo ser reconectado a uma instituição mais tarde, se desejado.

Esses três componentes formam o núcleo de um Ecossistema Digital maior (Figura 16), onde os estudantes usam seus blogs pessoais como PLE, recursos educacionais são armazenados em vários Serviços Educacionais como SlideShare²² e YouTube²³ e várias mídias sociais podem ser incorporadas ao ecossistema, a partir de RSS ou iFrame *widgets*. Além disso, o Dippler suporta o reúso de OA criados e hospedados pelas ferramentas: Questr, desenvolvida pelos autores para autoria de OA, ferramenta de autoria LeMill e o repositório de OA Waramu²⁴. Aplicações para iPhone²⁵/iPad²⁶ também foram desenvolvidas.

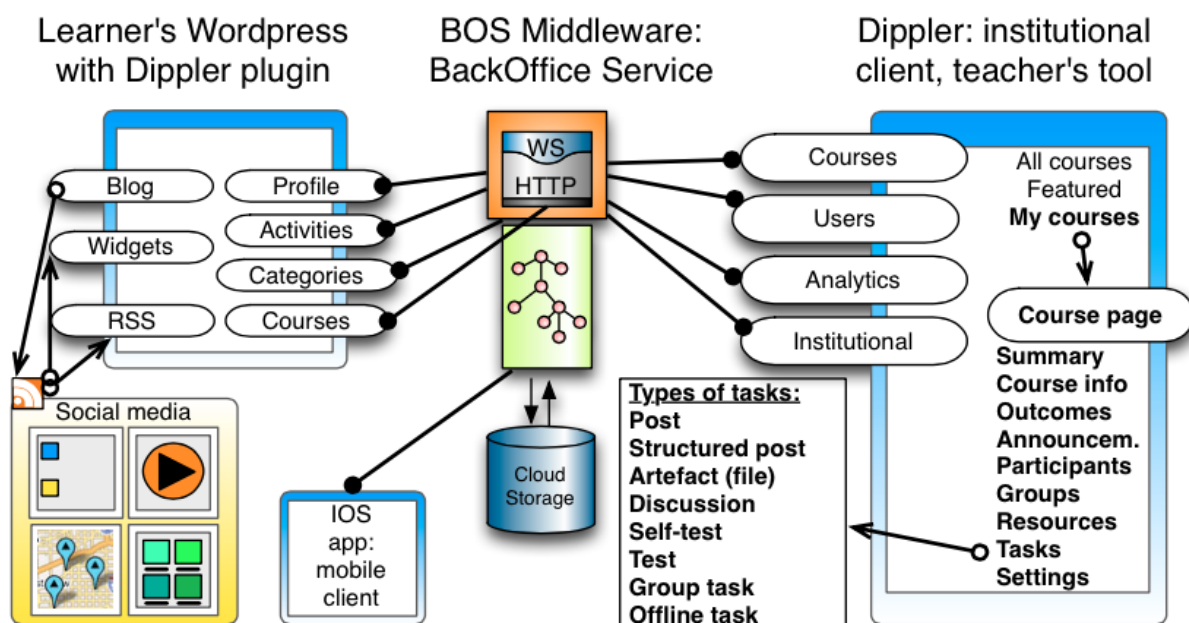


Figura 16 - Arquitetura conceitual do Dippler (LAANPERE et al. 2014).

²¹ <https://wordpress.com>

²² <http://pt.slideshare.net>

²³ <https://www.youtube.com>

²⁴ <http://trac.htk.tlu.ee/waramu>

²⁵ <http://www.apple.com/iphone>

²⁶ <http://www.apple.com/ipad>

O DiA é como um catálogo de cursos onde o instrutor pode configurar todos os aspectos do curso, incluindo o que pode ser adicionado ao blog dos estudantes e os recursos disponíveis. O Dippler suporta ainda seis tipos de tarefas (post livre, post pré-estruturado, file upload, auto-avaliação, avaliação, tarefa em grupo e *widget*). Como forma de facilitar o uso de uma ambiente *web* pelos facilitadores, a funcionalidade de upload não é suportada, e os recursos devem ser adicionados como URL. Metadados podem ser obtidos do YouTube e SlideShare baseados na URL de um recurso, e anotações semânticas podem ser adicionadas nos recursos com conceitos da ontologia de domínio.

Do ponto de vista do estudante, seu blog atua como um portfólio de aprendizado, permitindo que ele possa acompanhar as atividades do curso, suas atribuições e recursos educacionais. Embora o *plugin* do Dippler suporte à adição de considerações e grades curriculares privadas pelos professores, os estudantes têm controle total do seu blog, podendo editar sua aparência e as informações exibidas, assim como adicionar e remover a integração com o Dippler.

3.2.3 Experience API

A Experience API (xAPI), antes conhecida como *Tin Can API*, teve sua primeira versão lançada em 2013 é uma especificação que torna possível a coleta de dados sobre uma ampla gama de experiências de aprendizagem de uma pessoa, tanto online quanto *off-line* (Figura 17), permitindo que diferentes sistemas compartilhem informações educacionais utilizando um vocabulário comum simples. A definição da xAPI foi iniciada pela ADL, porém é aberta, seu desenvolvimento é dirigido pela comunidade, e permite livre implementação (TIN CAN, 2015).

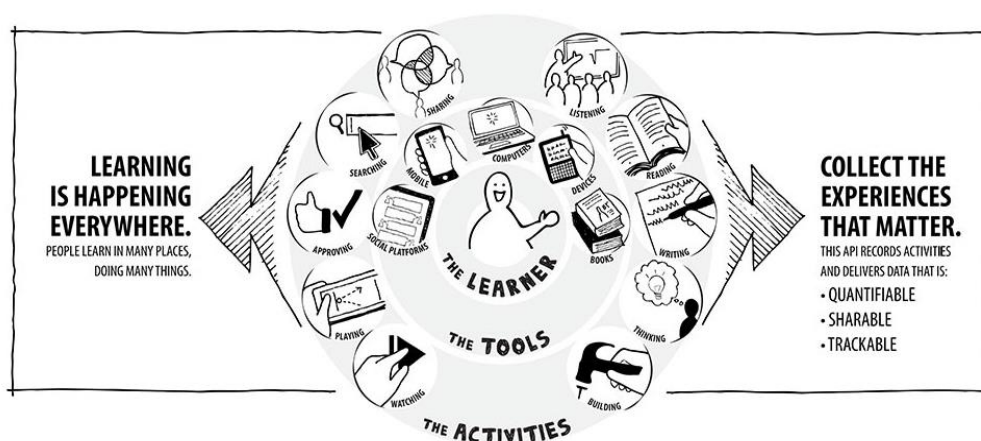


Figura 17 - Visão Geral da Experience API (TIN CAN, 2015).

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 Ecossistema de e-Learning (HRUSKA *et al.*, 2015) (Figura 18). Os dados são armazenados em repositórios chamados de *Learning Record Store* (LRS), que oferecem uma API simples para o armazenamento de informações de experiências de aprendizagem, e ferramentas externas atuam como “produtores” ou “consumidores” dessas informações (ADL, 2015).

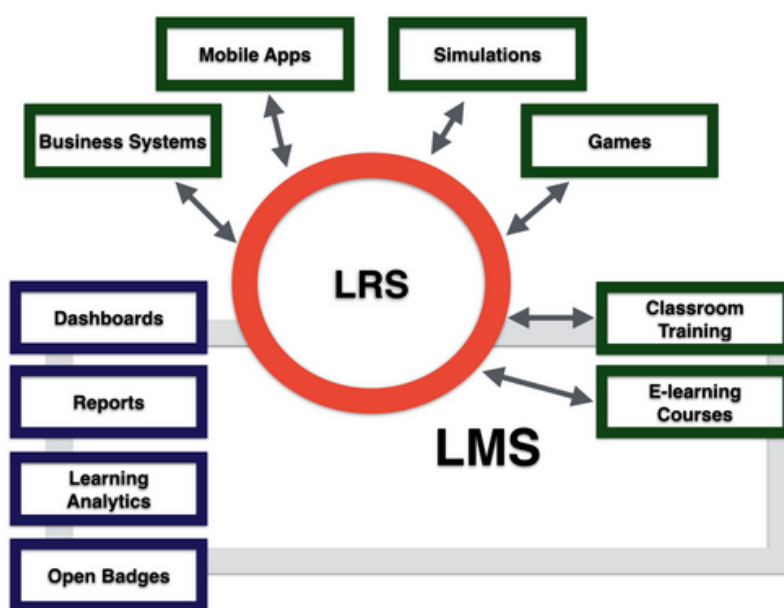


Figura 18 - Ecossistema de e-Learning formado a partir da xAPI (TIN CAN, 2015).

O formato em que as informações são armazenadas no LRS relaciona um ator, a um verbo e a um substantivo, formando declarações como "Aluno 1" (Ator) "leu" (Verbo) "Moby Dick" (Substantivo). Essas declarações podem possuir ainda informações como resultados de atividades, contexto em que a experiência aconteceu e a autoridade responsável pela autenticidade da declaração (Figura 19). Atores, verbos e substantivos são identificados utilizando URIs, que identificam unicamente essas entidades na internet, e as declarações são enviadas para o LRS em formato JSON. A xAPI permite que sejam recuperados a partir de buscas por critérios como verbo, ator, período.

Apesar de permitir o estabelecimento de um ecossistema centrado no compartilhamento de dados de experiências educacionais em diferentes serviços educacionais, a xAPI especifica apenas o modo como esses dados são armazenados e recuperados, não identificando ou definindo como essas interações serão realizadas, os papéis envolvidos, nem o padrão de representação para sujeitos, verbos e substantivos através das URI que favoreçam a interoperabilidade de ferramentas nesses ecossistemas.

Actor	Verb	Object
Andy	Listened to	Great Expectations on Ebook
andy.johnson.ctr@adlnet.gov	http://www.adlnet.gov/verbs/listened_to	http://universallibrary.com/GreatExpectations_ISBN#ebook

Figura 19 - Estrutura básica de uma declaração da xAPI (LEARNING SOLUTIONS MAGAZINE, 2014).

3.2.4 Ludos

A Ludos é uma infraestrutura para a inclusão de elementos de gamificação em Ecossistema de e-Learning existentes (VEIGA *et al.*, 2015), um trabalho anterior que estabeleceu as bases para o desenvolvimento do BROAD-ECOS. Ao identificar os fatores bióticos (professores, instrutores, estudantes, pedagogos, especialistas), abióticos (multimídia, software, tecnologia, equipamentos, AO e plataforma) e a fronteira (evolução do conhecimento, objetivos educacionais e aspectos culturais) dos Ecossistemas de e-Learning atuais, o Ludos adiciona novos fatores bióticos (produtores e desenvolvedores e serviços educacionais com elementos de gamificação) e abióticos (Repositório de Conquistas, OAs com elementos de gamificação, Ferramenta de Autoria e Serviços Educacionais com gamificação) nesse ecossistema (Figura 20).

A arquitetura da infraestrutura visa permitir a geração e armazenamento de informações de gamificação (como pontos, medalhas e títulos conquistados) e consulta dos mesmos, através de componentes como: (I) uma extensão para adicionar suporte a gamificação em OA; (II) Ferramenta de Autoria, que permite que OA com elementos de gamificação sejam criados por atores não técnicos através de seleção de características; (III) Repositório de Conquistas, onde as informações de gamificação são armazenadas e disponibilizadas para consulta; e (IV) um serviço chamado Rankr, que oferece um quadro de líderes consolidando informações obtidas de diferentes fontes a partir do Repositório de Conquistas (Figura 21).

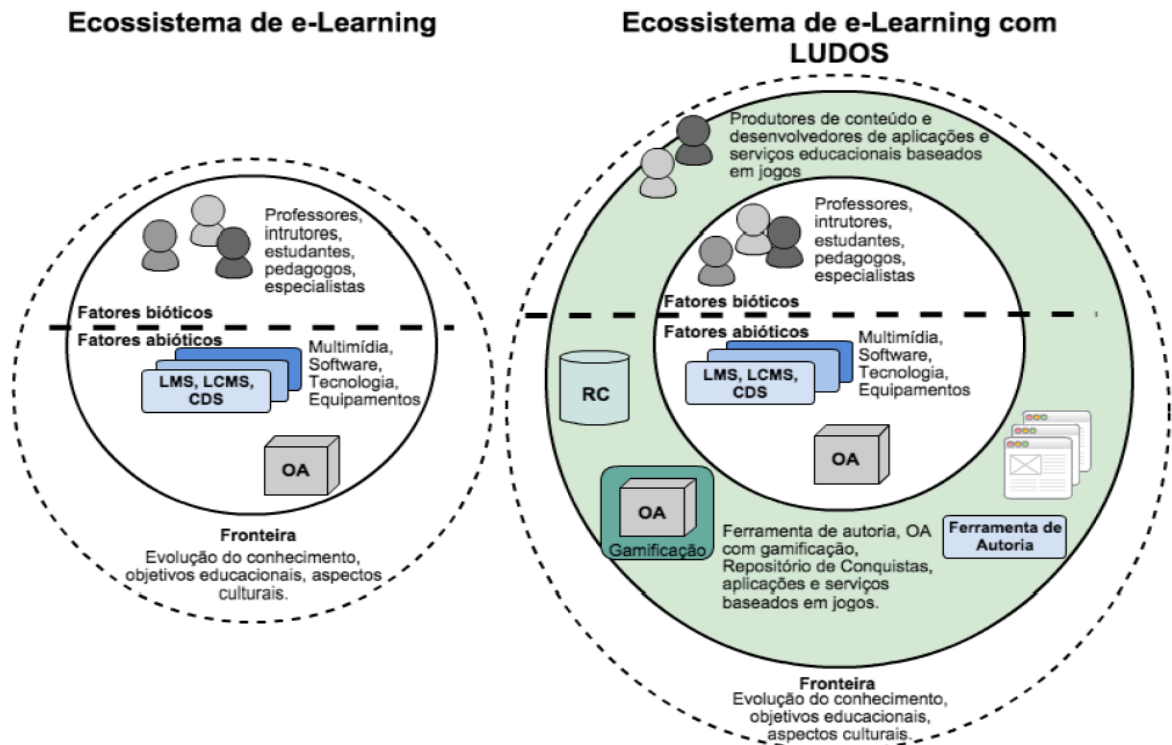


Figura 20 - Fatores do ecossistema antes e após a Ludos. (VEIGA *et al.*, 2015).

Dessa forma a Ludos oferece utiliza a perspectiva de Ecossistemas de e-Learning para a integração de serviços educacionais externos, uma forma de representação comum para informações de gamificação que permite a interoperabilidade entre o AVA e esses serviços, além de estender capacidades dos AVAs atuais em oposição à necessidade de substituí-los para atender ao objetivo de incluir gamificação no ecossistema.

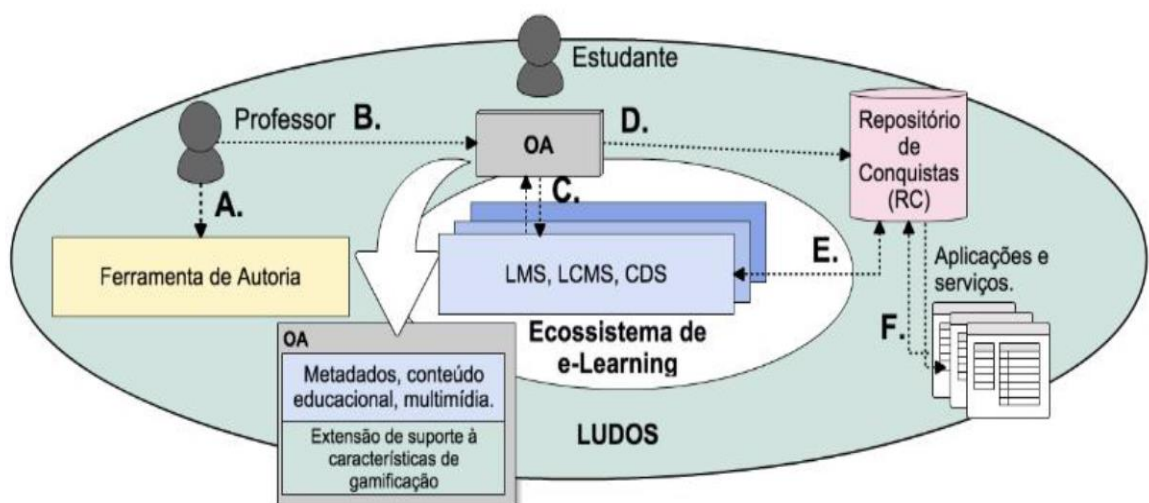


Figura 21 - Componentes da infraestrutura a Ludos. (VEIGA *et al.*, 2015).

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA

Os dois grupos de trabalhos relacionados apresentados neste capítulo, embora possuam perspectivas diferentes, relacionam-se ao tratarem da integração de serviços e ferramentas externas a ambientes de e-Learning. Nessa seção, vamos analisar os trabalhos de ambos os grupos com base nas características das duas perspectivas, primeiro em relação as características relevantes do ponto de vista de integração de serviços a ambientes de e-Learning e depois em relação a ECOS.

Do ponto de vista de integração de ferramentas a ambientes de e-Learning, as características identificadas a partir dos trabalhos apresentados tem como objetivo mapear de forma objetiva suas similaridades e principais diferenças do ponto de vista desse trabalho. Dentro do contexto apresentado, são características de integração (CI) importantes possuir:

- **CI-1 - Adaptadores para a integração dos serviços a plataforma**, é uma característica importante do ponto de vista arquitetural.
- **CI-2 - Uso de padrões/recomendações de e-Learning existentes**, utilização de padrões e recomendação do domínio de e-Learning existentes na solução de integração, característica importante para uma solução aberta, que permita o compartilhamento e interoperabilidade de serviços com outras soluções.
- **CI-3 - Arquitetura baseada em Serviços Web**, uso de Serviços Web para integrar serviços externos e/ou componentes diferentes dentro da própria arquitetura, é uma característica importante do ponto de vista arquitetural.
- **CI-4 - Documentação aberta para construção de ferramentas compatíveis**, disponibilidade de documentação ou material técnico que permita a construção de ferramentas por terceiros compatíveis com a solução proposta, essa é uma característica importante para avaliar a abertura da proposta e a possibilidade de sua utilização fora do grupo responsável pelo desenvolvimento do trabalho.
- **CI-5 - Suporte a visões diferentes baseada em papéis**, existência de diferentes níveis de acesso para uma mesma ferramenta no ambiente de e-Learning, diferenciando professores, instrutores e estudantes e oferecendo recursos diferentes para os mesmos. Essa característica é importante para ampliar as possibilidades de integração a ferramentas com recursos específicos para os diferentes papéis em um processo de ensino-aprendizado.
- **CI-6 - Suporte a testes de verificação do conhecimento**, possibilidade da

ferramenta apresentada oferecer verificações de conhecimento, podendo registrar esses resultados na plataforma do AVA. Essa característica é importante para adicionar à plataforma novas formas de avaliação, como jogos, simulações e atividades em grupo.

- **CI-7 - Possibilidade de extensão**, suporte a extensão da integração para atender a um objetivo específico, isto é, um fornecedor de determinado serviço e os administradores da plataforma podem adicionar algum tipo de característica particular à integração a partir de uma extensão do padrão apresentado sem impactar outras ferramentas integradas no mesmo. Essa característica é importante para que a solução de integração seja flexível para atender a cenários específicos.
- **CI-8 - Suporta o conceito de grupos de usuários**, possibilidade de interação de estudantes com a plataforma a partir de grupos, para que haja interação e colaboração entre os mesmos. Essa característica é relevante por adicionar à plataforma possibilidades de interação entre estudantes em serviços que permitam colaboração, competição, simulação e jogos.
- **CI-9 - Necessidade de alterações nas ferramentas/AVA**, suporte à integração de ferramenta à plataforma sem necessidade de alteração no ambiente e na ferramenta. Importante para avaliar a viabilidade de inclusão de um número indeterminado de novos serviços ao longo do tempo na plataforma.

Na Tabela-3.1 verifica-se a presença de cada uma dessas características nos trabalhos relacionados. Todos os trabalhos apresentados utilizam Serviços Web para a integração de serviços e ferramentas às plataformas, da mesma forma que em todas as soluções o uso de adaptadores pode permitir a integração de ferramentas existentes, embora no ASCETA e no GLUE! esses adaptadores façam parte da arquitetura para qualquer integração.

Quanto ao uso de padrões e recomendações existentes, embora o Serviços Web para E-Learning utilize padrões de Serviços Web como SOAP, não há utilização de nenhum dos padrões existentes no domínio educacional, as recomendações IMS constituem-se de recomendações, e, portanto, reforçam seu uso. Já o Dippler considera o suporte a padrões existentes um dos requisitos de seu projeto. Embora todos os trabalhos apresentem soluções para integração de ferramentas externas, apenas alguns deles (Recomendações IMS, ASCETA e Dippler) disponibilizam documentação para que terceiros possam desenvolver ferramentas compatíveis, ainda assim o Dippler e o ASCETA oferecem documentação apenas no idioma

dos autores, estoniano e espanhol, respectivamente, dificultando o acesso aos mesmos. Em relação à possibilidade de extensão, nenhum dos trabalhos trata da possibilidade de estender as características apresentadas pela proposta de integração para atender a demandas específicas.

No que diz respeito aos diferentes papéis em um ambiente de e-Learning, apenas as Recomendações IMS e o GLUE! relatam suportar visões diferentes para os diferentes papéis nos serviços integrados, e apenas o GLUE! e o Dippler relatam suporte a atividades em grupos relacionadas a serviços externos. Os Serviços Web para e-Learning, as Recomendações IMS e o Dippler suportam que os serviços externos registrem na plataforma resultados de testes de verificação e avaliações.

Para sua adoção em um ambiente de e-Learning existente, o uso dos Serviços Web para e-Learning e das Recomendações IMS exige alterações nos ambientes e possivelmente nas ferramentas que se deseja integrar, o GLUE! e o ASCETA integram ferramentas aos AVAS através de complementos e adaptadores, exigindo alterações mínimas. O Jampots e o Dippler propõem plataformas novas, portanto não suportam integração a ambientes existentes.

Do ponto de vista de ECOS, as características relevantes para a análise dos trabalhos apresentados foram definidas no capítulo anterior, permitindo o entendimento dos trabalhos relacionados sob essa perspectiva (Tabela 3.1). O Jampots, o Dippler e o Ludos, que possuem uma abordagem de Ecossistemas Digitais, possuem uma plataforma a partir da qual os serviços, atores, e interações do ecossistema acontecem, são casos em que o controle é centralizado pelos seus autores, e não há informações sobre procedimentos para colaboração de desenvolvedores externos nas plataformas. Ao passo que a xAPI consiste em um Ecossistema de e-Learning voltado ao compartilhamento das experiências de aprendizagem entre serviços, e por ser um padrão mantido pela ADL possui ampla documentação.

Dessa forma, à exceção da xAPI, os trabalhos embora permitam o desenvolvimento de serviços por desenvolvedores externos, há restrições no acesso as informações necessárias, documentação e material técnico para que a contribuição aconteça, como mencionado anteriormente. Quanto à existência de bibliotecas, ferramentas e frameworks para a criação de serviços, existem apenas para a xAPI, e de forma mais limitada, para o Ludos através de sua Ferramenta de Autoria. Apenas o Jampots possui suporte à variabilidade e oferece ferramentas que facilitam o desenvolvimento de serviços para a plataforma, porém limitada a composição de outros serviços existentes.

Análise	Característica / Trabalho	Serviços Web para e-Learning (FRAGOSO <i>et al.</i> 2013)	Recomendações IMS (IMS GLOBAL, 2015)	GLUE! (ALARIOS-HOYOS <i>et al.</i> 2013)	ASCETA (DODERO <i>et al.</i> , 2015)	Jampots (DONG <i>et al.</i> 2009)	Dippler LAANPERE <i>et al.</i> (2012)	xAPI (TIN CAN, 2015)	Ludos (Veiga <i>et al.</i> , 2015)
Integração de Serviços a Ambientes de e-Learning	CI-1 - Adaptadores para a integração dos serviços à plataforma	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
	CI-2 - Uso de padrões/recomendações de e-Learning existentes	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
	CI-3 - Arquitetura baseada em serviços web	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	CI-4 - Documentação aberta para construção de ferramentas compatíveis	Não	Sim ^{27, 28}	Não	Sim ²⁹	Não	Sim ³⁰	Sim	Não
	CI-5 - Possibilidade de extensão	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
	CI-6 - Suporte a visões diferentes baseadas em papéis	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
	CI-7 - Suporte a testes de verificação de conhecimento	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não
	CI-8 - Suporte a conceito de grupos de usuários que podem interagir em conjunto com ferramentas externas	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
	CI-9 -Necessidade de alterações nas ferramentas/AVA para que seja utilizado	Sim	Sim	Não	Não	~	~	Sim	Não
Ecosistema de Software	CE-1 - Desenvolvedores internos e externos.	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
	CE-2 - Plataforma tecnológica comum	~	~	~	~	Sim	Sim	Não	Sim
	CE-3 - Parte central controlada	~	~	~	~	Sim	Sim	Não	Não
	CE-4 -Aceitação de colaboração de desenvolvedores externos na plataforma	~	~	~	~	Não	Não	Não	Não
	CE-5 - Possibilidade de contribuições externa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	CE-6 -Suporte a variabilidade	~	~	~	~	Sim *	Não	Não	Não
	CE-7 - Soluções específicas de clientes incorporadas à plataforma	~	~	~	~	Não	Não	Não	Não
	CE-8 -Existência de ferramentas automatizadas que facilitem o desenvolvimento de serviços para o ecossistema	Não	Não	Não	Não	Sim*	Não	Não	Sim
	CE-9 - Existência de ferramentas, padrões, <i>frameworks</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim*
	CE-10 - Existência de um canal de distribuição de serviços	~	~	~	~	Sim *	Não	Não	Não

Tabela 1 - Mapa de características dos trabalhos relacionados.

Uma característica importante no contexto de ECOS, a existência de um canal para distribuição de serviços, é suportada apenas pelo Jampots, que, no entanto, considera apenas os serviços construídos a partir dos serviços pré-existent dentro da própria plataforma,

²⁷ <http://www.imsglobal.org/lti/>

²⁸ <http://www.imsglobal.org/lis/>

²⁹ <http://asceta.uca.es/index.html>

³⁰ <http://trac.htk.tlu.ee/iva2>

formando um catálogo, e não um canal a partir do qual desenvolvedores externos podem disponibilizar novos recursos e atores do ECOS podem encontrá-los com facilidade.

As características mapeadas para comparação e análise dos trabalhos relacionados, além de facilitarem o entendimento de suas características, pontos fortes e limitações, ajudam na identificação de oportunidades de pesquisa que o presente trabalho visa atender. Essas características foram agrupadas nos aspectos seguintes, identificados como importantes sob a perspectiva de ECOS:

- **Documentação e recursos técnicos disponíveis para desenvolvedores externos**, essa foi uma das características em que evidenciamos que pode ser explorada, disponibilizando uma documentação em inglês, incorporando traduções e conteúdo técnico de terceiros e oferecendo ferramentas e instruções que facilitem o desenvolvimento de ferramentas compatíveis.
- **Estabelecimento de bases para uma comunidade**, sob uma perspectiva de ECOS, além do material técnico acessível, a existência de grupos de discussão, fórum, tutoriais e um espaço aberto para registro de bugs e envio de código por parte de terceiros, mesmo que validados pelos desenvolvedores da plataforma, abrem espaço para a formação de uma comunidade que possa gerar mais valor do que organizações sozinhas poderiam (JENSEN *et al.*, 2013).
- **Possibilidade de extensão e suporte à variabilidade**, embora o objetivo de soluções de integração seja atender problemas de integração de forma genérica, o suporte a características específicas permite que, em acordo, fornecedores de serviços e administradores de plataforma possam criar novas formas de interação não previstas pelo padrão de integração. Com esse suporte é possível que haja dinamismo, e que extensões comumente utilizadas sejam incorporadas à plataforma, uma característica importante para a evolução de plataformas de ECOS (LETTNER *et al.*, 2014).
- **Canal de distribuição de serviços e recursos externos**, onde desenvolvedores externos podem distribuir serviços criados por eles e atores dentro do ecossistema podem encontrar e ter acesso a esses serviços

Outras características, embora estejam presentes nos trabalhos apresentados, podem ser desenvolvidas para suportar de forma mais ampla os conceitos de ECOS desenvolvidos no presente trabalho, agrupadas nos seguintes aspectos:

- **Suporte a diferentes papéis**, embora alguns dos trabalhos apresentados ofereçam suporte a papéis diferentes como instrutor, estudante e professor, esse modelo não compreende as possibilidades de um ecossistema com papéis diversos em variadas formas de interação. Uma evolução nesse aspecto deve incluir o suporte a papéis customizados por serviço ou ferramenta externa, oferecendo uma forma flexível de adequar os papéis existentes na plataforma aos recursos oferecidos externamente através desse serviço.
- **Permissões de acesso e alteração de informações da plataforma com granularidade fina**, dada a variação de contextos educacionais que um ambiente de e-Learning pode oferecer, serviços podem ser utilizados com diferentes finalidades, como exercício complementar, material de apoio, avaliação. Diferentes finalidades podem exigir níveis de acesso diferentes a dados, e permissão registro de resultados ou experiências de aprendizagem na plataforma. Da mesma forma, serviços oferecidos por terceiros podem não ter permissões para visualizar apenas um conjunto restrito de dados, de acordo com o nível de confiança ou necessidade do mesmo.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo apresentamos trabalhos relacionados à integração de serviços externos à ambientes de e-Learning, compreendendo trabalhos que tratam apenas da integração de serviços educacionais a ambientes de e-Learning e trabalhos que consideram as integrações com esses serviços sob a perspectiva de Ecossistemas de e-Learning. Analisamos os trabalhos apresentados segundo as características de integração de serviços e de ECOS, identificando características importantes e oportunidades de pesquisa para a proposta BROAD-ECOS, apresentada no próximo capítulo

4 BROAD-ECOS

Este capítulo apresenta o BROAD-ECOS, um ECOS educacional no contexto de e-Learning, baseado em serviços educacionais, delimitando o escopo da proposta, analisando os ambientes de e-Learning sob a perspectiva de ECOS e descrevendo a infraestrutura proposta para transformar um AVA em uma plataforma com suporte à integração de serviços externos com as características necessárias para sustentar um ecossistema. Este capítulo está assim organizado: primeiro introduz os conceitos gerais da proposta, depois aprofunda-se na perspectiva de ECOS, e então na infraestrutura proposta, onde são caracterizados cada um de seus componentes, para, enfim, apresentar uma análise sob o ponto de vista das características identificadas nos trabalhos relacionados e na literatura.

4.1 INTRODUÇÃO

O BROAD-ECOS é uma proposta para ECOS no domínio educacional no contexto de e-Learning, formado pela interação entre diferentes atores, comunidades, organizações e serviços educacionais a partir do AVA, em um contexto inter-organizacional. Como o uso de AVAs em ambientes de e-Learning é uma realidade, tanto no ensino superior (BROWN e JENKINS, 2003) quanto nas empresas (BERGER, 2014), um dos objetivos estabelecidos para essa abordagem é a viabilidade de sua adoção a partir de AVAs existentes, incorporando a infraestrutura necessária para que estes ambientes se tornem plataformas de um ecossistema, em oposição à necessidade de que novos AVAs sejam construídos para atender aos objetivos propostos.

O BROAD-ECOS está inserido no contexto do projeto BROAD (NERY *et al.*, 2012) (CAMPOS *et al.*, 2012) (PEREIRA *et al.*, 2014) que engloba pesquisas relacionadas a investigação e adoção de tecnologias de software, tais como ontologias, serviços web semânticos, agentes, sistemas de recomendação e redes sociais para construir uma arquitetura para a busca personalizada por OAs, bem como para a sua composição em conteúdos educacionais. Dessa forma, este trabalho pretende evoluir a proposta do projeto BROAD, ampliando sua visão para a perspectiva de ECOS. Adicionalmente, o nome BROAD-ECOS atende aos objetivos propostos para esse trabalho, no que se refere a uma proposta ampla e abrangente.

A proposta do BROAD-ECOS pode ser dividida em duas partes, discutidas nas

próximas seções: 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 infraestrutura para transformar os AVAs em plataformas que sustentem esse ecossistema, permitindo que Serviços Educacionais externos sejam integrados (Figura 22). No BROAD-ECOS os Serviços Educacionais são denominados apenas “serviços”, e o AVA em conjunto com a infraestrutura BROAD-ECOS apenas “plataforma”.

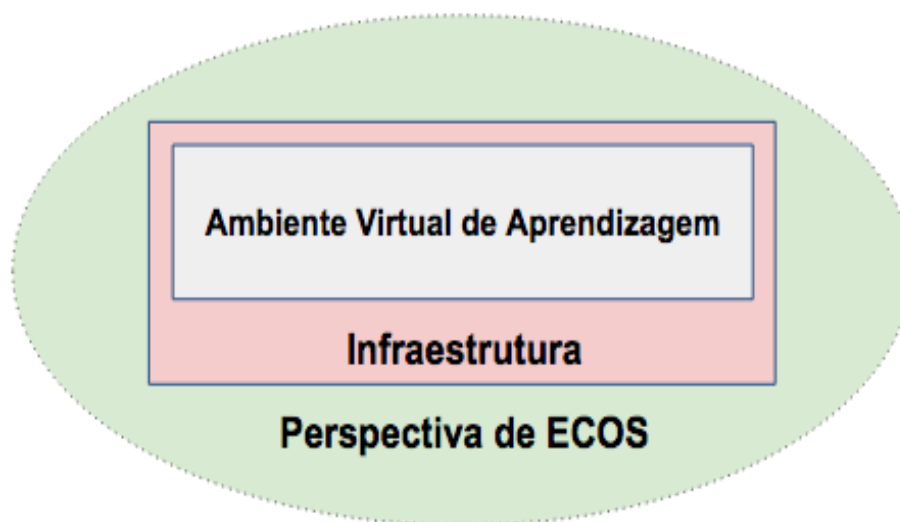


Figura 22 - Ecossistema de e-Learning sob a abordagem BROAD-ECOS.

4.2 PERSPECTIVA DE ECOS

O domínio educacional é um cenário com soluções fragmentadas e específicas, onde diversos serviços e soluções inovadoras são desenvolvidos por diferentes organizações (DOCEBO, 2014), e esses recursos educacionais frequentemente não podem ser integrados aos AVA como uma solução unificada e, como ocorre em outros domínios, há um alto custo para que uma organização desenvolva sozinha essas soluções e disponibilize esses recursos.

Nesse contexto, a dificuldade das organizações de acompanhar e gerar inovação na velocidade e com os recursos exigidos pelos seus usuários, expostos a um número cada vez maior de plataformas e soluções complexas é uma das características das soluções de software atuais. Dessa forma, a construção de soluções inovadoras passa a ser uma atividade inter-organizacional, onde padrões abertos e a capacidade de integrar soluções de terceiros são fundamentais para que as organizações sejam capazes de fornecer soluções com um nível de complexidade que não seriam capazes de oferecer sozinhas. Nesse contexto, uma alternativa

para facilitar a integração de recursos desenvolvidos por terceiros, favorecer absorção e geração de inovação, e construção de uma plataforma rica, é a perspectiva de ECOS (SANTOS e WERNER, 2011) (CECCAGNOLI *et al.*, 2011)

Neste trabalho, Ecossistemas de e-Learning são analisados como ECOS do domínio educacional no contexto de e-Learning, considerando seus fatores bióticos e abióticos. A partir de elementos da definição de Ecossistemas de e-Learning de CHANG e GÜTL (2007) e LAANPERE *et al.* (2014), alinhada à definição de ECOS de MANIKAS e HANSEN (2013) apresentada anteriormente, definimos o Ecossistema de e-Learning como: *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 23). Nesta seção, vamos apresentar um Ecossistema de e-Learning sob a perspectiva BROAD-ECOS, identificando fatores bióticos e abióticos e analisar suas características.

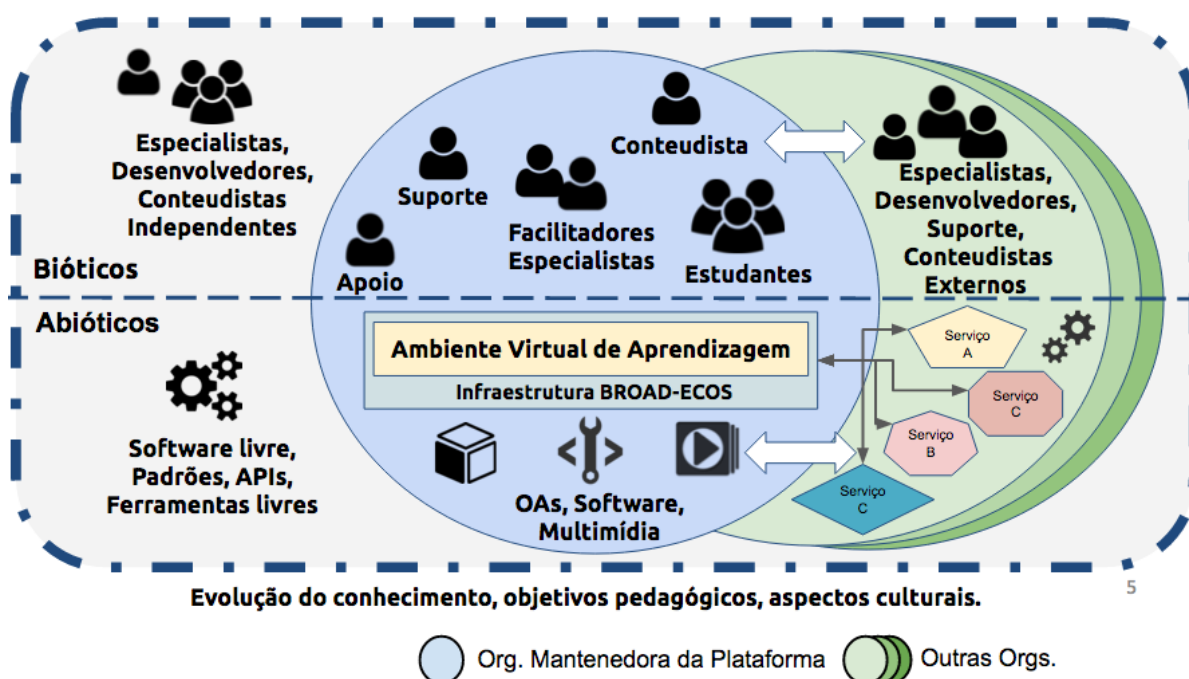


Figura 23 - Ecossistema de e-Learning sob a abordagem BROAD-ECOS.

Os componentes do ecossistema presentes nesse capítulo foram validados em uma etapa de coleta de dados realizada através de uma pesquisa exploratória, por meio de um questionário composto por perguntas fechadas. O processo de coleta de dados e os resultados obtidos estão disponíveis nos Apêndices A, B e C.

4.2.1 Fatores Bióticos

No domínio educacional, por mais que as TELs auxiliem no processo de ensino e aprendizagem, é fundamental considerar as pessoas envolvidas em todas as etapas desse processo e na forma como o uso de e-Learning impacta em como as mesmas se relacionam e se beneficiam desse ambiente. É importante observar que o uso de e-Learning não impacta somente a interação de estudantes e professores, mas responsáveis por tarefas administrativas nas instituições de ensino, especialistas, pedagogos, responsáveis técnicos pelo AVA e seus administradores também devem ser considerados.

Diferentes autores já tentaram identificar quais são esses atores e suas responsabilidades dentro de um Ecossistema de e-Learning (CHANG e GÜTL, 2007) (NORRIS *et al.*, 2013), mas não há consenso em relação aos papéis definidos (LAANPERE *et al.*, 2014). Não faz parte do escopo desse trabalho a definição sistemática dos papéis e atribuições de cada um deles, porém, de acordo com a literatura consultada e a experiência com ambientes de e-Learning, é possível identificar papéis característicos e relevantes para a abordagem proposta, e o tipo de interação realizada por eles no ecossistema.

Os fatores bióticos em um 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. Todos os fatores presentes no ecossistema se beneficiam do mesmo de alguma forma e se relacionam entre si, de forma síncrona ou assíncrona, cooperando ou competindo (CHANG e GÜTL, 2007) (Figura 24).

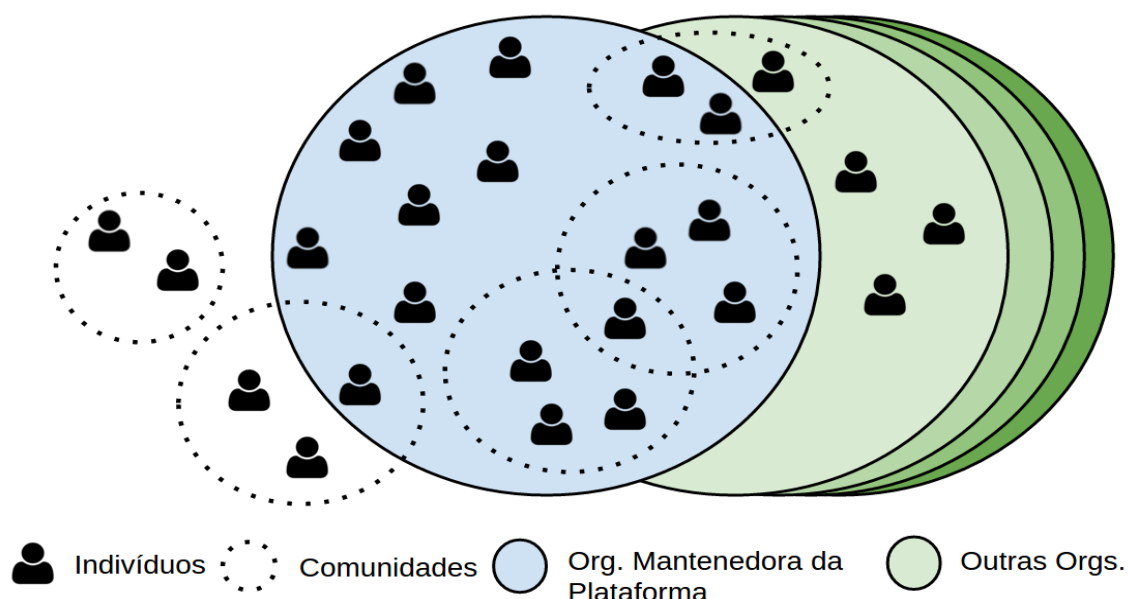


Figura 24 - Organização dos fatores bióticos em indivíduos, comunidades e organizações.

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 nomes atribuídos aos papéis identificados buscam qualificar suas características, já que diferentes ambientes educacionais utilizam nomes específicos de acordo com o ambiente educacional (acadêmico, treinamento, MOOC), objetivos educacionais e abordagem pedagógica.

4.2.1.1 Indivíduos

As pessoas, que de alguma forma interagem com o ecossistema com papéis e atribuições individuais, compõem os indivíduos desse ecossistema. Um indivíduo pode estar inserido no ecossistema tanto espontaneamente quanto por imposição de determinado curso, programa, instituição de ensino ou empresa. A perspectiva de ECOS inclui entre os indivíduos do ecossistema 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 (Tabela 2).

Papel	Descrição/Atividades	Exemplos
Facilitador	Possui formação e/ou qualificação acadêmica e é apto a exercer atividades no processo de ensino e aprendizagem, em um conteúdo específico de uma disciplina ou curso, de acordo com seu objetivo educacional, paradigma pedagógico, contexto e necessidade.	Professor, instrutor, tutor.
Estudante	É o participante de um curso, disciplinas ou atividade educacional.	Estudante, treinando, aprendiz, aluno.
Especialista	Possui conhecimento aprofundado sobre o processo educacional, e-Learning ou área de conhecimento específica de uma disciplina ou atividade e dá suporte aos demais atores na construção de um ambiente educacional adequado para o cumprimento de seus objetivos.	Pedagogo, especialista do domínio.
Apoio	São os responsáveis por todas as atividades de suporte administrativo, através do cadastro de turmas, cursos, realização de matrículas, extração de relatórios, e qualquer outra funcionalidade que apoie facilitadores e estudantes no processo de ensino e aprendizagem.	Operador, administrador do sistema, secretário.
Suporte	São os responsáveis por todas as atividades de suporte operacional, auxiliando no uso dos recursos disponíveis, esclarecendo dúvidas, e dando suporte às atividades dentro da plataforma.	Suporte, atendimento, <i>help desk</i> .
Desenvolvedor	É o profissional de TI responsável pelo desenvolvimento, manutenção e evolução da plataforma, além da criação de <i>plugins</i> e ferramentas de apoio.	Programador, <i>web designer</i> , administrador de banco de dados.
Conteudista	Desenvolve conteúdo educacional, em forma de vídeo, áudio, texto, OAs, jogos ou qualquer outra forma de mídia que possa ser utilizado em um contexto de e-Learning.	Designer gráfico, pedagogo, comunicador, Conteudista.

Tabela 2 - Indivíduos em um Ecossistema de e-Learning.

4.2.1.2 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.

Ecossistemas podem suportar diferentes níveis de abertura para o estabelecimento de comunidades, mas a existência de espaços como repositórios livres para o compartilhamento

de conteúdo educacional, código fonte de ferramentas de softwares livres, fóruns para discussão e relatos de experiências podem facilitar a criação de comunidades e enriquecer o ecossistema de forma mais ampla que uma única organização ou indivíduos independentemente poderiam.

4.2.1.3 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 possam desenvolver, compartilhar e reutilizar serviços educacionais e se beneficiar de uma rede de fornecimento de soluções e possibilidade de inovação.

A organização responsável pelo ambiente de e-Learning é a Mantenedora da Plataforma, que a mantém e provê todo apoio técnico e pedagógico para que o ambiente se sustente, também é a organização que tem a demanda educacional, seja acadêmica, para treinamento interno ou como uma consultoria para terceiros. O desenvolvimento, manutenção e evolução da plataforma pode ser feito externamente ou pela própria Mantenedora da Plataforma, esse papel é da organização Desenvolvedora da Plataforma. As soluções de software e o desenvolvimento e a manutenção de ferramentas tradicionais embarcadas na plataforma na forma de plug-ins e extensões são feitos pelo Fornecedor de Software, ao mesmo tempo que a produção de conteúdo educacional nas formas de OA, multimídia e demais tipos de conteúdo é feita pelo Fornecedor de Conteúdo. Fornecedores de Serviços Educacionais, são os responsáveis pelo desenvolvimento e disponibilização de serviços educacionais e, finalmente, a Consultoria é a organização responsável pelo apoio nas decisões e estratégias a serem utilizadas no ambiente de e-Learning e no ecossistema (Tabela 3).

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

Tabela 3 - Organizações em um Ecossistema de e-Learning.

4.2.2 Fatores Abióticos

Os fatores abióticos são compostos por todos os recursos de software utilizados pelos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem no ecossistema, e abrangem desde ferramentas, instaladas nos computadores dos atores, a serviços disponíveis na nuvem e integrados à plataforma. Apesar da diversidade de ferramentas utilizadas nesse contexto, nesta seção serão agrupados de acordo com seu papel no ecossistema (Tabela 4).

Entre os fatores abióticos, a plataforma é única dentro do ecossistema, 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 pela orquestração dos serviços externos, definindo permissões, recursos disponíveis e grau de integração dos mesmos no ecossistema.

OAs e multimídia são componentes comumente presentes nos ambientes de e-Learning como recursos educacionais, frequentemente disponibilizados através do AVA. Sob a perspectiva de ECOS, são importantes por poderem ser desenvolvidos por diferentes organizações e ao seguir padrões, recomendações técnicas e especificações, podendo ser compartilhados entre diferentes AVAs. As ferramentas e softwares compreendem quaisquer softwares que não desempenham uma função específica dentro do BROAD-ECOS, mas que suportam as atividades dentro do ecossistema, como navegadores web, editores de texto e planilhas eletrônicas.

Item		Descrição	Exemplos
Plataforma	AVA	É um sistema de gerenciamento de cursos, disciplinas ou atividades, que concentra as informações dos estudantes e demais atores do processo, e a partir de onde os conteúdos educacionais de diversos tipos são disponibilizados.	Blackboard, Desire2Learn, Moodle, youKnow
	Infraestrutura de integração	É a infraestrutura que permite que um AVA existente seja transformado em uma plataforma que suporte as bases do ECOS.	Infraestrutura BROAD-ECOS
OA		Coleção de materiais digitais (figuras, documentos, simulações, entre outras) que são acoplados com objetivos de aprendizagem claros e mensuráveis ou projetados para apoiar o processo de aprendizagem (Johnson, 2003), muitas vezes distribuídos através dos AVA em formatos padronizados.	SCORM, IMS CC, IEEE LOM, OBAA, BROAD
Multimídia		Conteúdo educacional na forma de vídeo, imagem, apresentações, hipertexto.	MP3, MPEG, FLV, JPEG, HTML
Software e Ferramentas		Programas de computador (editores de texto, planilhas eletrônicas, navegadores web), Ferramentas de Autoria, Serviços Web, Serviços Educacionais disponíveis na web e não integrados à ferramenta.	Microsoft Word, Microsoft Excel, YouTube, Mozilla Firefox
Serviços Educacionais		São soluções educacionais integradas à plataforma empacotadas na forma de serviços.	<i>Plug-ins/</i> extensões para integração de serviços. Serviços do BRPAD-ECOS.
Padrões / Especificações / APIs		Conjunto de normas, padrões, especificações e APIs que viabilizam a integração e interoperabilidade de diferentes ferramentas de diferentes fornecedores dentro dos ecossistemas.	BROAD-ECOS-API, SCORM, xAPI, IEEE-LOM

Tabela 4 - Fatores abióticos de um Ecossistema de e-Learning.

Os serviços dentro de um Ecossistema de e-Learning, segundo a abordagem BROAD-ECOS, são soluções educacionais que podem ser integradas à plataforma para adicionarem recursos ao ecossistema. Esses serviços podem ser desenvolvidos por diferentes organizações, possuírem 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, sendo mantidos por organizações ou comunidades.

4.3 INFRAESTRUTURA BROAD-ECOS

A infraestrutura proposta visa adicionar aos AVAs os recursos necessários para que estes sejam plataformas abertas com suporte à integração de serviços externos, em um contexto inter-organizacional, permitindo que constitua a plataforma a partir da qual o ECOS proposto se sustenta (Figura 25).

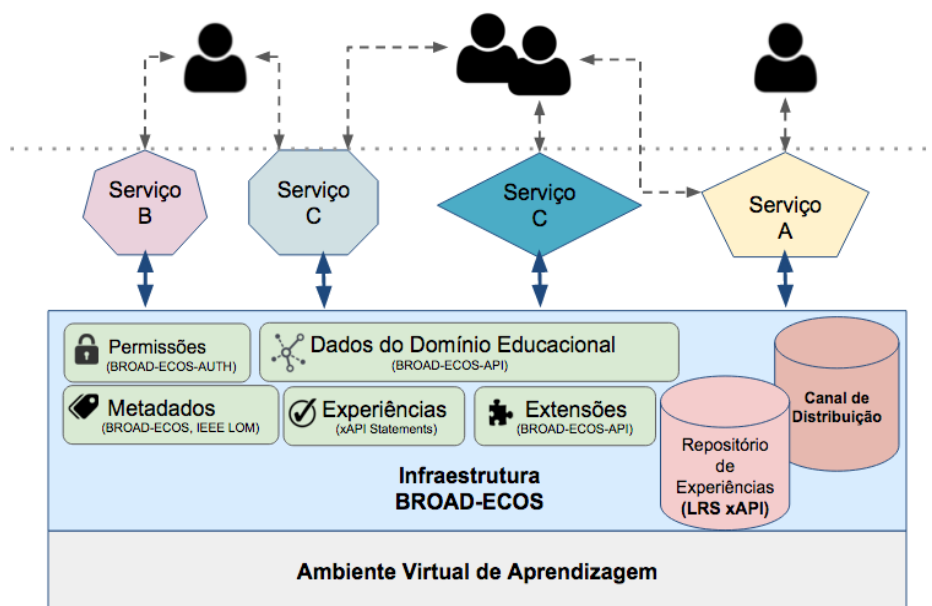


Figura 25 - Infraestrutura BROAD-ECOS.

Para atender a essa necessidade, foram definidas as características que devem ser adicionadas aos AVAs através da infraestrutura, que compõem requisitos funcionais e não funcionais que devem ser atendidas por sua arquitetura, e a importância das mesmas dentro do ecossistema. As características que compõem os requisitos funcionais da arquitetura são:

- **Integração de serviços externos:** a infraestrutura deve permitir que serviços sejam integrados à plataforma, essa integração não deve exigir que os serviços sejam conhecidos *a priori*, restringir a tecnologia ou plataforma utilizada pelo serviço ou possuir um alto nível de exigência para que serviços sejam

compatíveis. Com essas características é possível adicionar ao ecossistema serviços com diferentes funcionalidades e objetivos sem que seja necessário alterar a plataforma, facilitando a integração de serviços de outras organizações.

- **Estabelecimento de um modelo comum para o domínio educacional:** para que haja troca de informações entre os serviços e a plataforma é necessário que haja um domínio comum modelando as principais entidades do domínio de e-Learning, como participante (estudante, professor, apoio), curso, turma, grupos, notas, onde a plataforma é sempre a autoridade em relação às informações do domínio, que os serviços podem ler e, em alguns casos, gravar informações na plataforma. Dessa forma mesmo que o AVA e os serviços possuam abstrações diferentes para essas entidades, a comunicação pode ser feita a partir de uma abstração comum do domínio de e-Learning.
- **Controle de autorização:** o acesso à leitura e gravação de informações na plataforma e a necessidade de não se restringir a integração a serviços previamente conhecidos exigem que haja a segurança adequada no cenário proposto. A infraestrutura deve oferecer uma forma de autorização para acessos de serviços a recursos oferecidos na plataforma, de baixa granularidade. Essa característica permite que diferentes serviços possuam diferentes níveis de integração com a plataforma, de acordo com sua aplicação, objetivos e nível de confiança no fornecedor.
- **Uso de metadados educacionais:** o uso de metadados educacionais nos serviços do ecossistema é importante para que facilitadores e especialistas possam avaliar se determinado serviço é adequado de acordo com as necessidades e objetivos pedagógicos de determinado contexto. Essa característica é importante para facilitar a pesquisa e seleção de serviços educacionais adequados.
- **Registro e recuperação de experiências de aprendizagem:** durante a interação de um participante com um serviço educacional, muitas informações de progresso e aprendizado são relevantes, e a infraestrutura deve permitir que sejam gravadas e recuperadas em um formato simples e aberto, permitindo a interoperabilidade de diferentes serviços a partir das informações coletadas a respeito das experiências de aprendizado registradas. Essa característica é importante para a coleta e acompanhamento das experiências educacionais que não se resumam a notas de

avaliações e respostas de questionário.

- **Suporte à existência de um canal de distribuição:** O ecossistema deve suportar a existência de um canal de distribuição de serviços educacionais, para facilitar a pesquisa de serviços educacionais com base em seus metadados. Essa característica é importante para que haja um repositório onde os facilitadores e especialistas possam buscar serviços adequados às suas necessidades e objetivos.

Além das características desejadas que consistem em requisitos funcionais, existem características fundamentais definidas para a infraestrutura que consistem em requisitos não funcionais:

- **Extensibilidade:** diferentes ambientes de e-Learning podem possuir características específicas que não estão previstas na abordagem BROAD-ECOS, por isso a infraestrutura deve permitir que serviços e plataformas compartilhem extensões para atenderem a esses objetivos. Essas extensões devem permitir que novos recursos sejam oferecidos sem conflito com as funcionalidades existentes ou novos recursos que possam vir a ser incorporados em versões futuras e devem ser negociados entre plataforma e serviços como opcionais ou obrigatórios para que seja feita a integração. Essa característica permite que necessidades específicas sejam atendidas mantendo a compatibilidade com a abordagem BROAD-ECOS.
- **Poucas restrições na criação de serviços compatíveis:** os serviços devem possuir poucas restrições, seja em relação a aspectos tecnológicos, implementações de segurança ou comunicação, sendo igualmente importante a existência de bibliotecas e documentação para auxiliar no desenvolvimento dos mesmos. Essa característica é importante, já que a quantidade de serviços compatíveis é um elemento preponderante para o estabelecimento dos ecossistemas.

Nesta seção foi apresentada uma visão geral da infraestrutura BROAD-ECOS, que junto com o AVA forma a plataforma para o ecossistema proposto, bem como as características definidas para o mesmo, que compõem seus requisitos funcionais e não funcionais. Na próxima, seção será descrita a arquitetura desta infraestrutura, detalhando seus componentes.

4.4 ARQUITETURA CONCEITUAL

A arquitetura da infraestrutura proposta é orientada a Serviços Web, e independente de tecnologia e plataforma. Toda comunicação entre os componentes é feita através de serviços RESTful com dados em formato JSON, amplamente utilizado em diferentes domínios, incluindo ecossistemas (LEONG *et al.*, 2008) (MARINOS *et al.*, 2011), e suportado por bibliotecas, frameworks e ferramentas em todas as linguagens de programação e plataformas populares (Figura 26).

O conjunto de Serviços Web disponíveis para a comunicação entre os Serviços Educacionais e a plataforma formam a BROAD-ECOS-API, que define os recursos, a estrutura das requisições e as possíveis respostas. Uma das principais características da BROAD-ECOS-API é um modelo de permissões com fina granularidade, garantindo flexibilidade no nível de integração entre cada serviço e a plataforma. A segurança dos dados expostos pela BROAD-ECOS-API de acordo com as regras de permissões é dada pelo BROAD-ECOS-Auth, uma adaptação do protocolo OAuth 2.0 (OAUTH, 2015) para os requisitos de flexibilidade e abertura definidas para a infraestrutura

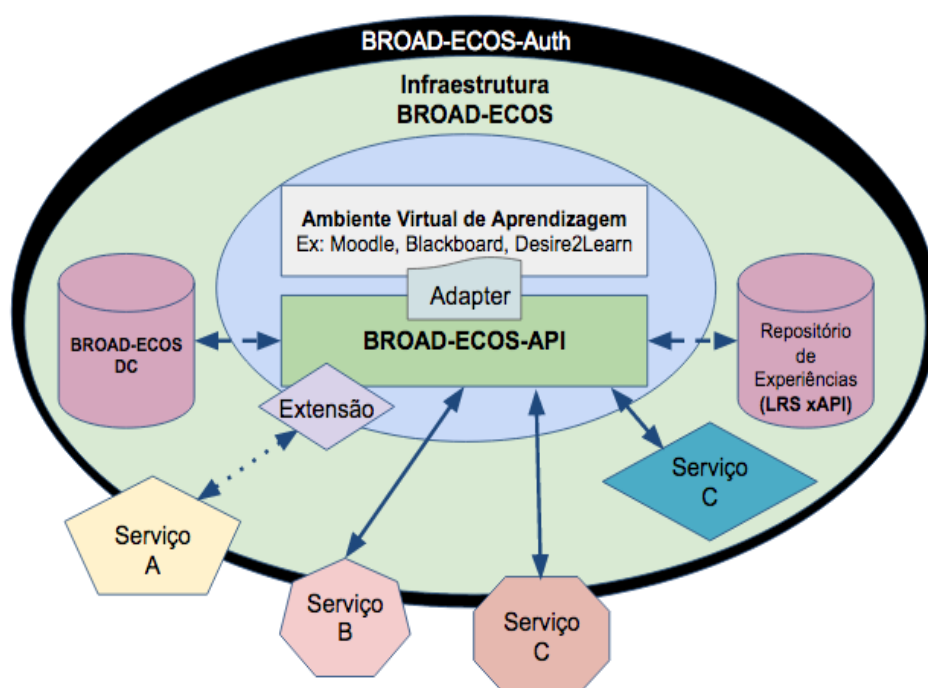


Figura 26 - Arquitetura Conceitual da Infraestrutura BROAD-ECOS.

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*). Dessa forma, a infraestrutura proposta é compatível com o núcleo da xAPI, adicionando um LRS à infraestrutura, onde experiências educacionais realizadas nos serviços educacionais integrados à plataforma podem ser armazenadas, recuperados e interoperados.

Uma parte da BROAD-ECOS-API ainda é responsável por permitir o registro e a recuperação de metadados de serviços educacionais em um outro componente da infraestrutura, 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 LOM³¹ enriquecido com características específicas do BROAD-ECOS, como as permissões exigidas e a versão da BROAD-ECOS-API suportada, por exemplo. O BROAD-ECOS-DC consulta periodicamente os serviços registrados para garantir que os metadados estejam atualizados e oferecer informações de disponibilidade dos mesmos.

A conexão entre a infraestrutura e o AVA é feita através do Adapter, que deve ser uma fina camada de software na forma de *plugin*, extensão ou alteração no próprio AVA. O Adapter é responsável por traduzir as chamadas à BROAD-ECOS-API, que são independentes do AVA, para as peculiaridades e características de cada um deles e, para isso, deve ser capaz de alinhar o modelo de dados utilizado pela API para o modelo de domínio utilizado internamente pelo AVA.

Para a criação de Serviços Educacionais compatíveis com a infraestrutura, 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 serviços podem ser desenvolvidos em qualquer linguagem e plataforma, e a implementação de um cliente para a API que possa ser incorporado aos serviços pode facilitar o desenvolvimento de serviços compatíveis. Já existe um cliente para facilitar a criação de serviços compatíveis para a linguagem de programação Java³², desenvolvidos no escopo do presente trabalho.

³¹<https://standards.ieee.org/findstds/standard/1484.12.1-2002.html>

³²<https://github.com/BROAD-ECOS/broad-ecos/tree/master/development/src/broadecos-api>

Nesta seção foi apresentada uma visão geral da arquitetura conceitual da proposta passando por cada um de seus componentes. Nas próximas seções cada um dos componentes apresentados será apresentado em detalhes.

4.4.1 BROAD-ECOS-API

A BROAD-ECOS-API é a especificação de um conjunto de recursos para comunicação entre os Serviços Educacionais e a plataforma, e consiste em uma API baseada em Serviços Web RESTful e dados distribuídos em formato JSON, tecnologias da web populares e amplamente suportadas por diferentes linguagens e plataformas.

Podemos dividir os recursos oferecidos pela plataforma em cinco grupos: (Grupo I) os recursos de acesso/atualização de dados do domínio educacional; (Grupo II) os recursos de consulta e envio de experiências de aprendizagem, compatíveis com a xAPI *Statement*; (Grupo III) os recursos de autenticação e autorização, de acordo com o protocolo BROAD-ECOS-Auth; (Grupo IV) os recursos para adicionar e recuperar serviços do canal de distribuição BROAD-ECOS-DC; (Grupo V) um pequeno conjunto de Serviços Web que os Serviços Educacionais devem suportar, para informar metadados e atender ao BROAD-ECOS-Auth, por exemplo; e (Grupo VI) serviços suportados a partir de extensões, que podem ser negociadas entre a plataforma e os serviços (Figura 27).

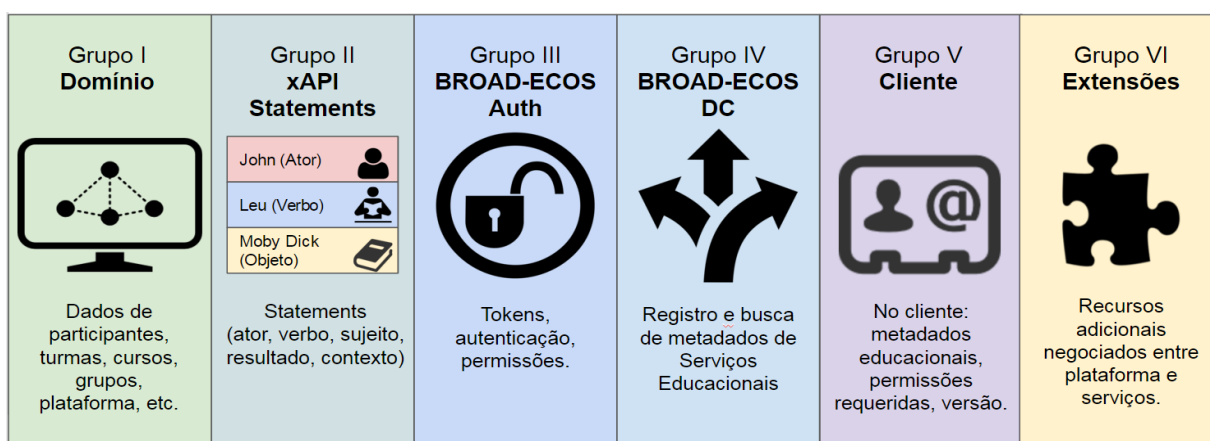


Figura 27 - Visão geral dos grupos de Serviços Web da BROAD-ECOS-API.

Em todos os cinco grupos, para acessar cada um dos recursos é necessário possuir as permissões adequadas, cada nível de permissão exigido por um Serviço Educacional é chamado de “escopo”. Os escopos permitidos para determinado serviço são definidos no momento que um serviço é integrado à plataforma, podendo ser alterados no futuro, e permite um detalhamento do nível de integração com fina granularidade para cada serviço. Um

aspecto importante é que os escopos podem ser obrigatórios ou opcionais, escopos opcionais ajudam a modelar o nível de integração de acordo com os objetivos do curso ou proposta pedagógica do professor em determinado contexto (Tabela 5).

Modelo	Escopo mais genérico		Escopo mais específico			
	Escopo por Entidade		Escopo por Relação		Apenas Leitura	Apenas Escrita
	Contexto	Escopo	Relação	Escopo		
Participante	Atual	participant.current	-	-	*.read	-
			Curso	participant.current.course	*.read	-
			Turma	participant.current.courseclass	*.read	-
	Todos	participant	-	-	*.read	-
			Curso	participant.course	*.read	-
			Turma	participant.courseclass	*.read	-
Curso	Atual	course.current	-	-	*.read	-
			Participantes	course.current.participant	*.read	-
			Turmas	course.current.courseclass	*.read	-
	Todos	course	-	-	*.read	-
			Participantes	course.participant	*.read	-
			Turmas	course.courseclass	*.read	-
Turma	Atual	courseclass.current	-	-	*.read	-
			Participantes	courseclass.current.participant	*.read	*.write
			Notas	courseclass.current.grade	*.read	*.write
			Papéis	courseclass.current.role	*.read	*.write
			Grupos	courseclass.current.group	*.read	*.write
			Eventos	courseclass.current.event	*.read	*.write
	Todos	courseclass	-	-	*.read	-
			Participantes	courseclass.participant	*.read	*.write
			Notas	courseclass.grade	*.read	*.write
			Papéis	courseclass.role	*.read	*.write
			Grupos	courseclass.group	*.read	*.write
			Eventos	courseclass.event	*.read	*.write
Experiências	Todos	experiences	-	-	*.read	*.write
Acesso sem o Usuário autenticado	Todos	offline	-	-	*.read	*.write
Canal de Distribuição	Atual	dc.ccurrent	-	-	*.read	*.write
	Todos	dc	-	-	*.read	-

Tabela 5 - Escopos por entidade e relacionamento.

No Grupo I, estão os recursos relacionados ao domínio de e-Learning (Tabela 6). Para a comunicação entre os Serviços Educacionais e o AVA, fez-se necessária a definição de um modelo de domínio educacional compartilhado, esse modelo inclui algumas das principais entidades do domínio de e-Learning: participantes dos cursos (alunos, treinandos, estudantes), cursos (programa, treinamento, produto), turmas, grupos (equipes, times), notas

(pontos, resultados), eventos (datas de atividades, prazos, calendário) e plataforma. Para formalização desse domínio foi definida uma ontologia, descrita utilizando a linguagem OWL, disponibilizada na web (Figura 28).

Domínio	Recurso	Descrição
Plataforma Informações básicas da plataforma e do contexto no qual um serviço está inserido. São recursos acessíveis para qualquer serviço adicionado à plataforma, mas bloqueados para serviços desconhecidos. Nenhuma informação sensível deve ser disponibilizada aqui.	/platform-info	Obtenção de dados da plataforma, como seu nome, endereço, organização responsável, versão da API suportada.
	/current-course	Obtenção de dados do curso atual ao qual um serviço está vinculado. As informações obtidas através desse curso são apenas dados básicos como nome, código, carga horária.
	/profile-info	Obtenção de informações mínimas do participante que está acessando a ferramenta. Apenas o nome e sobrenome, idioma e avatar.
Participantes Informações dos participantes dos cursos e turmas, são informações detalhadas de seus perfis. A permissão para acessar informações de participantes permite que os dados de qualquer participante da plataforma sejam acessados.	/me	Dados do participante atual, inclui informações como e-mail, último acesso, preferências.
	/participants/{id}	Permite acessar informações de contato e cadastro de qualquer participante da plataforma.
	/participants/{id}/courses/{id}	Permite acessar informações dos cursos onde o participante possui matrícula. (Ver domínio Curso)
	/participants/{id}/courseclasses/{id}	Permite acessar as turmas onde o participante está matriculado. (Ver domínio turma)
Cursos Informações dos cursos oferecidos pela plataforma, detalhando informações suas características como título, código, descrição, carga horária. Podemos atribuir permissões apenas para o curso ao qual um determinado serviço foi vinculado ou para acesso a todos os cursos da plataforma.	/current-course	Obtém informações do curso atual ao qual o serviço está vinculado. [ver /courses/{id}]
	/current-course/participants/{id}	Obtém informações dos participantes do curso atual ao qual os estudantes estão vinculados. [ver /participants/{id}]
	/courses/{id}	Obtém as informações de cursos, dos dados básicos como nome, descrição, carga horária.
	/courses/{id}/participants/{id}	Obtém os estudantes matriculados em determinados cursos [ver /participants/{id}]
	/courses/{id}/courseclasses/{id}	Exibe as turmas do curso. [ver courseclasses/{id}]
Turmas Informações relacionadas à turma, como seus participantes, os grupos de alunos, os papéis (professor, instrutor, estudante), eventos, e notas. Podem ser atribuídas permissões apenas para a turma associada ou para todas as turmas da plataforma. Permissões adicionais são requeridas para cada uma das	/current-courseclass	Obtém informações da turma atual à qual o Obtém está vinculado. [Ver /course-class/{id}]
	/current-courseclass/participants/{id}	Obtém os participantes da turma atual. [Ver /courseclass/{id}/participants/{id}]
	/current-courseclass/grade/{id}	Obtenção/gravação de nota (atividades/avaliação) do participante atual na turma atual. [Ver /courseclas/{id}/participants/{id}/grades/{id}]

informação relacionada a turma (grupos, eventos, notas, papéis)	/current-courseclass/roles/{id}	Obtém os papéis da turma atual. [Ver /courseclass/{id}/roles/{id}]
	/current-courseclass/groups/{id}	Obtém os grupos da turma atual. [Ver /courseclass/{id}/groups/{id}]
	/current-courseclass/events/{id}	Obtém os eventos da turma atual. [Ver /courseclass/{id}/events/{id}]
	/current-courseclass/course	Obtém o curso da turma atual. [Ver /current-course]
	/courseclasses/{id}	Obtém as informações básicas de turmas, incluindo sua data de início e conclusão, se é online ou presencial, se possui prova, presença e demais característica.
	/courseclasses/{id}/participants/{id}	Obtém informações dos participantes de uma turma. [Ver /participants/{id}]
	/courseclasses/{id}/roles/{id}	Obtém informações dos papéis de uma turma, como o participante professor, monitores, tutores. Esse é um modelo aberto, não existe um conjunto específico de papéis nem restrições de quantidade.
	/courseclasses/{id}/groups/{id}	Obtém informações dos grupos de uma turma, que são listas de participantes que podem possuir um nome e uma duração específica.
	/courseclasses/{id}/events/{id}	Obtém uma lista de eventos de uma turma, como datas de provas, disponibilização de materiais e demais atividades.
	/courseclasses/{id}/participants/{id}/grades/{id}	Leitura/Gravação de notas (avaliações/atividades).
	/courseclasses/{id}/course	Obtém o curso de uma turma. [Ver /courses/{id}]

Tabela 6 - Recursos do Grupo I da BROAD-ECOS-API.

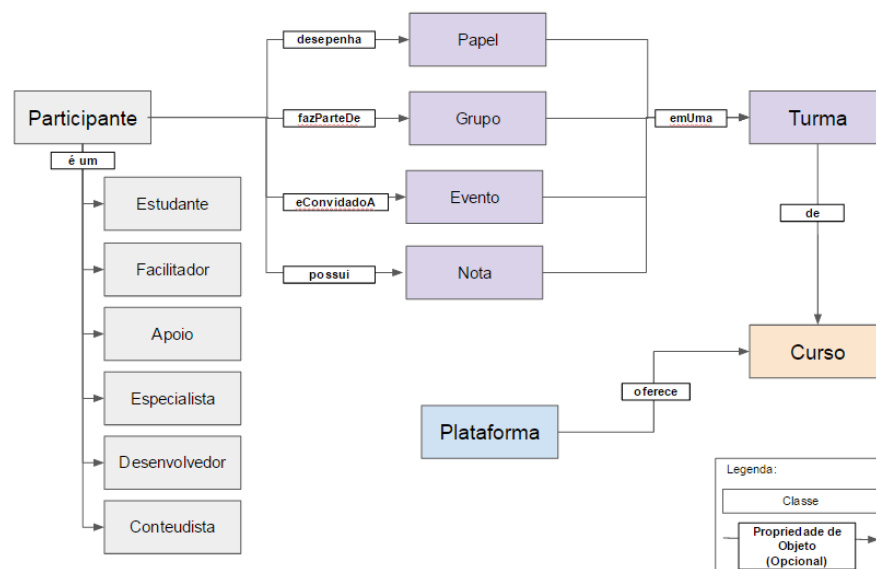


Figura 28 - Classes e propriedades de objetos da ontologia de domínio.

No Grupo II, estão os recursos definidos pela xAPI *Statements*, que é o núcleo da xAPI, e suporta afirmações na forma “João (Sujeito) leu (Verbo) Moby Dick (Objeto)”, onde cada um dos elementos pode ser unicamente identificado através de URIs, por exemplo. Essas afirmações podem suportar ainda outros elementos, como resultado (alguma medida de efeito da ação realizada), contexto (características que auxiliam na construção de significado, como altitude, temperatura, idioma) e momento (data e hora em que o evento ocorreu). Um dos elementos da xAPI é a autoridade (responsável pela afirmação), que na BROAD-ECOS-API é sempre verificada para garantir que o Serviço Educacional que gerou a experiência é a autoridade sobre a informação. Os serviços suportados permitem a gravação de afirmações e sua recuperação a partir de filtros como o momento, ator, verbo, objeto.

Nos Grupos III e IV, estão os recursos relacionados ao protocolo de segurança BROAD-ECOS-Auth e ao canal de distribuição BROAD-ECOS-DC, respectivamente. Esses componentes serão descritos nas seções seguintes.

No Grupo V, estão os Serviços Web do lado dos Serviços Educacionais, e é composta de apenas três recursos: um para disponibilizar seus metadados e outro para receber o código gerado em uma das etapas de autenticação do BROAD-ECOS-Auth, detalhado na próxima seção.

No Grupo VI, está o suporte a extensões da API. Embora entre os objetivos dos recursos definidos na API seja sua generalidade e flexibilidade, pode haver situações específicas que não são suportadas, por exemplo, controle de termos de confidencialidade, suporte a pagamento por conteúdo educacional, limitação do número de acessos simultâneos, ou qualquer outro requisito que atenda a uma necessidade específica da comunicação entre o serviço e a plataforma. Para atender a essas necessidades, a BROAD-ECOS-API possui um suporte a extensões, onde uma plataforma pode oferecer suporte a recursos adicionais e os serviços podem se declarar compatíveis com as mesmas. O suporte a extensões é descrito nas seções seguintes.

4.4.2 BROAD-ECOS-AUTH

Em uma plataforma aberta para a integração de serviços externos a segurança é um fator de extrema importância. Para a definição de qual seria o protocolo de autorização para a segurança do BROAD-ECOS, foram analisados ecossistemas com características similares, como o Facebook e os serviços do Google, que possuem informações de usuários que

aplicações externas podem acessar e alterar de acordo com um conjunto de permissões dadas para aquele serviço por determinado usuário (Figura 29). Tanto o Google quanto o Facebook, além de inúmeras outras plataformas, utilizam o protocolo OAuth 2, que permite a autorização de acesso entre aplicações desktop, móveis, web e servidores (OAUTH, 2015).

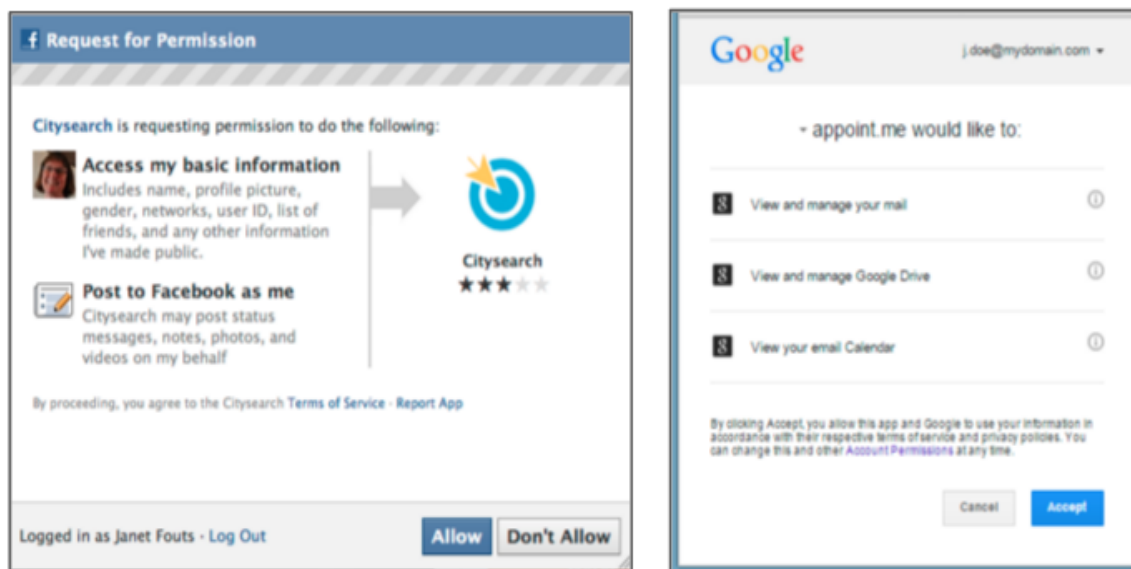


Figura 29 - Tela de autorização para um serviço externo receber permissões para acessar recursos da plataforma no Facebook (Esquerda) e no Google (Direita).

O OAuth 2 possui quatro papéis, o cliente (serviço), o dono do recurso (usuário), o servidor de autorização (serviço da plataforma) e servidor de recursos (recurso que se deseja acessar), e quatro fluxos de autenticação possíveis baseados em um mesmo fluxo abstrato, por código de autorização (utilizado por aplicações no lado do servidor), implícita (utilizado em aplicações móveis e web), por senha do dono do recurso (utilizado apenas por aplicações confiáveis) e por credenciais do cliente (o cliente possui usuário e senha para acessar o serviço)(RFC-6749, 2012). Uma vez identificado e autorizado, o cliente recebe um token, que consiste em uma chave gerada randomicamente.

Para um servidor autorizar um determinado cliente a acessar um recurso, o protocolo OAuth 2 exige que o cliente e o servidor conheçam um segredo e identificador (RFC-6749, 2012), o que é possível quando é necessário conhecer os clientes previamente. Porém, o BROAD-ECOS é descentralizado e pode possuir diversas plataformas, não sendo pressuposto que os serviços se cadastrem e recebam uma identificação e um segredo antes de serem adicionados à plataforma, esse processo deve ser automático. Adicionalmente, um mesmo

serviço pode possuir diferentes permissões para turmas diferentes de uma mesma plataforma, de acordo com seus objetivos educacionais e contexto.

Para atender a essas particularidades do BROAD-ECOS, o BROAD-ECOS-Auth foi definido, baseado no OAuth 2, porém divergindo nos seguintes pontos:

1. Não há conhecimento prévio entre a plataforma e o serviço.
 - Isso é possível pois o identificador de um serviço é sua URI. Quando um serviço é adicionado à plataforma, o mesmo é consultado e a autenticação é feita em dois passos sob o protocolo HTTPS, para prevenir que outro serviço se passe pelo proprietário da URI.
2. Uma autorização está associada a um serviço em uma plataforma, sob um contexto.
 - Toda solicitação de autorização é baseada tanto no serviço quanto na plataforma, já que uma plataforma pode estar integrada a múltiplos serviços e os serviços podem estar conectados a múltiplas plataformas. O *token* é randômico e não depende de nenhuma informação para ser gerado, e uma vez feita a verificação das identidades e a autorização, essas informações nunca são trafegadas.
3. Um serviço pode possuir *token* com diferentes escopos para a mesma plataforma.
 - Isso porque cada turma pode possuir um nível de permissão diferente para um mesmo serviço. Sendo assim cada *token* tem um contexto com um conjunto de escopos associados. Nenhuma informação de contexto associada ao *token* é trafegada.
4. Apenas um tipo de autorização é suportado.
 - Diferentemente do protocolo OAuth em que existem quatro formas de autorização, no BROAD-ECOS-Auth apenas um tipo de autorização, baseada na autorização por código do OAuth 2, é suportada.

O fluxo de autorização suportado pelo BROAD-ECOS-Auth possui papéis análogos aos do OAuth 2: o cliente é o serviço a ser integrado à plataforma e ter acesso a seus recursos; o dono do recurso é o administrador da plataforma ou o professor que adicionou determinado serviço a um curso, ele é quem define as permissões (escopos) às quais um serviço tem acesso; os servidores de autorização e recursos são parte da plataforma, e os recursos são parte da BROAD-ECOS-API.

Esse fluxo é iniciado de duas formas, quando o serviço é acessado por um participante da plataforma a partir da mesma ou quando um participante acessa o serviço diretamente. Quando um serviço é acessado a partir da plataforma, o fluxo de autorização nos seguintes passos, todos sob o protocolo HTTPS (Figura 30):

1. O usuário acessa um serviço externo a partir da plataforma.
2. A plataforma envia uma solicitação informando a própria URI, os escopos (permissões concedidas), a versão da API e um código de autorização randômico. Esse código por si só não concede nenhuma permissão ou autorização ao serviço.
3. Caso reconheça a plataforma, o serviço recebe o código e reenvia para a plataforma, solicitando um *token*, que é a chave que permite acesso aos recursos providos pela plataforma.
4. A plataforma recebe de volta o código, o que significa que o serviço está realmente respondendo na URI esperada, um *token* é gerado para autorizar o serviço a acessar a um conjunto de recursos, conforme os escopos recebidos.
5. A plataforma redireciona o usuário para o serviço externo, em uma nova janela ou dentro de um *iframe*.
6. O usuário interage com as funcionalidades do serviço.
7. O serviço pode então utilizar o token para fazer solicitações de recursos na plataforma adicionando-o no cabeçalho das requisições (HTTP_BROAD_ECOS_TOKEN), juntamente com a versão da API suportada (HTTP_BROAD_ECOS_API_VERSION).
8. A plataforma responde às solicitações do serviço, desde que os recursos solicitados estejam dentro dos escopos concedidos.
9. O serviço pode responder à interação do usuário.

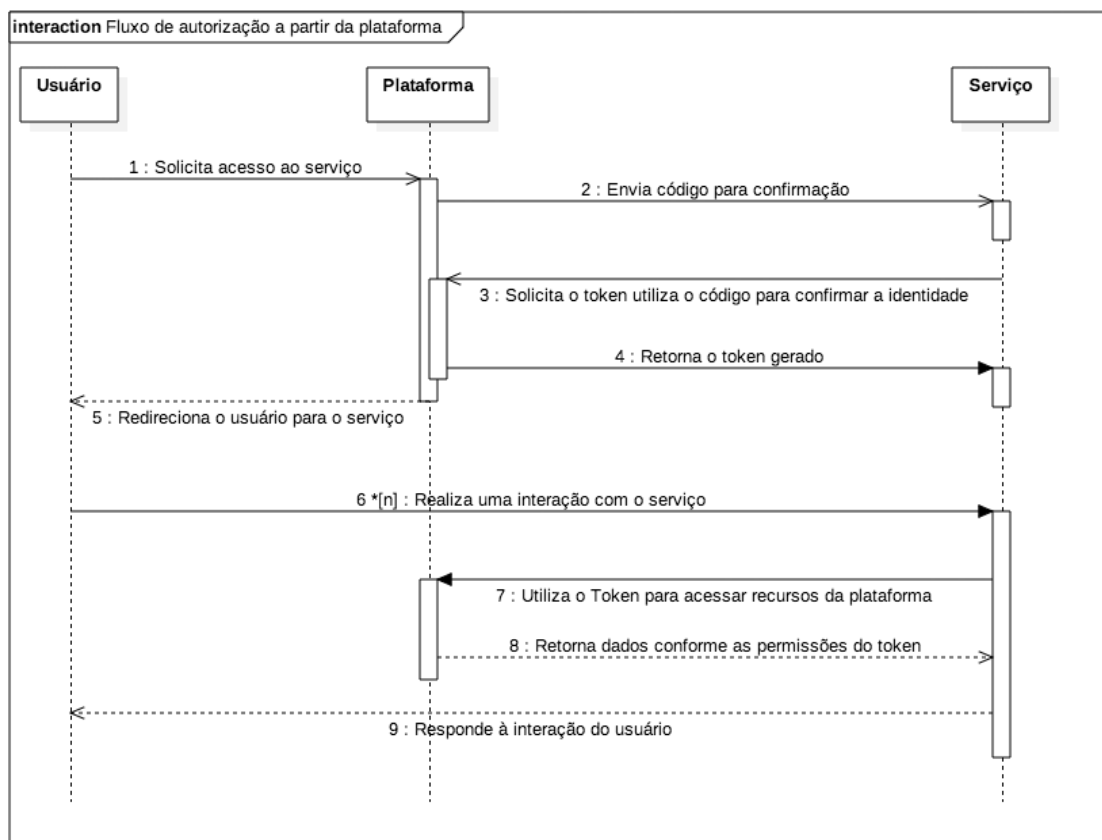


Figura 30 - Diagrama de Sequência com o fluxo de autorização iniciado a partir da plataforma.

Quando um serviço é acessado diretamente pelo usuário, ele pode solicitar autorização da plataforma para acessar os recursos necessários (Figura 31):

1. O usuário solicita o acesso a um serviço, caso o serviço suporte diferentes plataformas a URI da plataforma deve ser informada.
2. O serviço solicita a autorização à plataforma.
3. A plataforma exibe para o usuário uma tela para autenticação, as credenciais são informadas diretamente à plataforma.
4. A plataforma envia uma solicitação para o serviço, com um código de autorização randômico, e o fluxo continua exatamente como no caso anterior. Antes de enviar a solicitação ao serviço, caso o usuário esteja matriculado em mais de uma turma que possua o mesmo serviço, será necessário selecionar a turma pela qual o acesso deve ser realizado, já que os escopos podem ser diferentes.

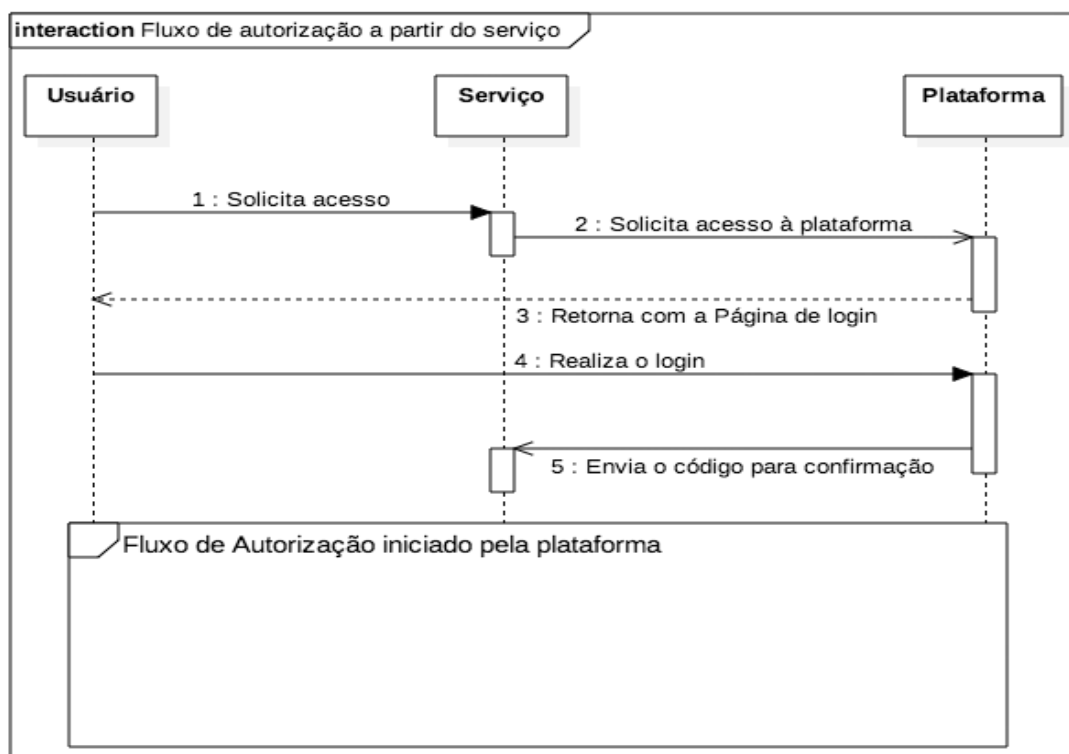


Figura 31 - Diagrama de Sequência com o fluxo de autorização iniciado a partir do serviço.

Esse protocolo permite que múltiplos serviços atendam a múltiplas plataformas, e visa permitir que não seja necessário nenhum procedimento técnico para gerenciamento de chaves ou cadastramento de serviços, viabilizando que professores e especialistas possam integrar por si mesmos novos serviços às suas turmas.

O protocolo criado visa apenas atender às necessidades do BROAD-ECOS, estendendo o OAuth 2. Não está no escopo desse trabalho a definição de um protocolo genérico para utilização em outros contextos, e sim a análise da viabilidade de um protocolo específico para atender à proposta e a discussão sobre como garantir a segurança na infraestrutura proposta.

4.4.3 BROAD-ECOS-DC

Para facilitar a pesquisa por recursos que possam ser adicionados à plataforma, uma das características de ECOS é a existência de um canal de distribuição de software, como a Google Play!³³ a App Store, o Ubuntu Software Centre, a Web Store do Chrome³⁴ que permitem que aplicações de terceiros sejam inseridos na plataforma, de forma livre e gratuita

³³<https://play.google.com/store>

³⁴<https://chrome.google.com/webstore>

ou paga (Figura 32).



Figura 32 - Lojas de Aplicativos Google Play!, App Store, Ubuntu Software Centre e Web Store do Chrome.

No entanto, a necessidade de se conseguir encontrar os serviços adequados conforme os objetivos dos seus utilizadores, é importante em outros cenários onde recursos são fornecidos por terceiros e disponibilizados na web, abrindo um campo para pesquisas para armazenamento e recuperação de OA, e formas de registro e busca de Web Services (CHATTI, 2009) (NERY *et al.*, 2012) (FRAGOSO *et al.*, 2013), cenários do domínio de e-Learning com características similares ao BROAD-ECOS.

Para permitir que serviços sejam registrados e recuperados, o BROAD-ECOS inclui um canal de distribuição, o BROAD-ECOS-DC (BROAD-ECOS *Distribution Channel*), que consiste em um conjunto de recursos que permite a criação de repositório para armazenamento de metadados de serviços, que incluem tanto informações relativas ao próprio BROAD-ECOS, como a versão da BROAD-ECOS-API suportada e os escopos requeridos, juntamente com metadados IEEE LOM referentes ao seu conteúdo.

Para a inserção de serviços, além da inserção direta pelos administradores da plataforma, o BROAD-ECOS-DC pode ou não aceitar que os serviços se registrem, e o aceite do registro pode ser automático ou manual, dependendo do grau de abertura da plataforma

para a inclusão de serviços externos. O BROAD-ECOS-DC suporta a busca pelas informações contidas nos metadados e parâmetros como paginação e ordenação dos resultados, de forma que interfaces similares as das lojas de recursos de outras plataformas apresentam e apenas um clique pode adicionar registrar um serviço em uma turma (Tabela 7).

BROAD-ECOS-DC	Recurso	Descrição
Metadados sobre serviços conhecidos pela ferramenta, permitem que eles se registrem, sejam registrados e atualizados. Também deve ser possível buscar e obter serviços a partir de seus metadados.	/dc/register/{URI}	Permite que serviços sejam registrados (POST), atualizados (PUT) ou obtidos (GET).
	/dc/catalog?<filter>=<value>	Permite a consulta por metadados do BROAD-ECOS como escopo, por metadados IEEE LOM (ex: lom.description) e suporta os parâmetros adicionais de criação (registeredBefore, registeredAfter), última atualização (updatedAt e updatedBefore) e paginação (pageNumber, pageSize).
	/dc/stats/{URI}	Obtém informações do serviço na plataforma: total de integrações a cursos, última integração, total de acessos de participantes, e a frequência que cada escopo opcional é autorizados.

Tabela 7 - Recursos oferecidos pelo BROAD-ECOS-DC.

Não faz parte do escopo do presente trabalho a construção de uma aplicação ou serviço similar às lojas de outras plataformas, apenas suportar o registro e recuperação de serviços para que estes sejam construídos e se mantenham compatíveis com a BROAD-ECOS-API, como parte do ecossistema. Não definir uma loja oficial mas suportar os serviços necessários, abre espaço para que as organizações criem suas próprias lojas ou incorporem lojas de terceiros de forma compatível com a infraestrutura BROAD-ECOS.

4.4.4 Adapter

Para que a infraestrutura proposta não exija alterações profundas nos AVAS, a ligação entre os serviços e a plataforma deve ter o menor acoplamento possível. Para atender a esse requisito foi utilizado o padrão de projeto estrutural *Adapter*, definido por Gamma *et al.* (1995), utilizado para adaptar uma interface de um componente a interface de outro, de modo que componentes antes incompatíveis possam interagir.

No 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 consistir em uma fina camada, permitindo o reúso de tudo o que for comum entre AVAS diferentes. O tipo de Adapter utilizado pode variar de acordo com o AVA, na forma de *plugin*, extensão,

serviço externo ou até mesmo uma modificação no próprio AVA, podendo, portanto, ter diferentes complexidades de acordo com o AVA.

4.4.5 Metadados

No BROAD-ECOS, são definidos metadados específicos para infraestrutura que se constituem de um pequeno grupo de informações necessárias para a integração dos serviços com a plataforma, ao mesmo tempo em que são utilizados metadados no padrão IEEE LOM em relação ao conteúdo oferecido pelos serviços. O uso de metadados IEEE LOM é um padrão conhecido e adotado no domínio de e-Learning.

Os metadados do BROAD-ECOS podem ser divididos em duas partes, aqueles relacionados ao serviço e os relacionados à plataforma (Figura 33). Os metadados relacionados ao serviço, e que devem ser disponibilizados pelos mesmos, são:

- **id** (Obrigatório), um identificador literal do serviço apenas para simplificação da leitura, não deve haver nenhuma dependência de unicidade do mesmo.
- **version** (Obrigatório), a versão da BROAD-ECOS-API suportada pelo serviço.
- **entryPoint** (Obrigatório), a URI para qual a plataforma deve redirecionar os usuários para acesso ao serviço. DEVE estar no mesmo domínio que a URI onde os metadados estão disponíveis.
- **authURI** (Obrigatório), a URI que deve ser utilizada para recebimento do código para solicitação do *token*. DEVE estar no mesmo domínio que a URI onde os metadados estão disponíveis.
- **icon** (Opcional), ícone do serviço para exibição na plataforma e no BROAD-ECOS-DC. DEVE estar em formato PNG. Podem ser informados um ou dois ícones, de tamanhos diferentes.
 - **Small**, ícone pequeno que deve ter 64 pixels de altura e largura.
 - **big**, ícone grande que deve tamanho superior a 128 pixels e inferior a 512 pixels de altura e largura.
- **scopes** (Opcional), lista de escopos aos quais o serviço deseja ter acesso. Entre os escopos pode haver escopos obrigatórios, sem os quais o serviço não pode ser integrado, e outros escopos opcionais para *features* não obrigatórias. Caso não sejam fornecidos, apenas os recursos públicos poderão ser acessados.
- **maintainer** (Opcional), endereço de e-mail para contato com os mantenedores do

serviço.

- **moreInfo** (Opcional), URI onde mais informações do serviço podem ser obtidas.
- **extensions** (Opcional), extensões suportadas pelo serviço, que podem ser obrigatórias, sem as quais o serviço não pode ser integrado, e outras extensões opcionais para *features* não obrigatórias.
- **lom** (Obrigatório), onde podem ser informados todos os metadados suportados pelo padrão IEEE LOM, cada serviço de acordo com suas características podem apresentar conjuntos de metadados diferentes, dessa forma nenhum subconjunto específico do IEEE LOM é obrigatório para todos os serviços.

Os metadados relacionados à plataforma, e que devem ser disponibilizadas pela mesma, são:

- **id** (Obrigatório), um identificador literal da plataforma apenas para simplificação da leitura, não deve haver nenhuma dependência de unicidade do mesmo.
- **version** (Obrigatório), a versão da BROAD-ECOS-API suportada pela plataforma.
- **name** (Obrigatório), o nome da plataforma.
- **description** (Opcional), a descrição da plataforma, que deve ser um mapa por idioma, de modo que o serviço possa exibir a descrição no idioma preferencial.
- **organization** (Obrigatório), a identificação o nome e a URI da organização responsável pela plataforma.
- **uri** (Obrigatório), a URI da plataforma, a base para as chamadas aos recursos da plataforma. DEVE estar no mesmo domínio onde estão os metadados.
- **icon**(Opcional), ícone da plataforma para exibição no serviço. DEVE estar em formato PNG. Podem ser informados um ou dois ícones, de tamanhos diferentes.
- **small**, ícone pequeno que deve ter 64 pixels de altura e largura.
- **big**, ícone grande que deve tamanho superior a 128 pixels e inferior a 512 pixels de altura e largura.
- **maintainer** (Opcional), endereço de e-mail para contato com os mantenedores da plataforma.
- **moreInfo** (Opcional), URI onde mais informações do serviço podem ser obtidas.
- **extensions** (Opcional), extensões suportadas pela plataforma, que podem ser obrigatórias para todos os serviços integrados ou opcionais. A plataforma deve

informar ainda um *namespace* onde os recursos de cada extensão podem ser encontrados.

- **staticContent** (Opcional), caso os arquivos estáticos estejam em uma URI diferente do que a da plataforma em si, como ocorrem em ambientes de computação em nuvem, a plataforma deve informar onde esses arquivos são encontrados. Essa URI não precisa estar no mesmo domínio que a plataforma.

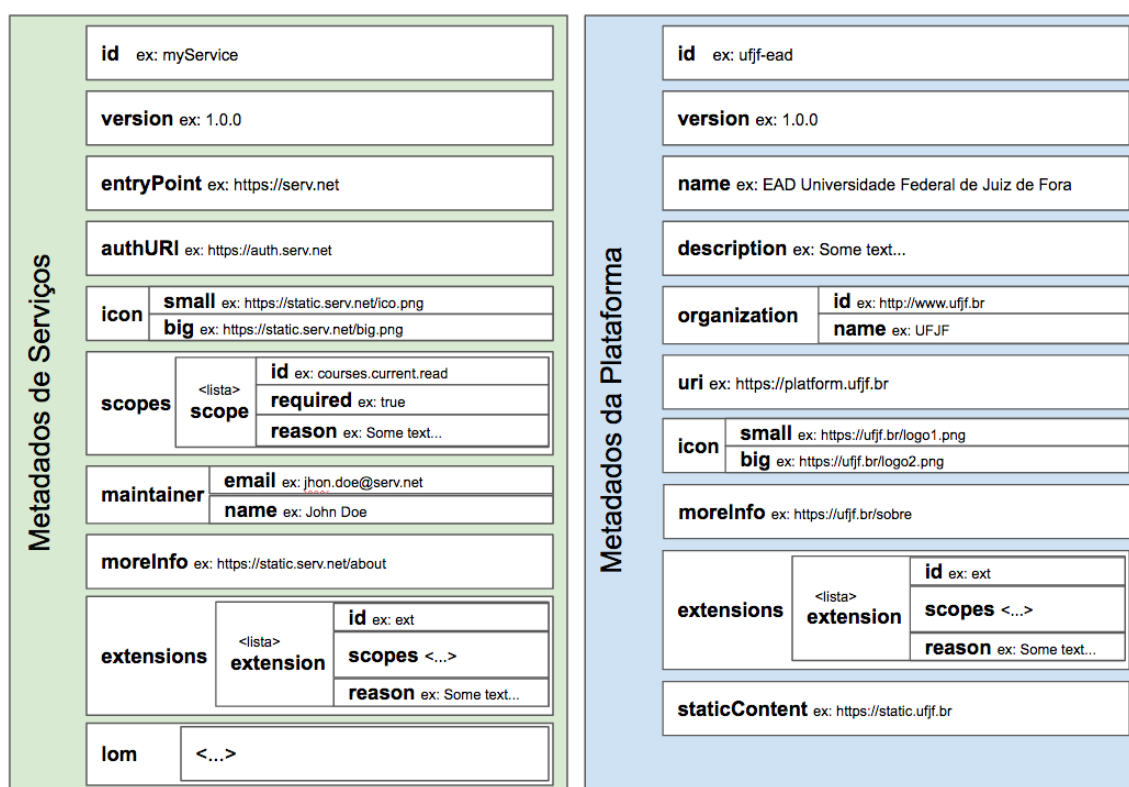


Figura 33- Metadados de serviços e plataformas no BROAD-ECOS.

4.4.6 Extensões

Uma das características importantes para um ECOS é o suporte a variabilidade, permitindo que terceiros possam realizar adaptações na plataforma para atender a necessidades específicas (BERGER *et al.*, 2014) (LETTNER *et al.*, 2014). Apesar da abordagem BROAD-ECOS buscar a flexibilidade, a integração entre serviços e plataformas pode possuir necessidades específicas não atendidas. Dessa forma, o suporte a extensões permite que sejam adicionadas ao BROAD-ECOS recursos fora de seu escopo inicial.

No BROAD-ECOS, uma extensão é identificada por um URI, para evitar conflito de nomes, e deve possuir uma versão. Serviço e Plataforma devem informar as extensões e

versões com as quais são compatíveis. Tanto o serviço quanto a plataforma podem possuir extensões obrigatórias, que se tornam requisitos para a integração.

O BROAD-ECOS possui um modelo de extensão baseado em *namespaces*, e cabe a plataforma informar o *namespace* utilizado por ela para cada extensão suportada, esse *namespace* deve ser a base da URI onde os recursos da extensão estão disponíveis, resolvendo dessa forma conflitos com os recursos da própria plataforma em versão futuras e prevenindo conflito com recursos fornecidos por outras organizações que terão *namespaces* diferentes em cada plataforma (Figura 34).

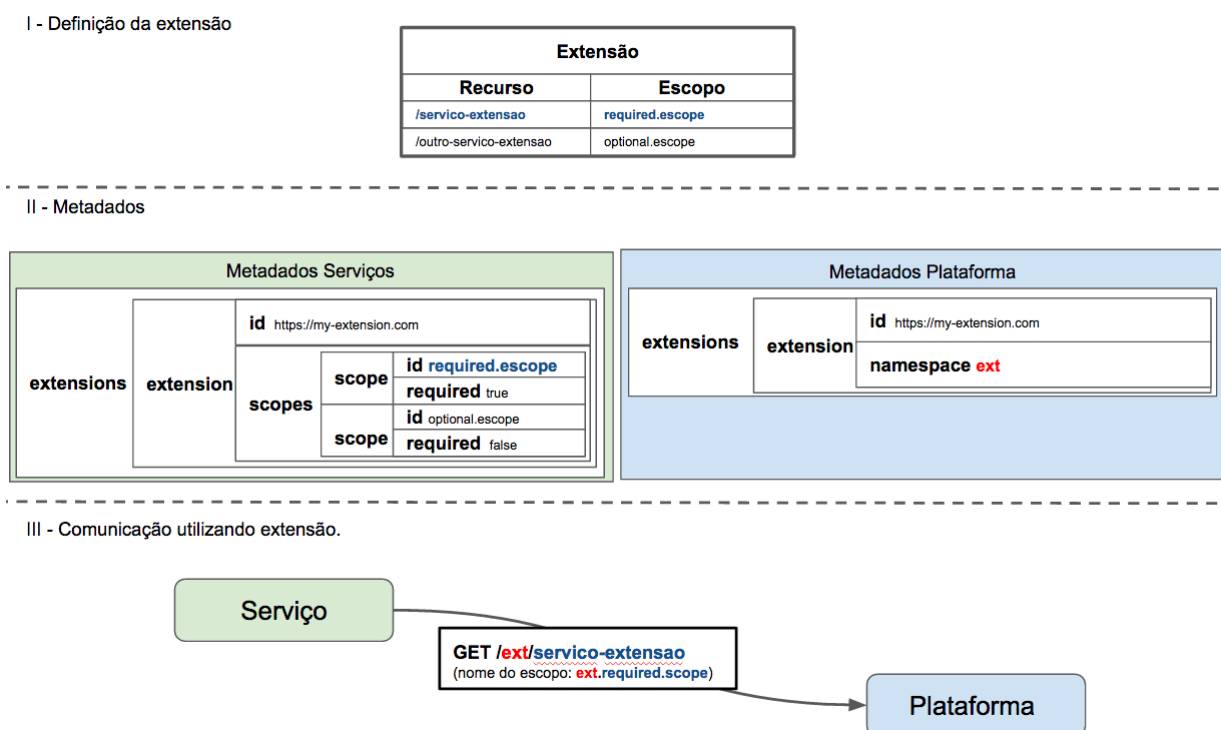


Figura 34 - Exemplo de extensão e metadados necessários para comunicação.

Apesar das URIs identificarem unicamente uma extensão, e precisarem ser endereços válidos, não é necessário que exista nenhum tipo de descrição formal das características da extensão nesse endereço, embora seja recomendado que haja informações de utilização e acesso a documentação necessária a partir do mesmo.

O suporte a extensões apresentado, apesar de possuir regras simples, apresenta poucas restrições e permite que novos contratos sejam estabelecidos entre plataforma e serviço de forma flexível. Essas extensões podem ser novos recursos como o suporte a compra de conteúdo, auditoria de chamadas aos recursos, restrições ao número de acessos aos recursos oferecidos. ECOS que possuem suporte a variabilidade podem vir a incorporar na

plataforma recursos desenvolvidos por terceiros e amplamente adotados pela comunidade, dessa forma o suporte a variabilidade é uma forma de evolução da própria plataforma.

4.4.7 Recursos para Desenvolvedores Externos

ECOS muitas vezes se baseiam na existência de ferramentas, frameworks e padrões para o gerenciamento do desenvolvimento e evolução dos serviços integrados à plataforma (LETTNER *et al.* 2014). A existência de recursos para desenvolvedores facilita o desenvolvimento de serviços por terceiros, o compartilhamento de conhecimento e reúso de código no ecossistema e, embora a organização responsável pela plataforma possa disponibilizar material técnico e ferramentas para facilitar o desenvolvimento, é importante o envolvimento da comunidade na criação de novas soluções, descoberta de problemas, publicação de material adicional em blogs e fóruns, e disponibilização de exemplos.

No BROAD-ECOS alguns mecanismos foram criados para oferecer recursos para fornecedores externos desenvolverem recursos compatíveis com a plataforma. O primeiro é a disponibilização de todo código do projeto³⁵ no Git Hub³⁶, um repositório de projetos aberto com mais de 11 milhões de desenvolvedores cadastrados e mais de 30 milhões de projetos utilizando um fluxo de trabalho colaborativo compartilhado por projetos como Linux³⁷ e Eclipse³⁸. No projeto do BROAD-ECOS vários repositórios foram criados, organizando os recursos disponibilizados:

- **broad-ecos-specs**³⁹; onde é disponibilizada a especificação da plataforma, incluindo a documentação onde são definidos os recursos oferecidos e exemplos das solicitações e respostas esperadas.
- **broad-ecos-java-api**⁴⁰; onde é disponibilizada uma implementação de biblioteca cliente para acesso à plataforma desenvolvida na linguagem Java, abstraindo detalhes de implementação de segurança e comunicação com a plataforma.
- **broadecos-platform**; implementação da infraestrutura BROAD-ECOS em Java, onde Adapters podem ser utilizados para suporte aos AVAs existentes.

³⁵<https://github.com/BROAD-ECOS>

³⁶<https://github.com/>

³⁷<https://github.com/torvalds/linux>

³⁸<https://github.com/eclipse/eclipse>

³⁹<https://github.com/BROAD-ECOS/broad-ecos-specs>

⁴⁰<https://github.com/BROAD-ECOS/broad-ecos-java-api>

- **broad-ecos-moodle-platform⁴¹**; onde é disponibilizada uma implementação da infraestrutura BROAD-ECOS em PHP⁴² para o AVA Moodle, com um Adapter na forma de *plugin* do Moodle. Uma vez instalado no Moodle, habilita todos os recursos para que o mesmo seja uma plataforma compatível com o BROAD-ECOS.
- **broad-ecos-examples⁴³**; exemplos de serviços compatíveis com o BROAD-ECOS para facilitar o entendimento técnico necessário para construção de serviços compatíveis.
- **broad-ecos-maven-service-archetype⁴⁴**, arquétipo do Maven⁴⁵, que permite a geração de um arcabouço para desenvolvimento de serviços compatíveis com a BROAD-ECOS em linguagem Java sem necessidade de configurações adicionais.

Dessa forma são fornecidas bibliotecas, e recursos para auxiliar no desenvolvimento de soluções compatíveis com o BROAD-ECOS, tanto para plataformas (broad-ecos-specs, broadecos-platformmm, broad-ecos-moodle-platform) quanto para serviços (broad-ecos-specs, broad-ecos-java-api, broad-ecos-maven-service-archetype, broad-ecos-examples).

Adicionalmente, cada um dos repositórios permite que qualquer usuário do Git Hub clone o código, permitindo adaptações do mesmo que podem ser incorporados no repositório principal se os mantenedores do mesmo aceitarem a mudança proposta, de modo transparente. Uma wiki para documentação adicional está disponível para cada repositório, assim como um controle de bugs e solicitações de mudança que pode ser acompanhado publicamente.

Não é possível assegurar que esses recursos são suficientes para que desenvolvedores externos contribuam e estabeleçam uma comunidade para criação e compartilhamento de recursos compatíveis com a abordagem proposta, no entanto esses recursos e a existência de possibilidade de contribuição externa com a plataforma são bases importantes para que essa comunidade se estabeleça.

4.4.8 Desenvolvimento de serviços

A criação de serviços educacionais compatíveis é fundamental para o ecossistema,

⁴¹<https://github.com/BROAD-ECOS/broad-ecos-moodle-platform>

⁴²<http://www.php.net/>

⁴³<https://github.com/BROAD-ECOS/broad-ecos-examples>

⁴⁴<https://github.com/BROAD-ECOS/broad-ecos-maven-service-archetype>

⁴⁵<https://maven.apache.org/>

dessa forma exigir poucas exigências para a criação dos mesmos é um dos requisitos da infraestrutura proposta. Não existem restrições em relação à tecnologia ou plataforma, utilização de biblioteca ou recurso específico e nem mesmo necessidade de utilizar todos os recursos da plataforma.

Todo serviço deve, no entanto, possuir um endereço acessível publicamente a partir de serviços REST para informar seus metadados de acordo com o BROAD-ECOS. Nesses metadados, conforme discutido anteriormente, estão tanto as informações das permissões e extensões suportadas/exigidas pelo mesmo quanto metadados educacionais para auxílio de facilitadores e especialistas na seleção de serviços adequados. Além disso, para atender ao BROAD-ECOS-Auth, o serviço deve possuir um endereço acessível para receber o código para solicitação do *token* para autorização do acesso aos recursos da plataforma. Esses endereços devem estar no mesmo domínio que o serviço, e são informados a partir dos metadados do mesmo.

Uma vez atendidos os pontos acima, o serviço tem acesso aos recursos aos quais solicitou acesso, podendo utilizá-los quando desejar. Dessa forma apenas o mínimo de serviços necessários para atender as necessidades do serviço precisa ser suportado pelo mesmo, e serviços diferentes podem acessar conjuntos diferentes de recursos. A Figura 35 exibe o código fonte completo de um serviço em linguagem Java, que apenas lista o nome dos participantes de um curso, utilizando a implementação disponibilizada (*broad-ecos-java-api*) e um framework para desenvolvimento web (Spring Boot⁴⁶), com apenas 48 linhas.

Como a infraestrutura exige que o serviço possua algumas características, como disponibilizar os metadados por um Serviço Web, integrar serviços existentes exige que eles sejam alterados para atenderem a essas características, no entanto alterar um serviço externo nem sempre é possível, seja por questões legais ou por não possuir código fonte acessível. Uma alternativa para integrar esses serviços é o uso de *Adapters*, traduzindo chamadas ao serviço desejado para o BROAD-ECOS-API.

Por exemplo, um dos principais serviços utilizados para fins educacionais identificados anteriormente, o YouTube, possui uma API com diversos recursos como compartilhamento de vídeos, acesso aos vídeos da plataforma e transmissões ao vivo. Um *Adapter* pode incluir uma fina camada entre a plataforma e o YouTube e permitir que recursos como esses sejam disponibilizados na plataforma (Figura 36).

⁴⁶<http://projects.spring.io/spring-boot/>

```

1 package hello;
2
3 import org.springframework.boot.*;
4 import org.springframework.boot.autoconfigure.*;
5 import org.springframework.stereotype.*;
6 import org.springframework.web.bind.annotation.*;
7 import org.springframework.web.bind.annotation.*;
8 import br.ufjf.nenc.broadecos.api.*;
9 import br.ufjf.nenc.broadecos.api.model.*;
10
11 @Controller
12 @EnableAutoConfiguration
13 public class ExampleService {
14     final Metadata metadata = Metadata.builder()
15         .id("Example")
16         .name("Example Service")
17         .entryPoint("http://example:8090/")
18         .redirectURI("http://example:8090/code")
19         .scope(Scope.CURRENT_COURSE)
20         .build();
21
22     final BroadEcosApi broadService = BroadEcosApiProvider
23         .builder()
24         .metadata(metadata)
25         .build();
26
27     @RequestMapping("/metadata")
28     @ResponseBody
29     Metadata getMetadata() {
30         return metadata;
31     }
32
33     @RequestMapping(value = "/code")
34     public void getMetadata(@RequestParam("code") String code,
35         @RequestParam("platform") String platform,
36         @RequestParam("course_id") String course) {
37         BroadEcosApi.completeAuthRequest(platform, course, code);
38     }
39
40     @RequestMapping(value = "/")
41     public void showCourseParticipants() {
42         BroadEcosApi.getCurrentCourseParticipants().each( (participant)-> System.out.println(participant.getName()));
43     }
44
45     public static void main(String[] args) throws Exception {
46         SpringApplication.run(ExampleService.class, args);
47     }
48 }

```

Figura 35 - Código fonte completo de um serviço que lista o nome dos participantes de um curso.

A perspectiva de ecossistema visa criar um ambiente favorável para que novos serviços sejam criados e versões ou adaptadores de serviços existentes sejam criadas em um cenário inter-organizacional.

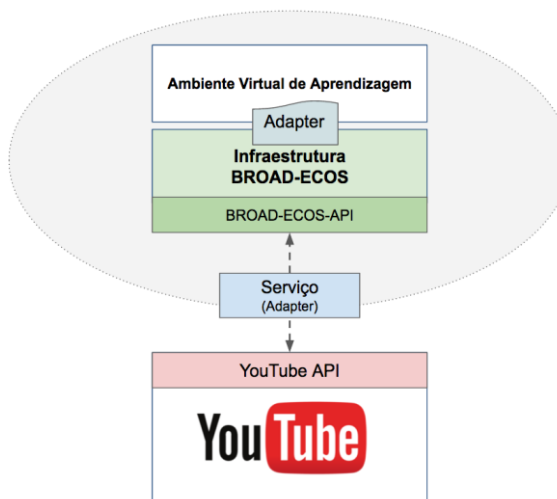


Figura 36 - Integração de serviços existentes através de adaptadores.

4.5 ANÁLISE COMPARATIVA

A abordagem BROAD-ECOS possui duas partes, a infraestrutura para integração de serviços educacionais a partir de AVAS e a perspectiva de ECOS para entender esse cenário. Nos trabalhos relacionados, apresentados no capítulo anterior, foram identificadas na literatura e mapeadas características relevantes segundo ambas as partes. Nesta seção, o BROAD-ECOS é analisado segundo cada uma dessas características (Tabela 8), com ênfase nas características que diferenciam o BROAD-ECOS de trabalhos anteriores.

Em relação às características de integração de serviços a ambientes de e-Learning, o BROAD-ECOS reforça o uso de padrões e recomendações do domínio de e-Learning e a disponibilização de documentação para que 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, o uso de adaptadores para a integração de serviços existentes. Embora o acoplamento ao AVA seja mínimo e seja utilizado um adaptador que pode ter a forma de *plugin* ou extensão, caso o AVA não suporte esse tipo de complemento é necessário que haja alteração no mesmo. Além disso, há preocupação em disponibilizar recursos e exemplos que auxiliem na construção de serviços compatíveis.

Em relação às características de ECOS, como foi discutido anteriormente, os Ecossistemas de e-Learning embora também sejam Ecossistemas Digitais, não possuem fundamentação comum com os primeiros. Dessa forma, embora características como a existência de uma plataforma e a possibilidade de criação de serviços por desenvolvedores internos e externos já existam em trabalhos anteriores no domínio de e-Learning outras características como 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 estão presentes no BROAD-ECOS e não são mencionadas em trabalhos anteriores nesse domínio.

Apesar de ser uma abordagem que considera um ecossistema os serviços integrados a uma plataforma comum e a interação de diferentes atores nesse contexto, podemos analisar a abordagem proposta sob uma perspectiva mais ampla e entender que há um ecossistema maior que se estabelece a partir da mesma, onde uma mesma organização pode ser desenvolvedora da plataforma, mantenedora da plataforma e desenvolvedora de serviços educacionais em diferentes partes desse ecossistema.

Análise	Característica	BROAD ECOS	Descrição
Integração de Serviços a Ambientes de e-Learning	CI-1 - Adaptadores para a integração dos serviços a plataforma	Sim	Conforme discutido na seção anterior, o uso de adaptadores é uma alternativa para integração de serviços aos quais não se tem acesso por questões legais ou indisponibilidade de código fonte.
	CI-2 - Uso de padrões/recomendações de e-Learning existentes	Sim	A arquitetura proposta utiliza um o padrão IEEE LOM para metadados e é compatível com o xAPI.
	CI-3 - Arquitetura baseada em serviços web	Sim	Toda comunicação entre serviços e plataforma e entre os componentes da infraestrutura é feita através de Serviços Web, em uma arquitetura Orientada a Serviços.
	CI-4 - Documentação aberta para construção de ferramentas compatíveis	Sim	Especificação, documentação, bibliotecas e exemplos para construção de serviços compatíveis estão disponibilizados na web.
	CI-5 - Possibilidade de extensão	Sim	O BRAD-ECOS suporta extensões que podem ser negociadas entre serviços e plataformas, permitindo a variabilidade da plataforma e um alto nível de adaptação a cenários com características específicas.
	CI-6 - Suporte a visões diferentes baseadas em papéis	Sim	Os serviços, caso possuam permissão, podem consultar informações do papel do participante em um a turma e personalizar sua visualização de acordo com ele. Além de novas definições de serviços
	CI-7 - Suporte a testes de verificação de conhecimento	Sim	Os serviços, caso possuam permissão, podem consultar e gravar resultados de testes de verificação de conhecimento, assim como experiências de aprendizagem com pontuação associada.
	CI-8 - Suporte ao conceito de grupos de usuários que podem interagir em conjunto com ferramentas externas	Sim	Grupos podem ser consultados ou gravados a partir dos serviços, que podem possuir recursos baseados em atividades cooperativas e competitivas em grupos.
	CI-9 - Necessidade de alterações nas ferramentas/AVA para que seja utilizado	Não*	O ponto de conexão entre o AVA e os serviços é o Adapter, que pode ser um <i>plugin</i> ou uma extensão de acordo com o suporte do AVA. Caso não haja suporte a extensão no AVA é necessário alterá-lo criando uma adaptação para suporte ao BROAD-ECOS
Ecossistema de Software	CE-1 - Desenvolvedores internos e externos.	Sim	~
	CE-2 - Plataforma tecnológica comum	Sim	A plataforma é formada pela infraestrutura BROAD-ECOS incorporada ao AVA.
	CE-3 - Parte central controlada	Não	O controle é descentralizado em dois níveis: primeiro cada organização mantenedora possui o controle da própria plataforma, e depois a evolução do próprio BROAD-ECOS é aberto à participação externa.
	CE-4 - Aceitação de colaboração de desenvolvedores externos na plataforma	Sim	Sim, existem repositórios com suporte a registro de bugs e sugestões de melhorias e possibilidade de clonar o código fonte, e realizar alteração que, se submetidas, podem integrar novamente o repositório original. Além da plataforma, especificação da plataforma, bibliotecas e exemplos também são abertos a contribuição externa.
	CE-5 - Possibilidade de contribuições externa	Sim	O desenvolvimento de serviços é aberto a desenvolvedores externos, e há disponibilização de documentação, bibliotecas e exemplos para auxiliar a desenvolvedores externos.
	CE-6 - Suporte a variabilidade	Sim	O suporte a variabilidade é feito a partir de extensões negociadas entre a plataforma e os serviços, que podem definir recursos não existentes na especificação, mas que podem, se adotados pela comunidade, serem incorporados à mesma.
	CE-7 - Soluções específicas de clientes incorporadas à plataforma	Sim	O BROAD-ECOS possui um mecanismo para criação de soluções específicas de clientes, as extensões, que, caso sejam adotadas pela comunidade, podem vir a ser incorporadas na plataforma.
	CE-8 - Existência de ferramentas automatizadas que facilitem o desenvolvimento de serviços para o ecossistema	Sim	Existe o <i>broad-ecos-service-archetype</i> , um arquétipo que, com uma linha de comando, gera um arcabouço funcional para o desenvolvimento de serviços em linguagem Java compatíveis com plataforma, sem necessidade de configuração. Novas ferramentas para automatização de atividades no ecossistema podem ser desenvolvidos por terceiros.
	CE-9 - Existência de ferramentas, padrões, <i>frameworks</i>	Sim	Existem repositórios com versões prontas da BROAD-ECOS-API para clientes, plataformas prontas para o desenvolvimento de adaptadores e exemplos com códigos compatíveis com a plataforma.
	CE-10 - Existência de um canal de distribuição de serviços	Sim*	Embora não exista um canal de distribuição padrão na plataforma, há suporte ao registro e à busca de serviços com base em metadados educacionais a partir de onde diferentes organizações podem construir canais de distribuição, repositórios ou lojas com diferentes características.

Tabela 8 - Mapa de características do BROAD-ECOS.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, a proposta BROAD-ECOS foi descrita, primeiro discutindo ambiente de e-Learning com o suporte à integração de serviços externos em um contexto inter-organizacional sob a perspectiva de ECOS, identificando fatores bióticos e abióticos. Depois com a definição uma infraestrutura que permite aos AVAs existentes o suporte à integração de serviços externos, utilizando um modelo comum para representação dos dados do domínio educacional, com controle de autorização de fina granularidade, suporte a metadados educacionais, registro de experiências de aprendizagem, extensibilidade e suporte à existência de um canal de distribuição de serviços, ao mesmo tempo em que poucas restrições são impostas aos serviços, para que sejam compatíveis. Essas características, adicionadas aos AVAs, permitem que estes se tornem plataformas para o estabelecimento do ecossistema.

A partir da análise das características da proposta, os avanços do BROAD-ECOS em relação à integração de serviços no domínio de e-Learning, são: permissões de fina granularidade para suporte a diferentes níveis de integração entre serviços e plataformas; existência de um protocolo de autorização em que não é necessário conhecer *a priori* os serviços que serão adicionados nem intervenção técnica nas integrações, permitindo que facilitadores e especialistas adicionem serviços de acordo com suas necessidades e objetivos pedagógicos de cada curso; a existência de um modelo do domínio de e-Learning para compartilhamento de informações garantindo um entendimento comum; e a possibilidade extensão da integração para atender às necessidades específicas.

No contexto de ECOS do domínio de e-Learning, são avanços do BROAD-ECOS: a definição de fatores bióticos e abióticos do ecossistema; a definição de uma infraestrutura que permita o desenvolvimento de serviços; a adoção a partir de AVAS existentes em um contexto inter-organizacional, provendo recursos, ferramentas e bibliotecas que auxiliem contribuições externas; a disponibilização da especificação de forma aberta; e a possibilidade de integração de contribuições externas à mesma, podendo viabilizar a evolução da própria abordagem.

No próximo capítulo serão desenvolvidos os artefatos necessários para um protótipo da proposta apresentada, bem como para permitir sua avaliação no capítulo seguinte..

5 DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO

Neste capítulo é descrito o desenvolvimento de uma primeira versão do BROAD-ECOS. Foram construídos serviços compatíveis, e a infraestrutura para dois AVAs com características diferentes.

5.1 INTRODUÇÃO

Uma primeira versão do BROAD-ECOS, incluindo todos os componentes e características descritas na proposta, foi planejada e desenvolvida no escopo deste trabalho como forma de demonstrar sua viabilidade.

Dessa forma, um fator importante é a integração aos AVAs existentes. Foram escolhidos dois AVAs com características distintas para incorporar o BROAD-ECOS: (I) O Moodle, um AVA de código livre desenvolvido em PHP e utilizando tecnologias abertas com amplo suporte a plug-ins de terceiros; e o (II) youKnow, um AVA proprietário de código fechado desenvolvido utilizando tecnologias proprietárias e com funcionalidades desenvolvidas exclusivamente pela organização responsável pelo mesmo, cujo acesso ao código fonte foi liberado para esta pesquisa.

Igualmente importante é o desenvolvimento de serviços educacionais compatíveis com o BROAD-ECOS, foram desenvolvidos três serviços: (I) Taughtology, um serviço para ensino de lógica com elementos de gamificação e interação entre os estudantes; (II) Rankr, um serviço pré-existente para exibição de quadros de líderes de estudantes a partir de conquistas obtidas em diferentes fontes com elementos de gamificação (VEIGA *et al.*, 2015), adaptado para compatibilidade com o BROAD-ECOS; e (III) o X-Enroll, um serviço para facilitar a matrícula de estudantes em determinado curso (Figura 37).

Este capítulo descreve o desenvolvimento dos recursos apresentados bem como suas características técnicas e funcionalidades.

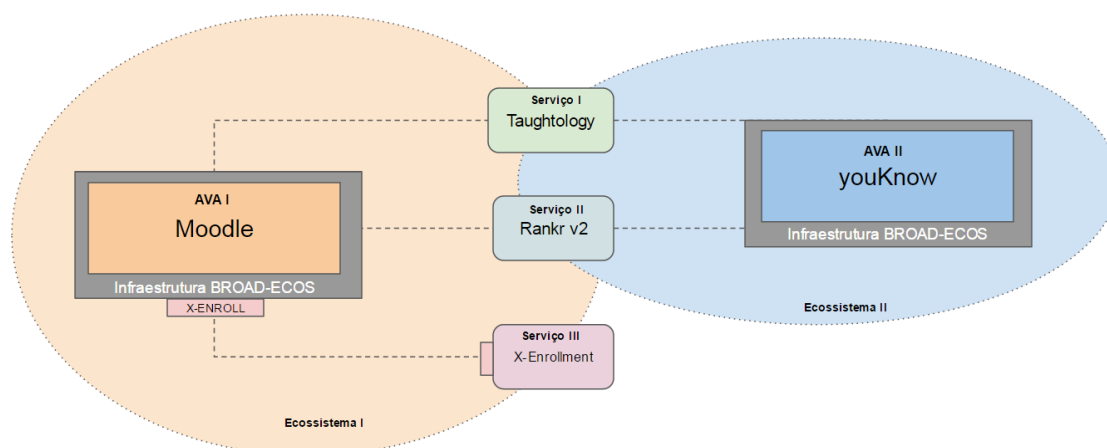


Figura 37 - Recursos desenvolvidos.

5.2 AVA I: MOODLE

O primeiro AVA escolhido para o desenvolvimento da infraestrutura BROAD-ECOS foi o Moodle, por possuir código e distribuição livre, ser utilizado por milhões de organizações em todo mundo, suportar extensões através de *plugins*, disponibilizar documentação para instalação e desenvolvimento de *plugins* (ALARIO-HOYOS, 2010). Além disso, o Moodle já é utilizado nos cursos de graduação à distância oferecidos pela Universidade Federal de Juiz de Fora, do qual pesquisadores do grupo NEnC também são professores.

O Moodle é um projeto criado por Martin Dougiamas em sua tese de doutorado sobre o uso de software livre no ensino e aprendizagem na *web* (ALARIO-HOYOS, 2010), desenvolvido na linguagem PHP com suporte aos Sistemas de Gerenciamento de Bancos de Dados (SGBD) MySQL⁴⁷, PostgreSQL⁴⁸ e Microsoft SQL Server⁴⁹, Oracle⁵⁰ e SQLite⁵¹. Para o desenvolvimento, foi utilizada uma instalação nova da versão 2.9 obtida diretamente do *website* do Moodle⁵².

Utilizando a documentação oficial disponível no *website* do Moodle e utilizando como material adicional o código fonte de *plug-ins* existentes, foi desenvolvido um *plugin* para o BROAD-ECOS chamado mod-broad-ecos, de acordo com a padronização de nomes do

⁴⁷<https://www.mysql.com/>

⁴⁸<http://www.postgresql.org/>

⁴⁹ <http://www.microsoft.com/pt-br/server-cloud/products/sql-server/>

⁵⁰<https://www.oracle.com/database/index.html>

⁵¹<https://www.sqlite.org/>

⁵² <https://download.moodle.org/>

Moodle.O *plugin* inclui uma implementação da infraestrutura BROAD-ECOS na linguagem de programação PHP desenvolvida no contexto deste trabalho 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 *plugins* depende da existência de um repositório de experiências externo. Para essa versão, foi utilizado o Learning Locker⁵³, uma implementação livre de LRS para a xAPI (Figura 38).

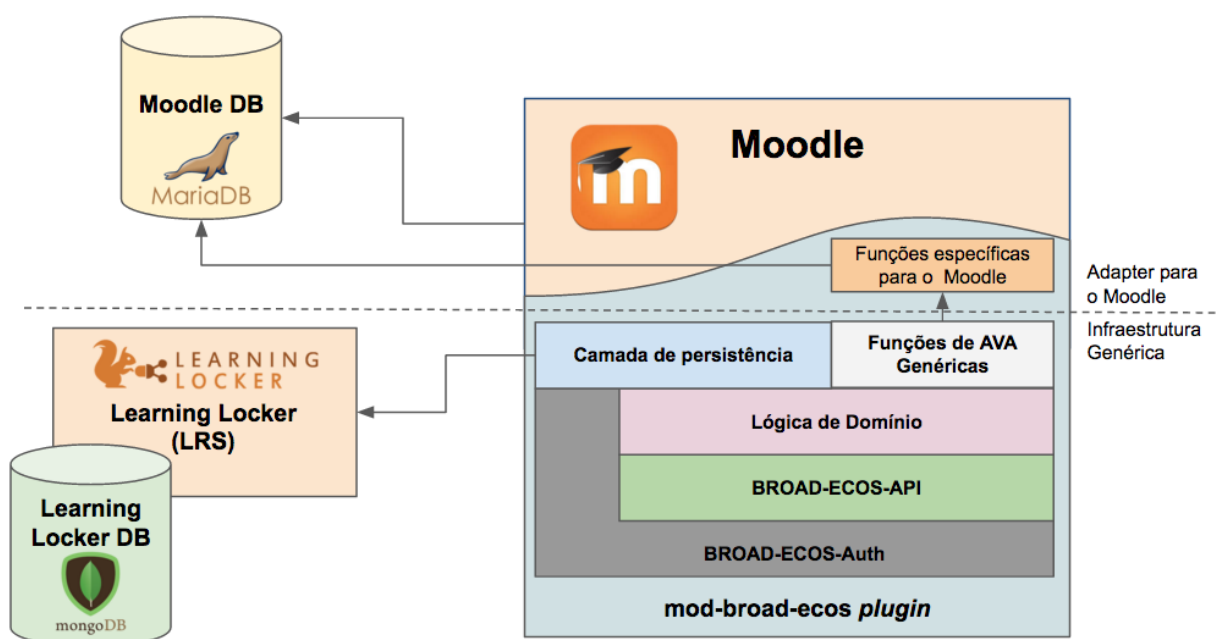


Figura 38 - Arquitetura do mod-broad-ecos plugin.

Como existem muitos componentes e configurações necessárias para conectá-los, foi utilizada a estratégia de *containers*, que têm recebido crescente atenção da comunidade acadêmica por permitir que aplicações sejam executadas de forma isolada em pacotes autocontidos que podem ser versionados e distribuídos de forma eficiente em diversas plataformas para computação, facilitando a reprodutibilidade de experimentos científicos (GERLACH *et al.*, 2014) (TOMMASO *et al.*, 2015) (BOETTIGER, 2015). A implementação de containers utilizada foi o Docker⁵⁴, em conjunto com a ferramenta docker-compose⁵⁵, utilizada para automatizar o *setup* do ambiente com múltiplos *containers* (Figura 39).

As funcionalidades disponíveis no *plugin* disponibilizado são: (I) adição/edição de um serviço compatível com o BROAD-ECOS em determinado curso; (II) definição/edição do

⁵³ <http://learninglocker.net/>

⁵⁴ <https://www.docker.com/>

⁵⁵ <https://docs.docker.com/compose/>

título e descrição do serviço no contexto em que ele é disponibilizado; (III) seleção/edição dos escopos aos quais o serviço adicionado deve possuir acesso no contexto em que foi adicionado; (IV) possibilidade dos estudantes acessarem o serviço diretamente de dentro do Moodle; e (V) possibilidade de acessar o serviço externamente, mantendo-o em uma janela fora do Moodle.

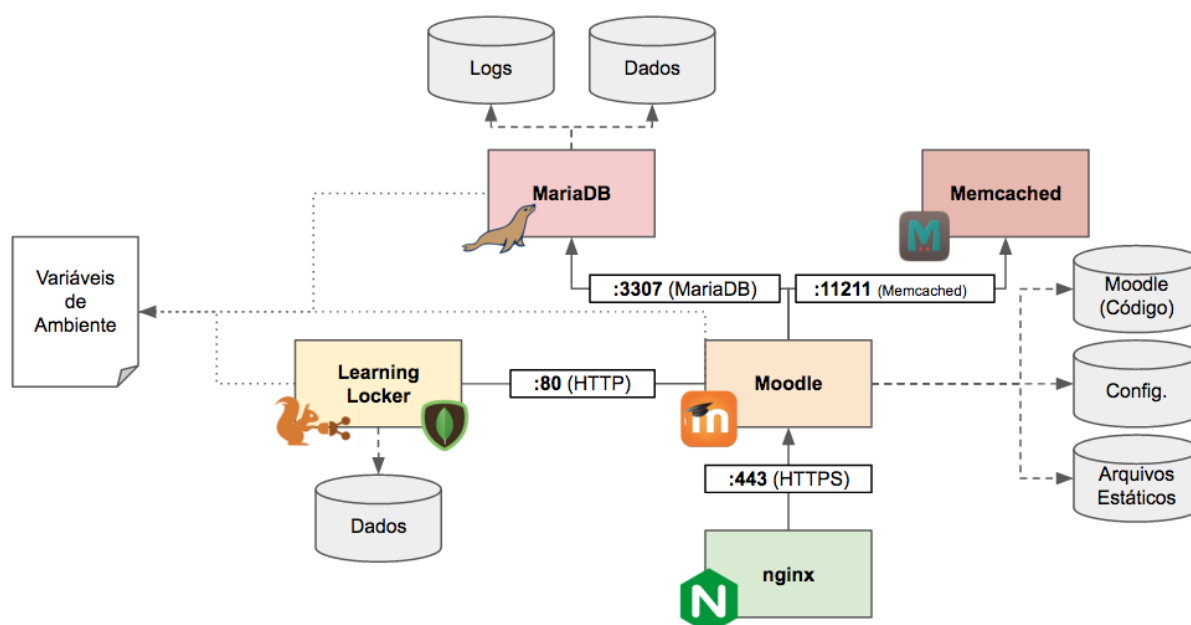


Figura 39 - Infraestrutura de containers configurados através do docker-compose.

5.3 AVA II: YOUKNOW

O segundo AVA escolhido foi o youKnow⁵⁶, cujo acesso ao código fonte e às características técnicas foi disponibilizado para esta pesquisa pela Affero Lab⁵⁷, empresa especializada em treinamento corporativo que possui plataformas educacionais e tecnologias próprias. O youKnow possui cerca de 400 mil usuários ativos distribuídos entre diversas organizações clientes. Diferentemente do Moodle, o youKnow possui código fonte fechado utilizando a linguagem Java em uma plataforma J2EE distribuída, e os recursos e customizações são desenvolvidos internamente pela própria organização.

A infraestrutura do youKnow inclui um cluster de integração, uma infraestrutura proprietária para geração de relatórios, indexação de documentos para busca, cache de

⁵⁶<http://www.afferolab.com.br/youknow/>

⁵⁷<http://www.afferolab.com.br/>

conteúdo, uma aplicação web distribuída utilizando tecnologias J2EE, bancos de dados relacionais e não relacionais e computação em nuvem.

Para incorporar a infraestrutura no projeto, como não há suporte a *plugins* de terceiros, foi utilizado o recurso de criação de páginas customizadas, onde podem ser disponibilizados recursos específicos dentro do youKnow. Foi desenvolvida uma página customizada com um suporte a uma parte dos recursos definidos na BROAD-ECOS-API, utilizando uma adaptação da implementação da infraestrutura feita na linguagem Java disponibilizada no GitHub do projeto⁵⁸ (Figura 40).

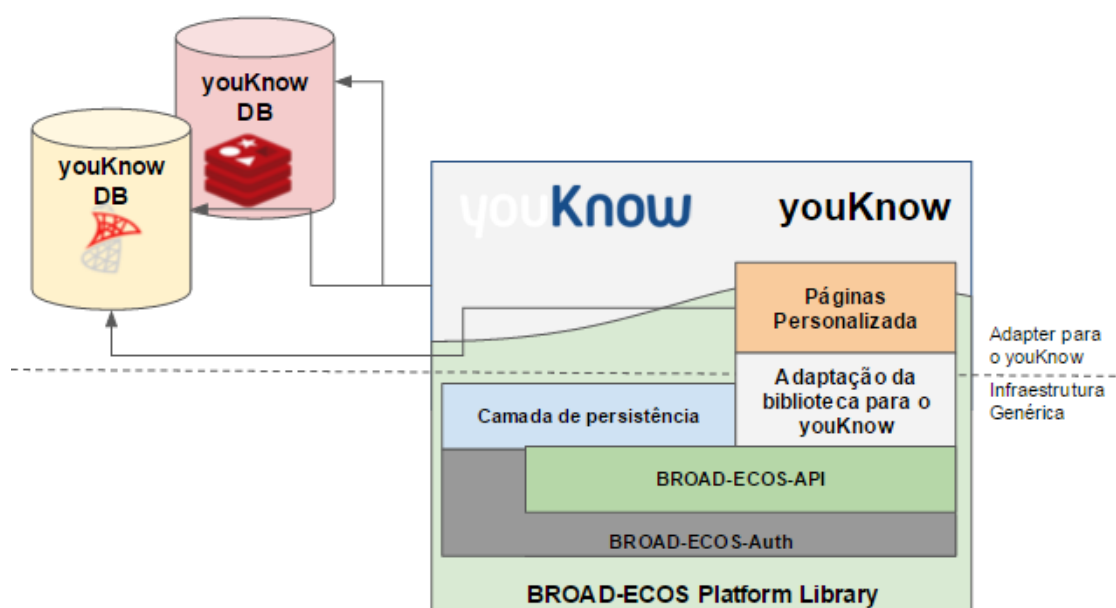


Figura 40 - Integração da infraestrutura BROAD-ECOS com o AVA youKnow.

5.4 SERVIÇO I: TAUGHTOLOGY

O serviço educacional Taughtology (*taught* + *tautology*) foi desenvolvido para facilitar o ensino de lógica utilizando elementos de gamificação, como níveis (fácil, médio, difícil e insano) e pontos a cada resposta correta, que aumentam de valor de acordo com o nível do problema solucionado, os problemas são chamados de desafios. Além disso, um estudante pode desafiar um colega a acertar um desafio que ele tenha errado, de forma que os dois ganham pontos caso este acerte (Figura 41). Não faz desse do escopo discutir os aspectos pedagógicos envolvidos no projeto deste Serviço Educacional.

⁵⁸<https://github.com/BROAD-ECOS/broad-ecos-platform>



Figura 41 - Captura de tela do Taughtology.

O Taughtology foi desenvolvido utilizando uma arquitetura em camadas, utilizando a linguagem de programação Java na versão 8, o framework Spring Boot, e a biblioteca BroadEcosApi, desenvolvida no escopo deste trabalho, que simplifica o desenvolvimento de serviços compatíveis com o BROAD-ECOS. A persistência é feita utilizando o banco de dados não relacional MongoDB⁵⁹ (Figura 42).

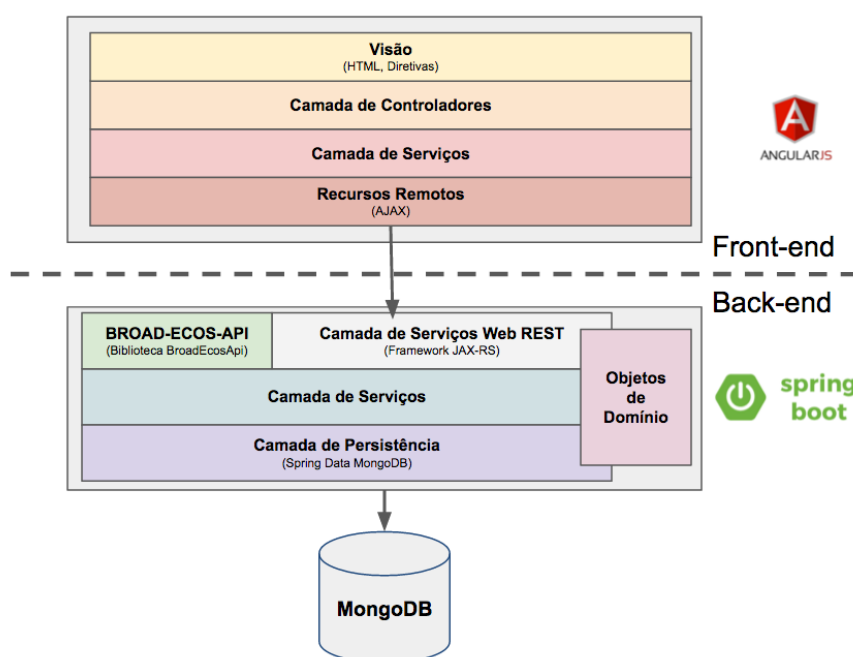


Figura 42 - Arquitetura do Taughtology.

⁵⁹<https://www.mongodb.org/>

Como um serviço BROAD-ECOS, os escopos necessários pelo Taughtology são: a visualização do perfil do participante (para acessar dados como nome, avatar, gênero); visualização do endereço de e-mail do mesmo (para enviar notificações); consultar dados o curso onde o serviço foi adicionado; os participantes desse curso e por último a possibilidade gravar experiências educacionais (Tabela 9). Dessa forma o Taughtology pode identificar os participantes, enviar notificações de e-mail e armazenar todos os pontos obtidos, desafios vencidos e demais experiências de aprendizagem.

Escopo necessário	Motivo
participant.current	Acessar os dados do usuário atual, como seu nome completo, data de nascimento, avatar. Para que o Taughtology conheça as informações básicas do usuário atual.
participant.email	Visualizar o endereço de e-mail do usuário atual, para que o Taughtology possa enviar notificações por e-mail quando um usuário é desafiado ou quando um colega desafiado cumprir um desafio.
courses.current	Acessar os dados do curso atual, aquele a partir do qual o participante acessou o serviço. Para que o Taughtology exiba na interface os dados do curso atual.
courses.current.participants	Acessar os dados de participantes do curso a partir do qual o participante atual acessou o serviço, para que o Taughtology possa mostrar as opções de colegas que podem ser desafiados.
experiences.write	Gravar experiências de aprendizagem, para que o Taughtology possa registrar os desafios respondidos e os pontos conquistados pelos participantes na forma de experiências de aprendizagem.

Tabela 9 - Escopo solicitado pelo Taughtology.

5.5 SERVIÇO II: RANKR

O Rankr é um serviço educacional desenvolvido no contexto do projeto LUDOS (VEIGA *et al.*, 2015), e possui a funcionalidade de capturar dados de gamificação a partir de OA com elementos de gamificação e exibi-los em formato de quadro de líderes ordenados pelo número de pontos obtidos, atribuindo estrelas para os principais pontuadores e permitindo a consulta do histórico de onde as conquistas foram obtidas (Tabela 9).

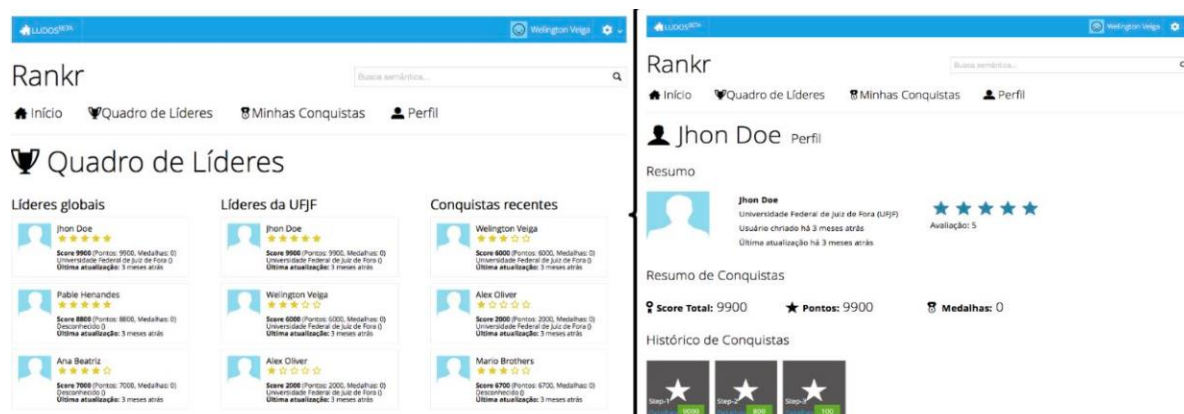


Figura 43 - Rankr v1 (VEIGA *et al.*, 2015).

O Rankr foi desenvolvido na linguagem Java, e para a utilização como um serviço BROAD-ECOS fez-se necessário primeiro incorporar os serviços requeridos para compatibilização com o BROAD-ECOS-Auth, a exposição de metadados e os escopos necessários para integração (Tabela 10), tarefa facilitada pela biblioteca BroadEcosApi.

Escopo necessário	Motivo
participant.current	Acessar os dados do usuário atual, como seu nome completo, data de nascimento e avatar para que o Rankr conheça as informações básicas do usuário atual.
courses.current	Acessar os dados do curso atual, aquele a partir do qual o participante acessou o serviço para que o Rankr exiba na interface os dados do curso atual.
experiences.read	Acessar de experiências de aprendizagem, para que o Rankr possa carregar os dados dos pontos e demais conquistas obtidas pelos participantes para composição do quadro de líderes.
offline.read	Possibilidade de utilizar recursos da ferramenta mesmo que o participante não esteja autenticado na aplicação, para que o quadro de líderes esteja atualizado enquanto o participante interage com outros serviços.

Tabela 10 - Escopo solicitado pelo Rankr v2.

A segunda modificação necessária foi a mudança da origem dos dados, que antes vinham de um *Web Service* e passaram a ser obtidas a partir de consultas de experiências na BROAD-ECOS-API, utilizando os *Statements* da xAPI (Figura 44).

Para obter informações via xAPI podemos buscar por um verbo e período específico. Dessa forma, o Rankr utiliza uma tarefa em segundo plano para, a cada minuto, consultar novas conquistas. O verbo buscado pelo Rankr é o “ganhar”⁶⁰, porém definido a partir de uma URI para a WordNet⁶¹, um banco de dados léxico com substantivos, verbos e adjetivos em inglês mantido pela Universidade Princeton, incluindo sua equivalência em outros idiomas,

⁶⁰<http://wordnet-rdf.princeton.edu/wn31/202294200-v>

⁶¹<https://wordnet.princeton.edu/>

mantidos por diversas instituições ao redor do mundo.

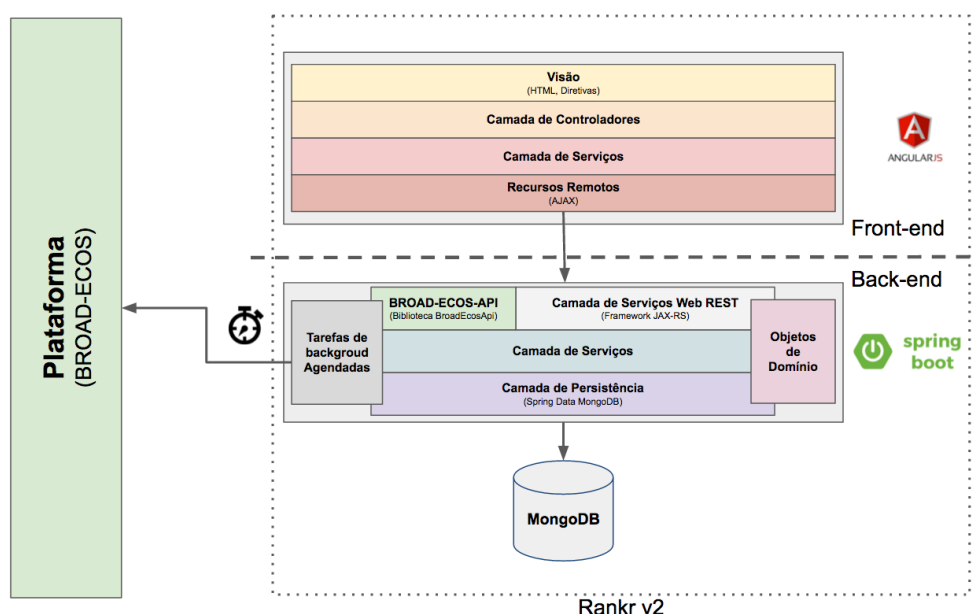


Figura 44 - Arquitetura do Rankr v2.

Essa foi a forma empregada para facilitar a comunicação entre o Rankr e diferentes fontes de dados, entre elas o Taughtology, garantindo a semântica do verbo utilizado de forma não ambígua. A essa nova versão do Rankr adaptado para a compatibilidade com o BROAD-ECOS foi dado o nome de Rankr v2 (Figura 45).

The screenshot shows the Rankr v2 web application interface. At the top, there is a navigation bar with the Rankr logo, a search bar, and links for Início, Ranking, Últimas atualizações, and Meu Perfil. The main content area is divided into two sections: Meu Perfil and Quadro de Líderes. The Meu Perfil section shows the user's profile as Administrador Plataforma, with 909909 points and 67 conquests. The Quadro de Líderes section shows a list of top users with their names, scores, and conquests.

Rank	Nome	Pontos	Conquistas
#1	Administrador P	909909	67
#2	Tom Jones	804509	50
#3	Trent Reznor	794509	46
#4	Ane Rolf	764509	45
#5	Anthony Cloud	734531	38
#6	Dan Stub	694520	35
#7	John Bertolo	654520	30
#8	Bel Richer	604520	28
#9	Mario Moreno	554520	23

© 2015 Rankr - nEnc - PGCC - UFJF

Figura 45 - Rankr v2.

5.6 SERVIÇO III: E-ENROLLMENT

Para demonstrar viabilidade da criação de serviços para necessidades específicas, foi desenvolvido o e-Enrollment, um serviço educacional cujo objetivo é permitir a matrícula de estudantes em determinado curso. A possibilidade de realizar matrículas não está prevista na BROAD-ECOS-API, logo é necessário desenvolver uma extensão que permita a implementação dessa funcionalidade.

Nesse contexto, foi desenvolvida a extensão X-ENROLL, que define um recurso adicional, que permite que um usuário pré-existente na plataforma possa ser matriculado em um curso. Essa extensão define ainda um novo escopo, que deve ser autorizado para que um serviço possa realizar matrículas (Figura 46).

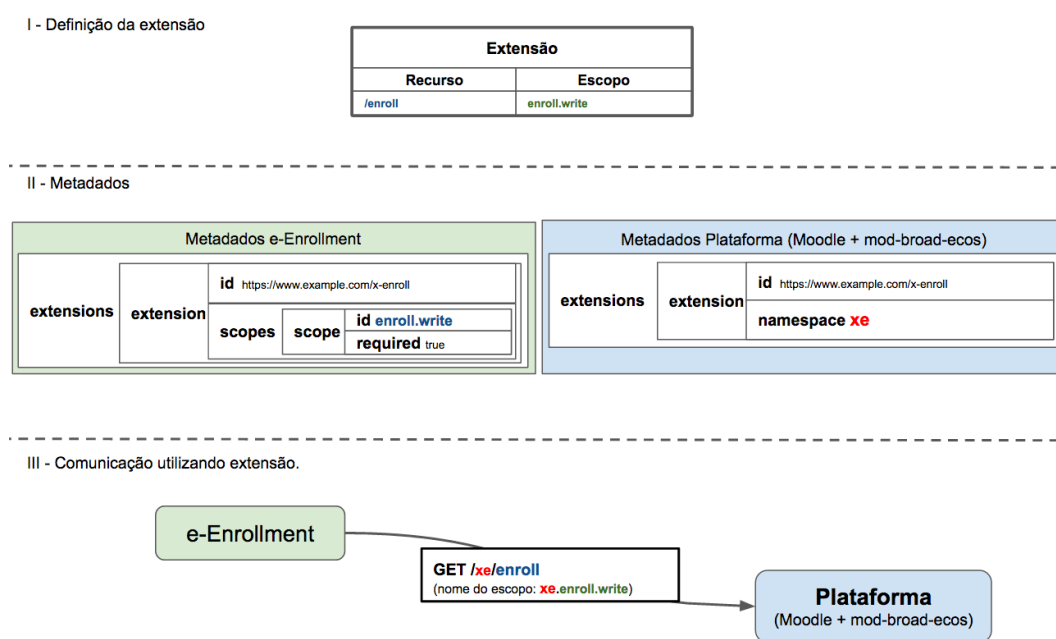


Figura 46 - Extensão X-Enroll.

O serviço e-Enrollment foi desenvolvido utilizando-se a linguagem Java na versão 8 e o framework Spring Boot em conjunto com a biblioteca BroadEcosApi, para utilizar o recurso definido na extensão X-ENROLL. A única funcionalidade desse serviço é exibir uma lista com os alunos existentes na plataforma não matriculados no curso e oferecer a opção de matrícula para o mesmo (Figura 47).

Inicio

 **e-Enrollment**
Ferramenta para matricula de estudantes.

 **3 - MAT - Cálculo**

O **Cálculo Diferencial e Integral**, ou simplesmente **Cálculo**, é um ramo importante da **matemática**, desenvolvido a partir da **Álgebra** e da **Geometria**, que se dedica ao estudo de taxas de variação de grandezas (como a inclinação de uma reta) e a acumulação de quantidades (como a área debaixo de uma curva ou o volume de um sólido). Onde há movimento ou crescimento e onde forças variáveis agem produzindo aceleração, o cálculo é a matemática a ser empregada.

☒ **Selecione os alunos que deseja matricular neste curso:**

☐

Renata Augustyn

☐

Scotty Hellman

☐

Gordon Mcabee

☐

Octavia Barretta

☐

Renna McNary

Matricular

© 2015 Rankr - NEnC - PGCC - UFJF
[Back to top](#)

Figura 47 - Captura de tela do e-Enrollment.

5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram descritos os recursos desenvolvidos no escopo deste trabalho, que consistem em duas versões da infraestrutura para integração aos AVAs com características diferentes (Moodle e youKnow) e a criação três serviços, tais que: um permite a interação assíncrona entre estudantes (Taughtology), outro permite a consulta de dados gerados a partir de outros serviços (Rankr v2) e o último utiliza uma extensão para adicionar uma funcionalidade não prevista pela BROAD-ECOS-API (x-Enrollment). A adaptação de um serviço desenvolvido em outro contexto também é um fator importante para demonstrar a

flexibilidade das exigências para integração de serviços externos.

A partir dos recursos desenvolvidos neste capítulo é possível a construção de diferentes cenários de utilização do BROAD-ECOS, importantes para a avaliação da proposta em relação aos objetivos do presente trabalho.

6 AVALIAÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as avaliações do BROAD-ECOS, através de cenários de uso realizados com o objetivo de demonstrar a viabilidade da proposta bem como apontar evidências de que os objetivos definidos foram atendidos e de que a questão de pesquisa foi respondida.

6.1 INTRODUÇÃO

Na proposta apresentada, foram definidos um modelo de ECOS educacional no contexto de e-learning e uma infraestrutura para integração de serviços em ambientes de e-learning. Para avaliação dos objetivos definidos e do ecossistema proposto o processo constou de duas etapas.

Além dos elementos e componentes do BROAD-ECOS, é necessário avaliar a infraestrutura proposta segundo o ponto de vista dos atores envolvidos em seu contexto de aplicação. Segundo WHOLIN *et al.* (2012), o método de pesquisa é empírico quando um modelo é proposto e avaliado através de estudos empíricos, por exemplo, estudos de caso e experimentos. Segundo DRESCH *et al.* (2015), o estudo de caso é uma pesquisa empírica que busca melhor compreender um fenômeno contemporâneo, normalmente complexo no seu contexto real. São considerados valiosos, pois, permitem descrições detalhadas dos fenômenos normalmente baseados em fontes de dados diversas e asseguram que a investigação e o entendimento do problema sejam feitos em profundidade. Dessa forma, essa pesquisa seguiu o método de estudo de caso empírico.

6.2 CENÁRIOS DE USO

Segundo WHOLIN *et al.* (2012), dependendo do propósito da avaliação, se está se avaliando uma técnica, um método ou uma ferramenta, e dependendo das condições para uma investigação empírica, existem três principais tipos de estratégias de investigação: *surveys*, estudos de caso e experimentação.

Um *survey* é um sistema para coletar informações de ou sobre pessoas para descrever, comparar ou explicar seus conhecimentos, atitudes ou comportamento. Já um estudo de caso no contexto de engenharia de software é uma investigação empírica, que se baseia em diferentes fontes de evidências, usada quando o objeto de estudo é um fenômeno

contemporâneo difícil de ser estudado de forma isolada. O experimento geralmente é realizado em laboratório e oferece maior nível de controle das variáveis envolvidas, manipulando uma ou algumas e mantendo as outras fixas e medindo-se o efeito no resultado.

As principais características do estudo de caso são (RUNESON *et al.*, 2012) (WHOLIN *et al.*, 2012):

- É um tipo de estudo flexível, que lida com características complexas e dinâmicas de fenômenos do mundo real.
- Suas conclusões são baseadas em uma clara cadeia de provas, seja através de uma análise qualitativa ou quantitativa, coletadas de diferentes fontes, de forma planejada e consistente.
- O conhecimento existente pode ser baseado em uma teoria previamente estabelecida, ou através da construção de uma teoria.

De acordo com WHOLIN *et al.* (2012), a vantagem de um estudo de caso é que ele é mais fácil de planejar e mais realista, mas a desvantagem é que os resultados dificilmente podem ser generalizados e são mais difíceis de interpretar.

A avaliação da proposta apresentada nesta dissertação será descritiva, feita através de Cenários de Uso, tendo como base a formalização de Estudos de Caso, de forma a demonstrar a utilidade dos artefatos desenvolvidos (DRESCHT *et al.*, 2015). A opção de avaliar a proposta apresentada nesta dissertação usando cenários de uso justifica-se pela necessidade de demonstrar a viabilidade técnica do modelo proposto, dos conceitos e das tecnologias envolvidas no projeto em seu contexto real de utilização, de forma empírica. Apesar de não apresentar o formalismo de um estudo experimental, a utilização dos cenários de uso contribui para a avaliação da questão de pesquisa formulada, e verificação dos artefatos definidos.

Para a realização dos cenários de uso, foram definidas as seguintes fases, adaptadas de estudos de caso (WHOLIN *et al.*, 2012): (I) definição do estudo de caso; (II) formulação do objetivo; (III) planejamento; (IV) execução e observação das evidências; e (V) a apresentação das evidências observadas.

O objetivo de cada cenário de uso foi definido e formulado de acordo com a abordagem *Goal/Question/Metric* (GQM) (BASILI, 1992) (WHOLIN *et al.*, 2012). Segundo a abordagem GQM, os objetivos devem ser definidos conforme o arcabouço a seguir:

- **“Analisar o <objeto do estudo> com a finalidade de <objetivo> com respeito à <foco da qualidade> do ponto de vista de <perspectiva> no contexto de**

<contexto>”.

O planejamento dos cenários de uso foi feito dividindo o processo necessário para sua realização em etapas e identificando os atores, o usuário correspondente ao ator, os recursos de software e demais características necessárias para a execução e os pontos de observação identificados previamente à realização do estudo de caso, como forma de preparação para a coleta de dados.

Na execução e observação das evidências, o planejamento é executado passo a passo com exatidão ao mesmo tempo em que são feitas as observações necessárias em busca de evidências relevantes no contexto analisado.

Uma vez executado o estudo de caso, as evidências observadas são compiladas e apresentadas com o objetivo de encontrar evidências que verifiquem o cumprimento do objetivo do estudo de caso e contribuam para a resposta da questão de pesquisa deste trabalho.

Nesta seção serão apresentadas cada uma das fases dos cenários de uso realizados.

6.2.1 Cenário de Uso I: Integração de Serviços à plataforma

O Cenário de Uso I (CEN-I) visa demonstrar a viabilidade da infraestrutura BROAD-ECOS em relação à integração de serviços educacionais à plataforma formada a partir de um AVA. Para isso, é necessário observar um cenário que inclua um AVA, os componentes da infraestrutura proposta e um serviço compatível. Nesta seção, são descritas as etapas executadas e apresentados os dados coletados.

6.2.1.1 Objetivo

O objetivo definido para o CEN-I é definido por:

- “**Analisar a infraestrutura BROAD-ECOS com a finalidade de** demonstrar a viabilidade da proposta, dos conceitos e das tecnologias envolvidas **com respeito à** integração de serviços externos aos AVAs do **ponto de vista de** atores do ecossistema **no contexto** de Ecossistemas de e-Learning”.

6.2.1.2 Planejamento

As etapas planejadas para a execução da CEN-I são: (Etapa I) Adição da infraestrutura BROAD-ECOS ao AVA 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. Os detalhes de cada etapa, bem como os passos para sua realização e os pontos de observação identificados são apresentados na Tabela 11.

Etapa	Ator	Usuário	Descrição	Passos	Pontos de Observação
I	Apoio / Desenvolvedor	Administrador	Adição da infraestrutura BROAD-ECOS à plataforma.	1. Adicionar a infraestrutura BROAD-ECOS ao AVA.	• Detalhes técnicos a considerar.
II	Facilitador	Professor I	Integração de serviço à plataforma	1. Acessar um curso em que leciona. 2. Adicionar um serviço externo através do BROAD-ECOS. 3. Selecionar as permissões do serviço a partir dos escopos solicitados. 4. Descrever esse serviço de acordo com o contexto e objetivos pedagógicos específicos desse curso.	• Detalhes técnicos a considerar. • Complexidade em identificar o nível de integração do serviço. • Complexidade de se adicionar o serviço à plataforma. • Acesso aos metadados do serviço.
III	Estudante	Estudante I	Acesso ao serviço a partir da plataforma	1. Acessar o serviço educacional a partir da plataforma. 2. Verificar seus dados, os dados da plataforma e do curso no serviço externo.	• Detalhes técnicos a considerar.

Tabela 11 - Planejamento da CEN-I.

Dado o objetivo de demonstrar as possibilidades de integração da proposta, o CEN-I visa demonstrar a integração do serviço tanto no AVA Moodle quanto no AVA youKnow. Desse modo, para a execução das etapas planejadas, é necessária a disponibilização dos AVAs com os usuários definidos e a infraestrutura BROAD-ECOS que possa ser integrada ao AVA, assim como um serviço compatível. A execução do CEN-I é descrita na próxima seção.

6.2.1.3 Execução

Uma vez disponibilizado o ambiente, as etapas foram executadas. Na Etapa I, o usuário Administrador acessa o ambiente e entra na página de *plugins* do Moodle, faz o upload do *plugin* mod-broad-ecos a partir de um arquivo compactado, instalando-o como qualquer outro *plugin* para a plataforma (Figura 48). Nesse processo, nenhum detalhe técnico é informado, porém existe um arquivo de configuração no arquivo do *plugin* onde há um

usuário e uma porta para acesso ao Project Locker configurada, que em uma versão futura do *plugin* será transformada em uma interface administrativa.

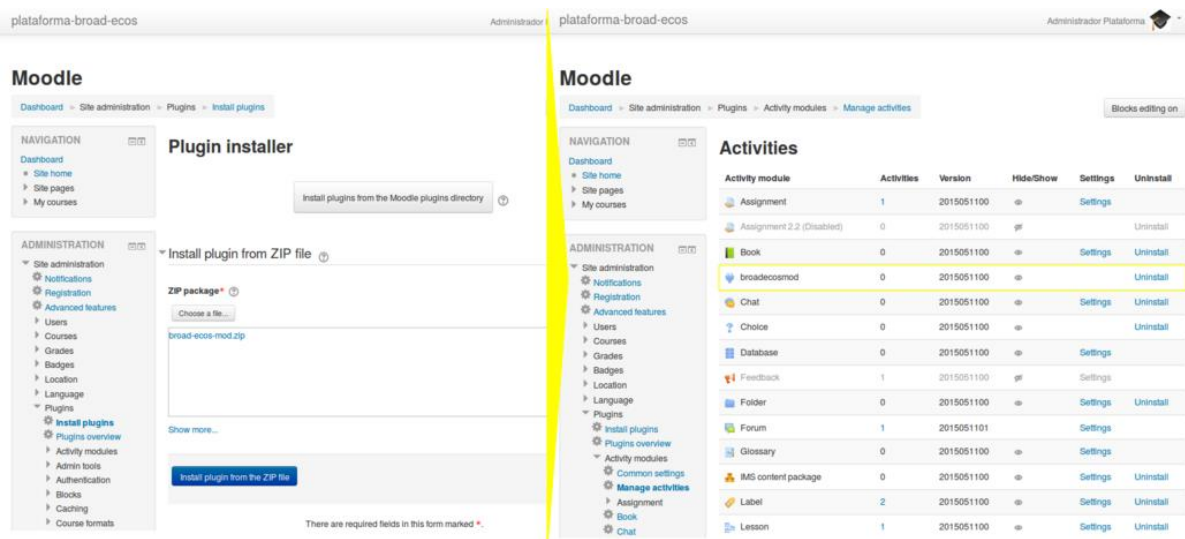


Figura 48 - Instalação do plugin mod-broad-ecos no Moodle.

Na Etapa II, o usuário Professor I acessa o Moodle e navega até a sua página de cursos, selecionando um de seus cursos, o 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.

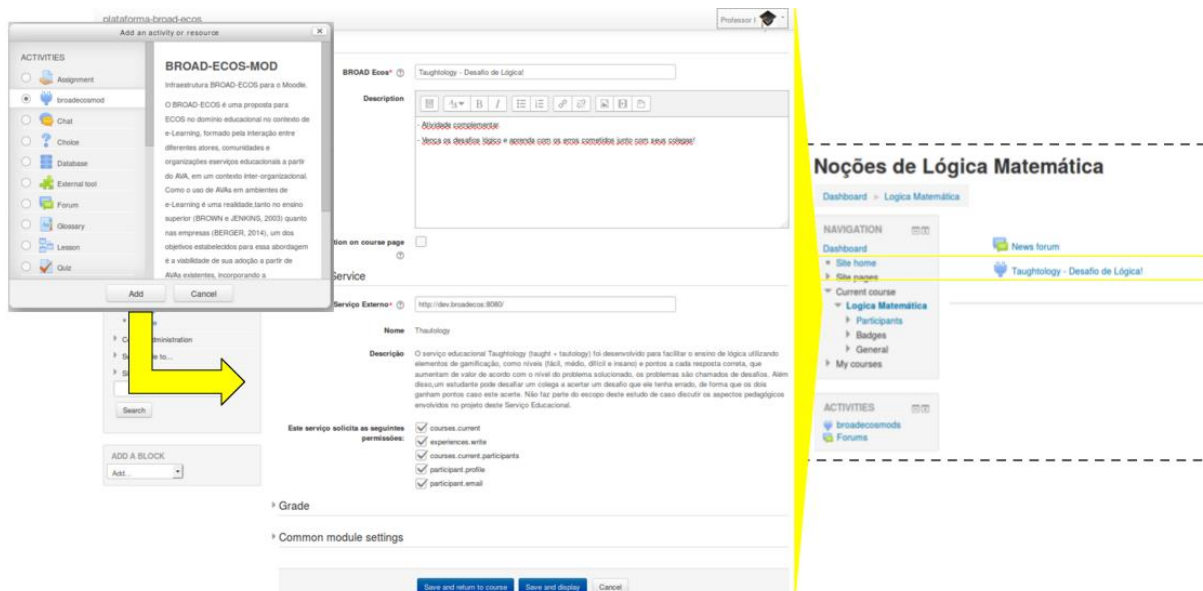


Figura 49 - Adição de uma atividade broad-mod-ecos no curso.

Uma vez verificados os metadados IEEE LOM do mesmo e dadas as permissões ao serviço, o Professor edita o nome da atividade e sua descrição, alinhando-as com sua proposta para inclusão da mesma no curso. A única informação exigida para a integração foi a URI do

serviço, as demais informações foram obtidas através dos metadados disponibilizados pelo serviço. O significado de cada escopo é explicado caso o usuário tenha dúvidas e o acesso aos metadados é feito pela mesma página de configuração da atividade, facilitando a consulta (Figura 49).

Na Etapa III, o Estudante I acessa o ambiente e navega até o curso Introdução à Lógica. Na lista de atividades visualiza o Taughtology, com o título e descrição informados pelo Professor. Ao clicar na atividade, é redirecionado para uma página dentro da plataforma onde pode utilizar o serviço, que exibe na interface seu nome, o nome curso em que está sendo executado bem como o nome da instituição responsável pela plataforma. Ao clicar no botão “abrir em outra janela”, o serviço fica disponível de forma independente do Moodle, em uma segunda janela, e, a cada desafio respondido, o Estudante recebe pontos e ganha níveis. Nenhuma informação técnica, aprovação ou configuração precisa ser feita pelo estudante (Figura 50).

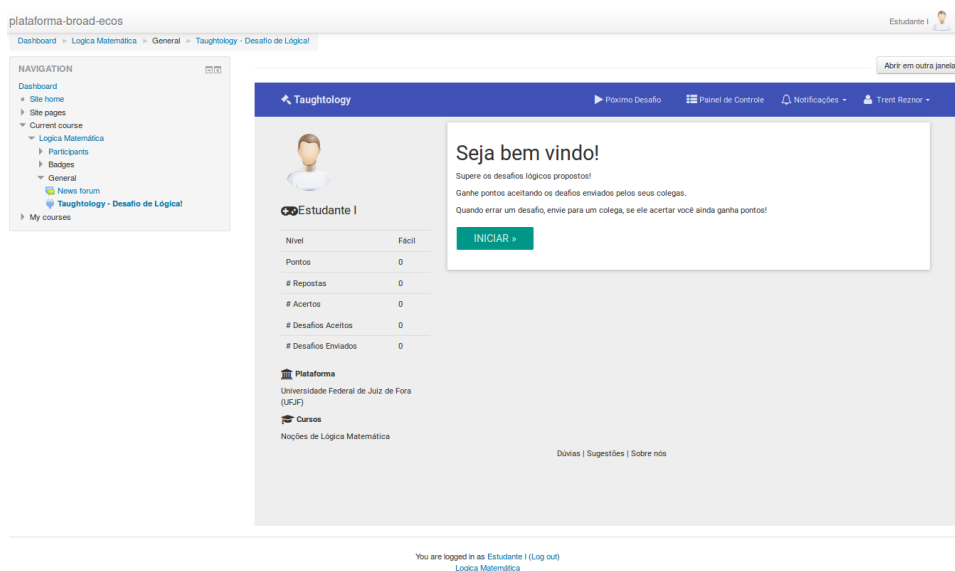


Figura 50 - Acesso ao serviço a partir do curso (Moodle).

No youKnow, a Etapa I é realizada a partir da disponibilização de uma página customizada, recurso através do qual a infraestrutura BROAD-ECOS pôde ser adaptada ao youKnow, feita por um Administrador, que disponibiliza os arquivos em um repositório de páginas customizadas através de uma interface administrativa, da mesma forma que as demais páginas customizadas são disponibilizadas.

Na Etapa II, ao acessar a página customizada em uma visualização específica para o perfil de Facilitador, o Professor I verifica os serviços disponíveis (Figura 51) e adiciona um serviço customizado (Figura 52) ao curso, de forma análoga à realizada no Moodle. Na Etapa

III, o Estudante I acessa o sistema e navega até a página customizada, onde o serviço está acessível, e as interações com o mesmo podem ser desempenhadas de forma análoga às realizadas no Moodle (Figura 53).

Uma vez executadas as etapas, apresentação das evidências observadas é descrita na próxima seção.

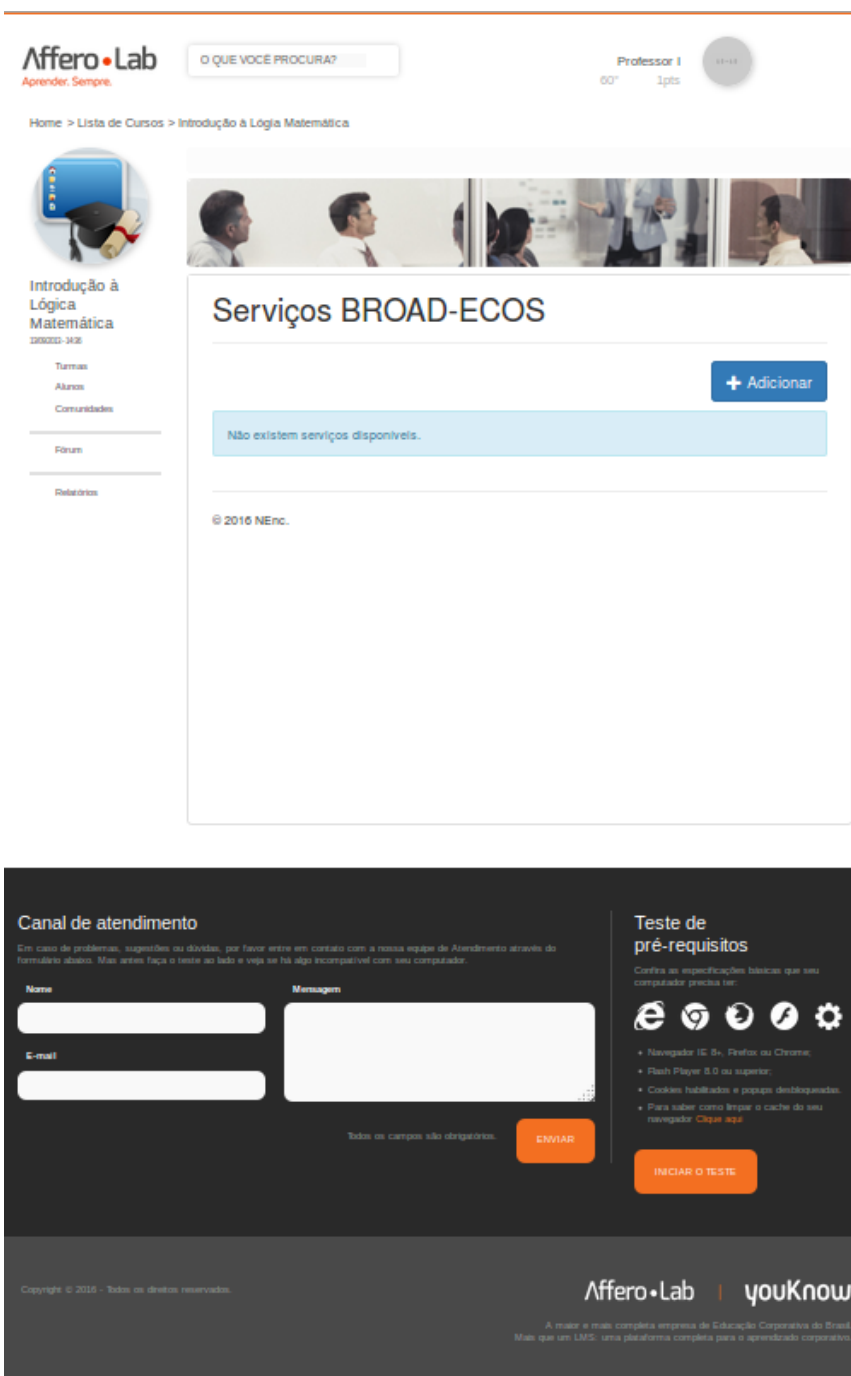


Figura 51 - Página customizada do youKnow onde o Professor I adiciona serviços.

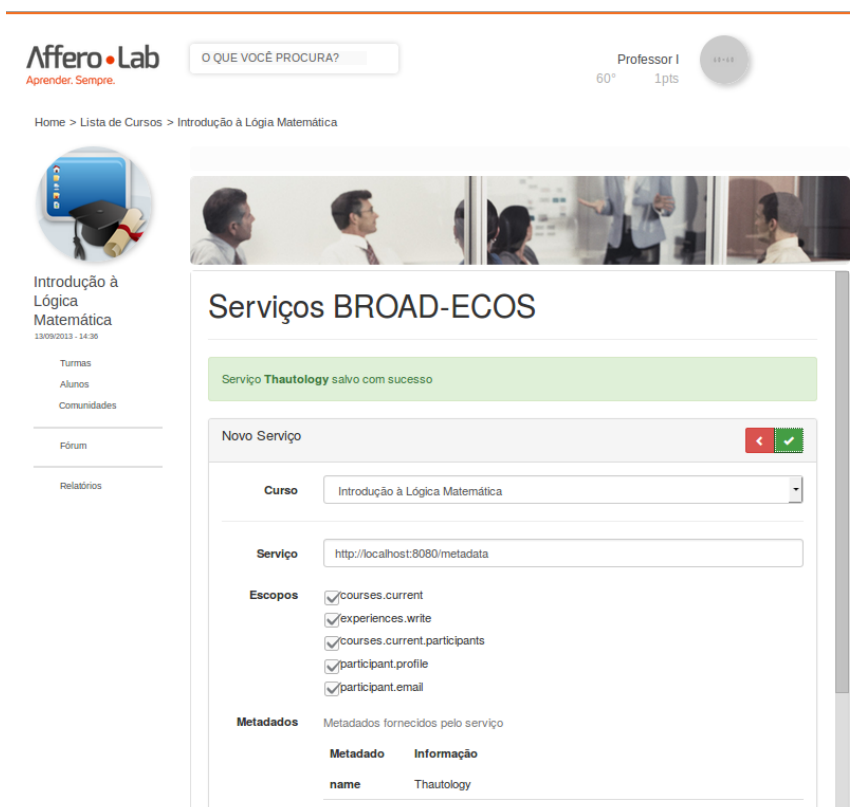


Figura 52 - Professor I adiciona o serviço à plataforma (youKnow).

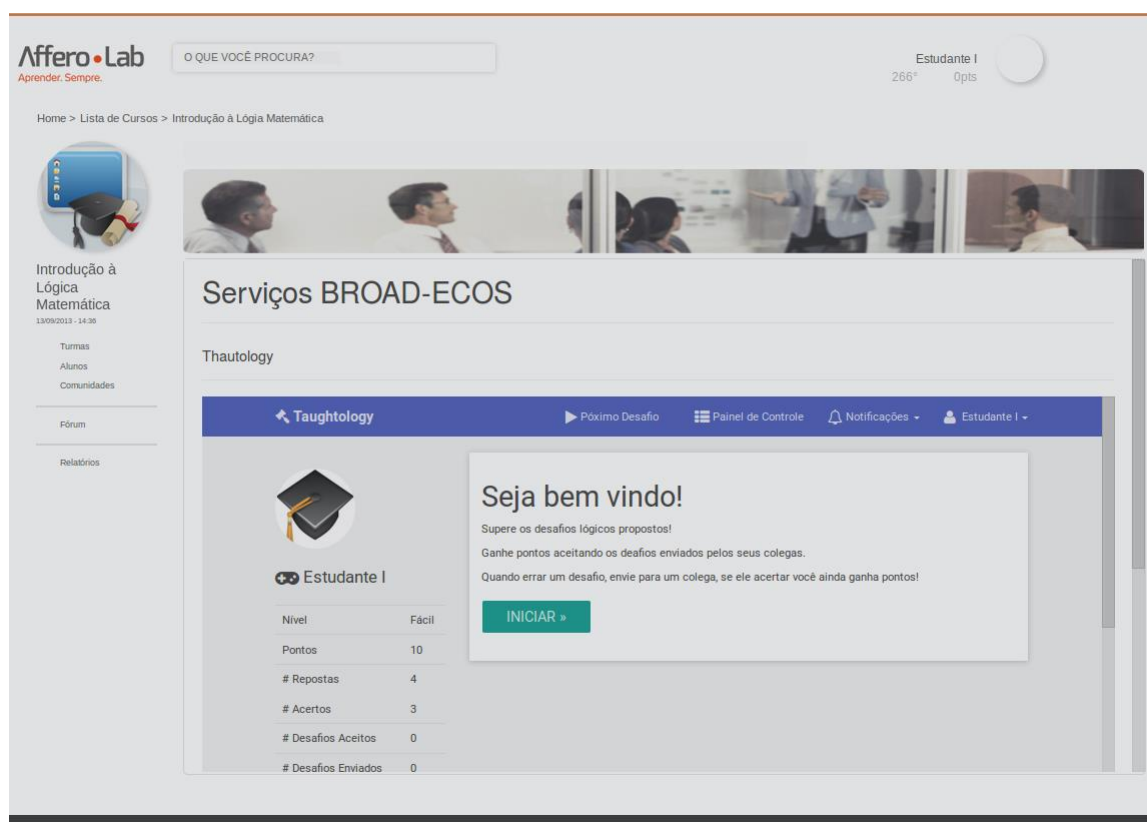


Figura 53 - Acesso ao serviço a partir do curso (youKnow).

6.2.1.4 Evidências Observadas

O CEN-I demonstra a viabilidade da proposta, dos conceitos e das tecnologias envolvidas na integração de serviços educacionais a AVA, cobrindo um ciclo completo de inclusão da infraestrutura necessária na forma de um *plugin* pelo Apoio/Desenvolvedor, a configuração de um curso por um Facilitador e o acesso por um Estudante sob o ponto de vista desses atores.

Para cumprir as etapas planejadas, esse estudo de caso passa pelos componentes da proposta, pelo uso da BROAD-ECOS-API em conjunto com o BROAD-ECOS-Auth para garantir a comunicação entre a plataforma e o serviço, pelo uso de metadados para identificação do conteúdo do serviço educacional, pelo 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 disponibilizados para desenvolvedores de aplicações compatíveis com o BROAD-ECOS, como a biblioteca *BroadEcosApi*, a documentação e as aplicações de exemplo para o desenvolvimento do Taughtology.

Durante sua execução, foi possível observar que, do ponto de vista de atores não técnicos como Apoio, Professor e Estudante o uso do BROAD-ECOS para a integração e acesso ao serviço externo não exige configurações técnicas. Na perspectiva do Professor, a adição do serviço exigiu conhecimento previamente do mesmo, na ausência de uma loja como observado anteriormente, a partir daí os metadados do mesmo são disponibilizados para análise, assim como os escopos requeridos pelo mesmo, com um link para acesso aos detalhes de cada um deles, caso haja dúvida.

6.2.2 Cenário de Uso II: Interação Entre Atores a Partir de Serviços

O Cenário de Uso II (CEN-II) visa demonstrar novas possibilidades de interação entre atores no ecossistema a partir dos serviços educacionais incorporados à plataforma através do BROAD-ECOS.

6.2.2.1 Objetivo

O objetivo do CEN-II é definido por:

- “**Analisar** a interação entre atores do ecossistema através de serviços educacionais **com a finalidade de** demonstrar a viabilidade dessas interações **com respeito à** transparência de aspectos técnicos **do ponto de vista de** atores do ecossistema **no contexto** de Ecossistemas de e-Learning”.

6.2.2.2 Planejamento

Para o CEN-II é utilizado o Taughtology, uma vez que o mesmo suporta a interação entre diferentes atores, e está dividido em 3 etapas (Tabela 12).

Etapas	Ator	Usuário	Descrição	Passos	Pontos de Observação
I	Estudante	Estudante I	Falha ao tentar superar um desafio do serviço Taughtology e o envia para um colega de turma.	1. Acessa o Taughtology 2. Erra a resposta do desafio recebido. 3. Seleciona um colega de turma para enviar o desafio.	• Detalhes técnicos a considerar no envio do desafio ao colega.
II	Estudante	Estudante II	Acessa ao Taughtology, recebe e vence o desafio	1. Acessa o Taughtology 2. Recebe o desafio 3. Vence o desafio. 4. Verifica os pontos recebidos.	-
III	Estudante	Estudante I	Recebe os pontos de bônus pelo colega ter acertado.	1. Acessa o Taughtology 2. Verifica os pontos recebidos devido ao acerto do colega desafiado.	-

Tabela 12 - Planejamento do CEN-II.

Na Etapa I, o Estudante I acessa o serviço Taughtology e falha ao tentar superar um desafio, podendo então desafiar um colega da turma a vencê-lo, recebendo pontos em

contrapartida. Na Etapa II um segundo estudante, o Estudante II, acessa o serviço Taughtology e aceita o desafio, conseguindo vencê-lo. Na Etapa II, o Estudante I acessa o serviço Taughtology e verifica que seu colega venceu o desafio e os pontos recebidos.

6.2.2.3 Execução

Uma vez preparado o cenário, o CEN-II foi executado etapa a etapa. Na Etapa I, o Estudante I acessa Taughtology e navega até um desafio, selecionando a opção errada como resposta. Foi exibida uma mensagem de falha, é dada a opção de desafiar um colega e receber alguns pontos caso o colega acertasse o desafio. Ao selecionar essa opção, uma caixa de diálogo é exibida listando os colegas de classe para seleção daquele que seria desafiado, onde o Estudante II foi selecionado (Figura 54).

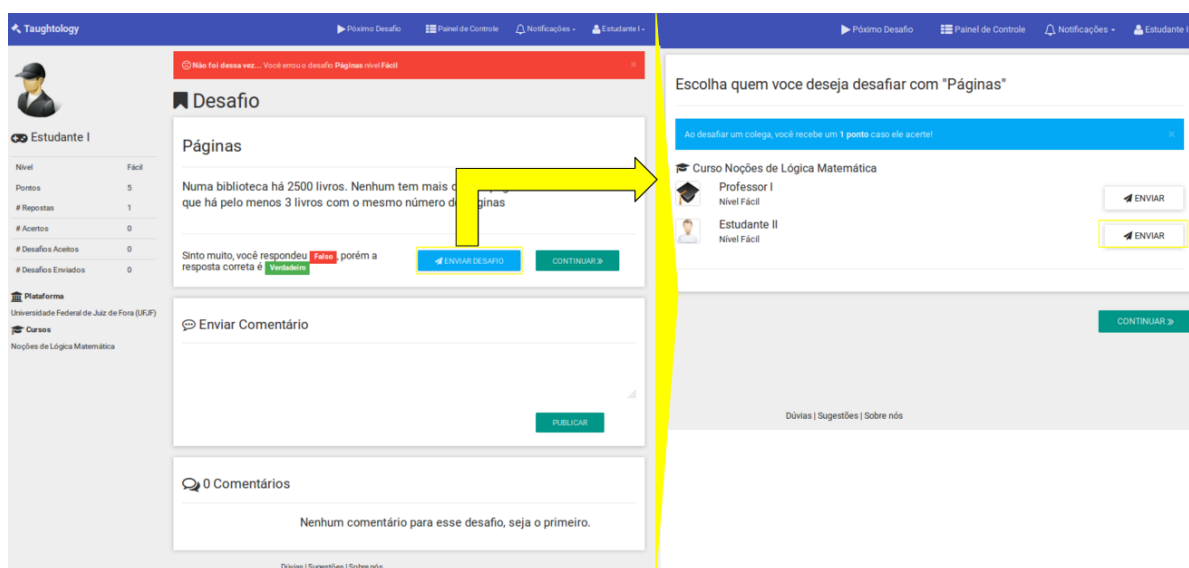


Figura 54 - Estudante falhando no desafio e desafiando colega.

Na Etapa II, o Estudante II acessa o Taughtology e verifica na área de notificações que recebeu um desafio. Ao aceita-lo é redirecionado para o desafio, onde escolhe a opção correta e uma mensagem de sucesso é exibida, assim como os pontos recebidos por ter vencido o mesmo (Figura 55).

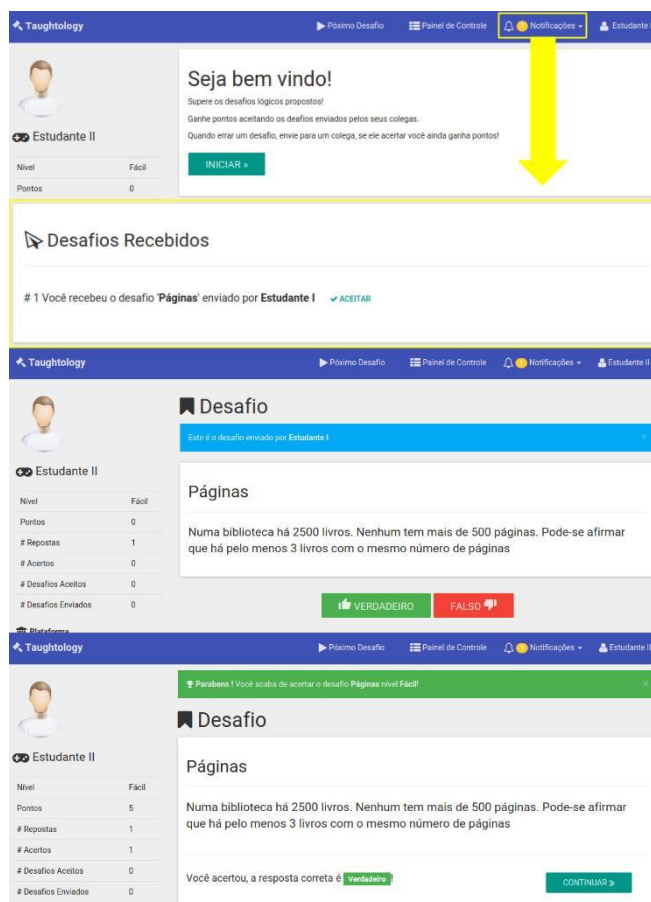


Figura 55 - Segundo estudante aceitando desafio.

Na Etapa III, o Estudante I retorna ao Taughtology, onde recebe uma notificação de sucesso no desafio ao Estudante II e verifica a pontuação recebida pelo sucesso do colega (Figura 56).

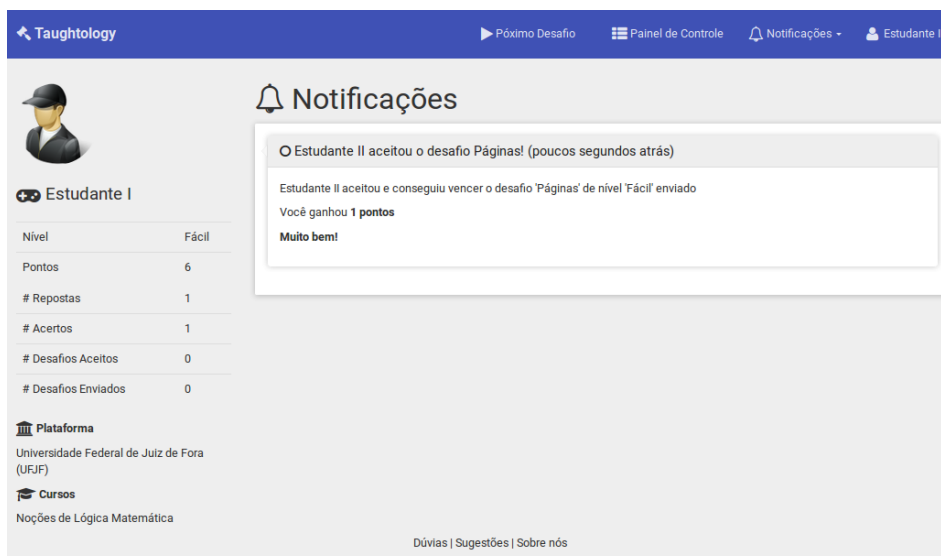


Figura 56 - Estudante sendo notificado do sucesso do colega.

6.2.2.4 Evidências Observadas

OCEN-II demonstra que a interação entre diferentes atores através de um serviço é viável dentro da proposta BROAD-ECOS, isso é possível pois o serviço recebeu autorização para visualizar os demais participantes do curso atual, viabilizando a interação entre os mesmos como usuários do serviço. Uma característica que pôde ser observada no CEN-II é que nenhum detalhe técnico dessas interações precisa ser definido ou compreendido pelos usuários. A interação entre participantes através de serviços abre possibilidades de uma série de aplicações dentro do contexto educacional, seja através de trabalhos em grupos, cooperativos ou competitivos.

6.2.3 Cenário de Uso III: Interação Entre Serviços

O Cenário de Uso III (CEN-III) visa demonstrar que serviços podem ser integrados e trocar informações entre si e com a plataforma através do BROAD-ECOS.

6.2.3.1 Objetivo

O objetivo do CEN-III é definido por:

- “**Analisar a** integração entre Serviços Educacionais disponibilizados em uma mesma plataforma **com a finalidade de** demonstrar a viabilidade dessas interações **com respeito à** troca de informações e compartilhamento de um modelo comum do domínio educacional **do ponto de vista de** atores do ecossistema **no contexto** de Ecossistemas de e-Learning”.

6.2.3.2 Planejamento

Para o CEN-III são necessários dois serviços de modo que seja possível visualizar em um deles o impacto das ações no outro. As etapas são: Etapa I: o Professor I adiciona dois serviços em um curso; Etapa II: o Estudante I realiza ações no primeiro serviço; e Etapa III: o Estudante I acessa o segundo serviço e verifica impactos das ações realizadas no primeiro serviço. Os detalhes de cada etapa, bem como os passos para sua realização e os pontos de observação identificados são apresentados na Tabela 13.

Etapa	Ator	Usuário	Descrição	Passos	Pontos de Observação
I	Facilitador	Professor I	Adiciona no curso duas atividades de serviços externos no curso.	1. Acessa o curso. 2. Adiciona a atividade relacionada ao primeiro serviço. 3. Adiciona a atividade relacionada ao segundo serviço	-
II	Estudante	Estudante I	Acessa o primeiro serviço e realiza ações no mesmo, gerando informações.	1. Acessa ao primeiro serviço. 2. Realiza uma ação dentro do serviço.	-
III	Estudante	Estudante I	Acesso ao segundo serviço e consegue visualizar impactos das ações no primeiro serviço.	1. Acessa o segundo serviço. 2. Verifica impactos das alterações realizadas no primeiro serviço.	-

Tabela 13- Planejamento do CEN-III.

6.2.3.3 Execução

Uma vez preparado o cenário, a CEN-III foi executada etapa a etapa. Na Etapa I o professor acessa o Moodle e navega até o curso Introdução à Lógica que já possui o serviço Taughtology incluído como uma atividade. Ele então entra na página de edição do curso e adiciona uma nova atividade, e na tela seguinte seleciona o tipo de atividade “mod-broad-ecos”. Na página de configuração da atividade o Professor informa a URI do Rankr e imediatamente os escopos solicitados pelo serviço para integração são exibidos, assim como os metadados IEEE LOM do mesmo. Uma vez verificados os metadados e dadas as permissões ao serviço o Professor edita o nome da atividade e sua descrição, alinhando-as com sua proposta para inclusão da mesma no curso, da mesma forma que foi realizada com o Taughtology (Figura 57).

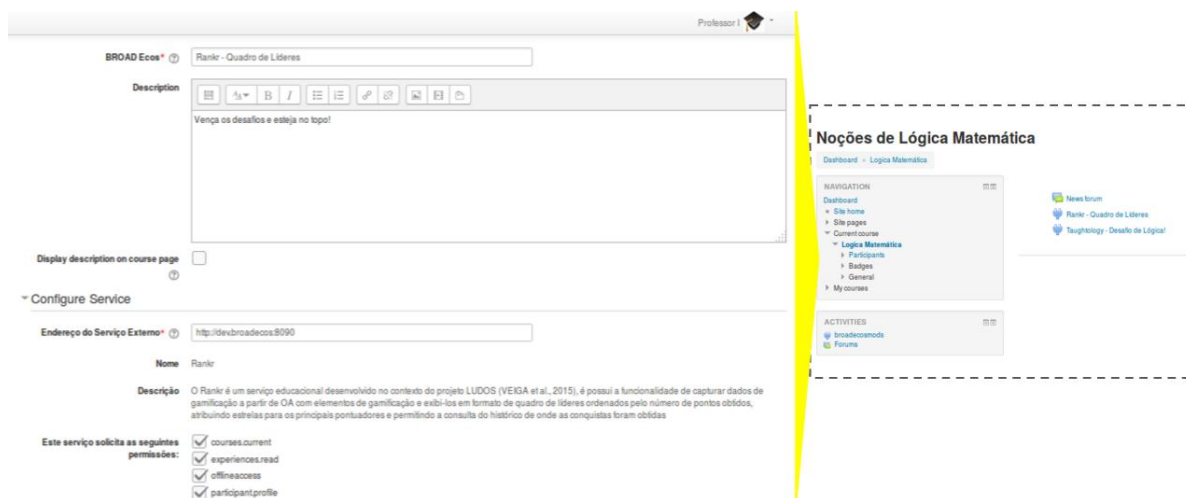


Figura 57 - Professor adiciona o Rankr v2 ao curso.

Na Etapa II, o Estudante I acessa o Taughtology e responde um desafio, acertando e recebendo pontos pelo mesmo (Figura 58).

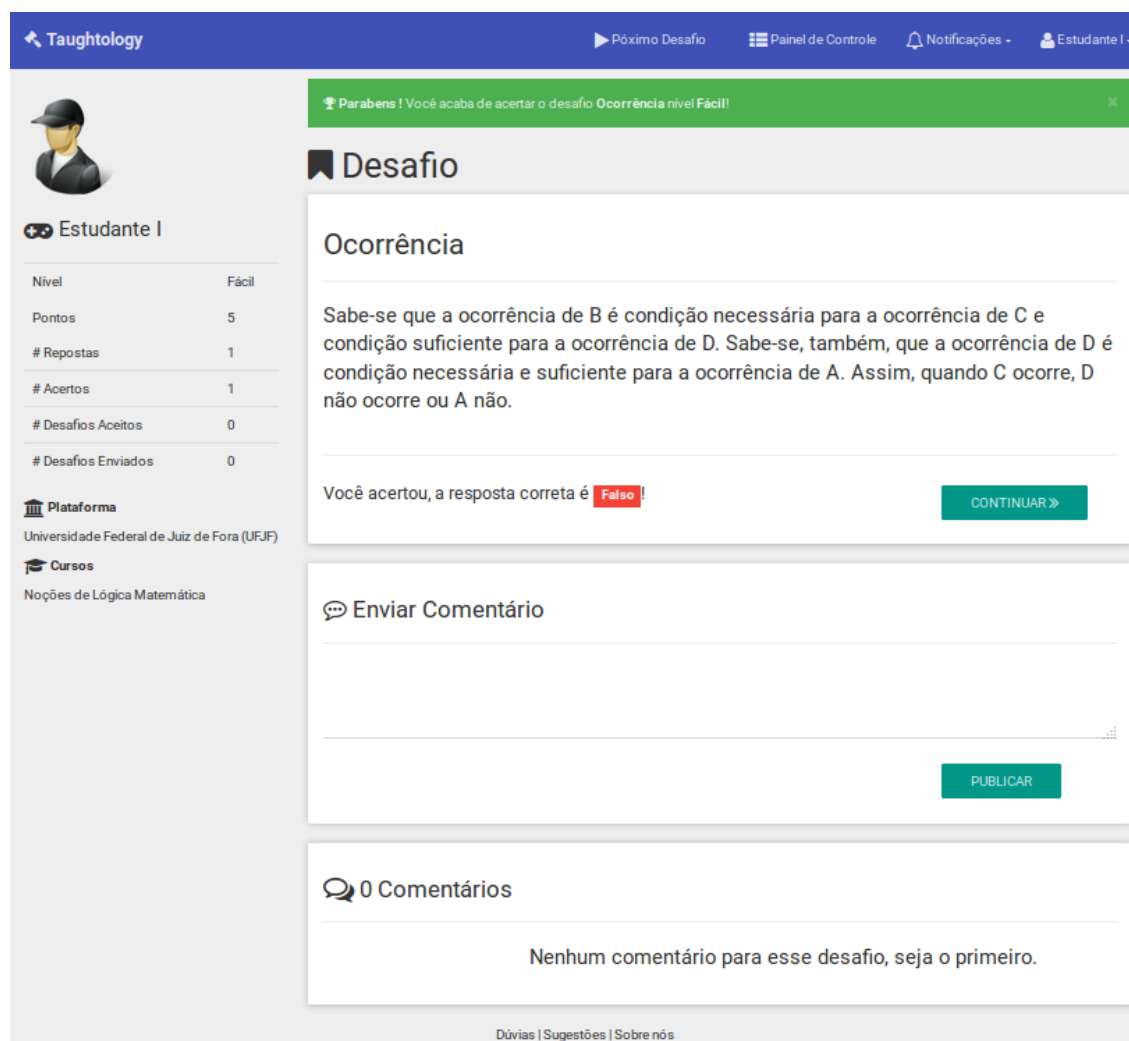


Figura 58 - Estudante vence desafio e recebe pontos no Taughtology.

Na Etapa III, o Estudante II acessa o Rankr e visualiza sua pontuação e posição no quadro de líderes. Ao se clicar em seu perfil, é possível visualizar detalhes dos pontos obtidos no Taughtology (Figura 59).

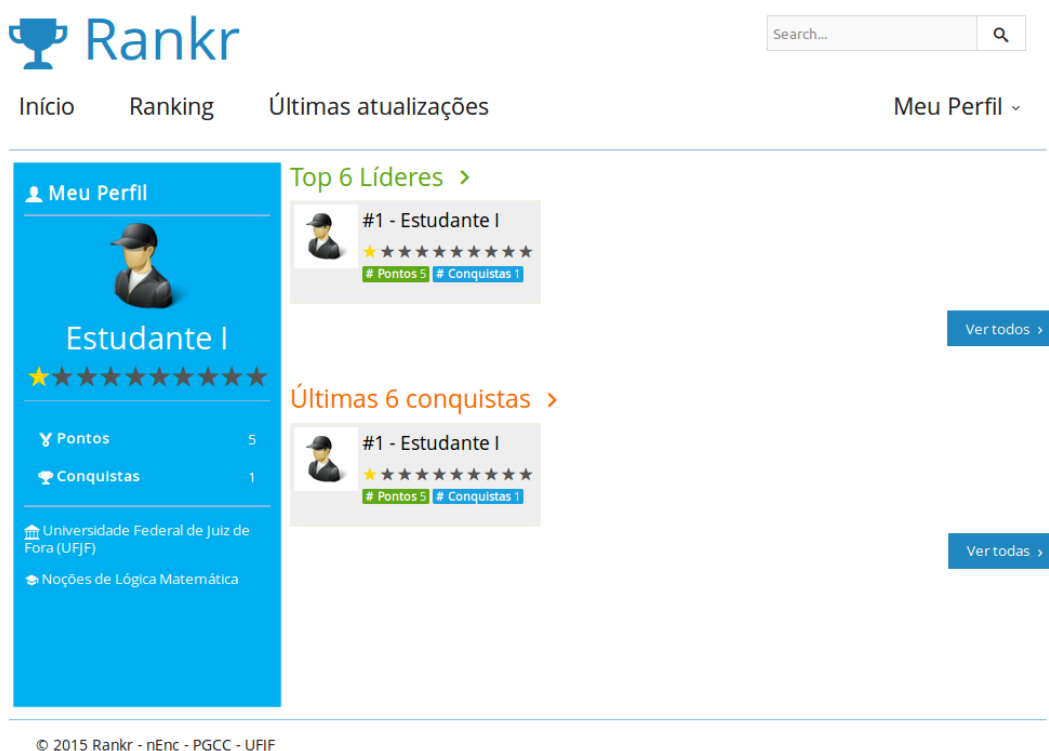


Figura 59 - Estudante consulta os pontos obtidos no Rankr.

6.2.3.4 Evidências Observadas

O CEN-III demonstra que a interação entre diferentes serviços integrados a uma mesma plataforma é viável dentro da proposta BROAD-ECOS. As formas utilizadas para a troca de informações nos cenários de uso foram as experiências de aprendizagem disponibilizadas por um serviço, que pode ser consultado por outros serviços que tenham recebido permissão para acessar esse tipo e informação. No entanto, o compartilhamento de um modelo comum do domínio educacional é importante para que as aplicações possam trocar informações, assim como a escolha cuidadosa dos dados que serão disponibilizados na forma de experiências de aprendizagem.

Uma característica adicional que pôde ser observada no CEN-III é que nenhum detalhe técnico para a integração dos serviços precisa ser definido ou compreendido pelos usuários. A interação entre serviços abre possibilidades de uma série de aplicações dentro do contexto educacional para a composição de novas soluções a partir de serviços existentes.

A escolha de uma forma neutra de representação dos verbos nas experiências, as URIs de verbetes do RDF da FrameNet utilizadas no CEN-III, favorece a integração entre serviços de fornecedores diferentes de forma não ambígua. Também é importante observar que na CEN-III foi realizada a adaptação de um Serviço Educacional pré-existente desenvolvido em outro contexto para que fosse compatível com o BROAD-ECOS, demonstrando as poucas exigências para que um serviço seja compatível favorecem essa adaptação.

6.2.4 Cenário de Uso IV: Extensão da Integração Entre Plataforma e Serviço

O Cenário de Uso IV (CEN-IV) visa demonstrar que o BROAD-ECOS suporta a extensão da comunicação entre plataforma e serviço para atender às demandas de contextos educacionais específicos.

6.2.4.1 Objetivo

O objetivo do CEN-IV é definido por:

- “**Analisar a** extensão da comunicação entre plataforma e serviço definidas no BROAD-ECOS **com a finalidade de** demonstrar sua viabilidade **com respeito à** sua flexibilidade para a criação de soluções para contextos educacionais específicos **do ponto de vista de** atores do ecossistema **no contexto de** Ecossistemas de e-Learning”.

6.2.4.2 Planejamento

Para o CEN-IV, é necessário desenvolver uma funcionalidade não definida no BROAD-ECOS-API, usando os seus pontos de extensão para adicioná-la no ecossistema. Para isso, as etapas são: Etapa I, o Professor I adiciona em um curso um serviço que requer uma extensão que não faz parte da BROAD-ECOS-API, e que por isso requer um escopo adicional, que permite a matrícula de estudantes em no curso em que o serviço foi adicionado; Na Etapa II, o Apoio I acessa o serviço e adiciona estudantes da plataforma no curso onde o serviço foi adicionado através do serviço. Na Etapa III, o Estudante III, que não estava matriculado, acessa a plataforma e tem acesso liberado ao curso em que foi matriculado. Os detalhes de cada etapa, bem como os passos para sua realização e os pontos de observação

identificados podem são apresentados na Tabela 14.

Etapa	Ator	Usuário	Descrição	Passos	Pontos de Observação
I	Facilitador	Professor I	Adiciona no curso uma atividade de um serviço externo no curso.	1. Acessa o curso. 2. Adiciona a atividade relacionada ao serviço.	-
II	Apoio	Apoio I	Realiza a matrícula de um estudante pelo serviço.	1. Acessa o serviço a partir do curso. 2. Seleciona um aluno não matriculado no curso atual e efetua a matrícula do mesmo pelo serviço.	-
III	Estudante	Estudante I	Acessa a plataforma e ao curso em que foi matriculado.	1. Acessa o curso.	-

Tabela 14 - Planejamento da CEN-IV.

Apesar do ambiente utilizando o Moodle como AVA, a implementação do BROAD-ECOS através do *plugin* broad-ecos-mod durante a CEN-I, é necessário adicionar o suporte à extensão necessária para a CEN-IV. Um novo serviço que dependa dessa extensão deve ser desenvolvido.

6.2.4.3 Execução

Uma vez desenvolvidos os recursos necessários, a execução foi realizada etapa a etapa. Na Etapa I, o usuário Professor I acessa o Moodle e navega até a sua página de cursos, selecionando um de seus cursos, o de 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. Na página de configuração da atividade, o Professor informa a URI do e-Enrollment, o serviço desejado, e imediatamente os escopos solicitados pelo serviço para integração são exibidos, incluindo um escopo relacionado à extensão criada. Ao autorizar o serviço, este é adicionado ao curso (Figura 60).

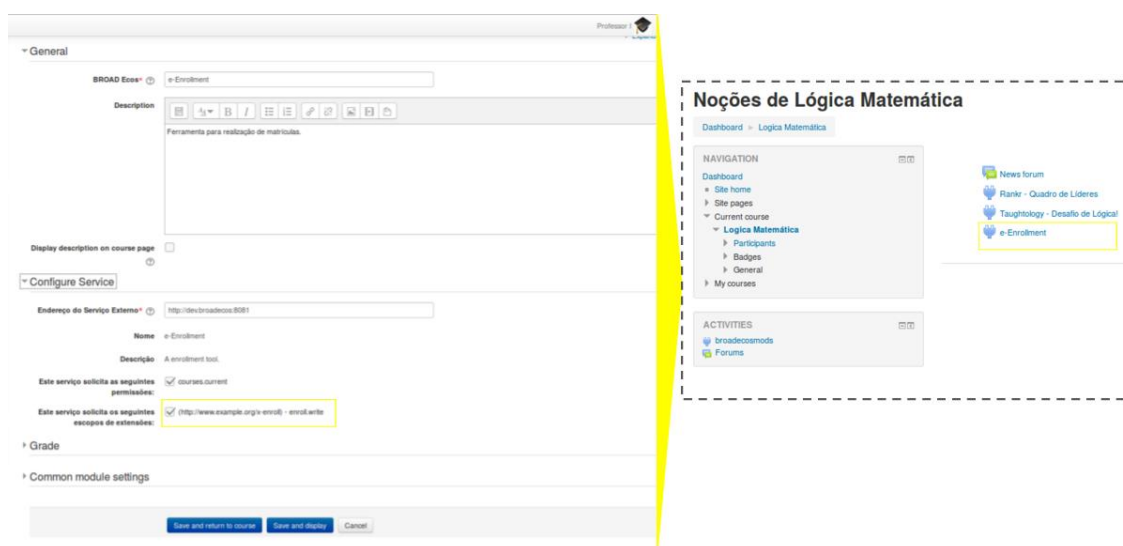


Figura 60 - Professor adicionando e-Enrollment no curso.

Na Etapa II, o Apoio I acessa a página do curso e o serviço a partir daí, visualizando os estudantes cadastrados na plataforma que não estão matriculados na plataforma, visualizando na frente de cada um deles o botão “matricular”. O usuário Apoio I realiza a matrícula do Estudante III no curso de introdução à Lógica (Figura 61).

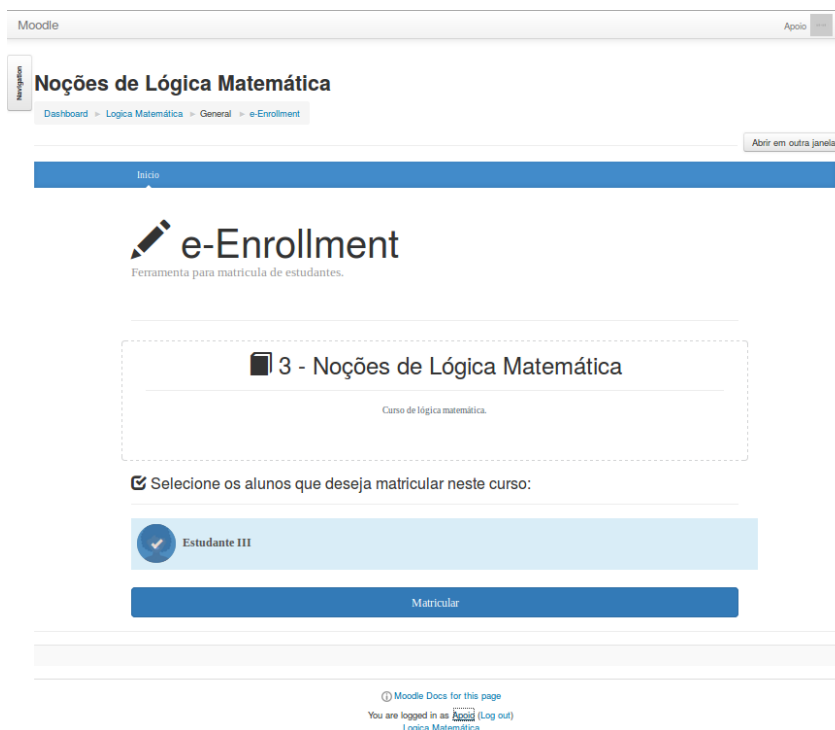


Figura 61 – Apoio à matrícula do estudante.

Na Etapa III, o Estudante III acessa a página da plataforma e visualiza o curso de Introdução à Lógica, no qual foi matriculado. Ele acessa o curso e visualiza as atividades disponíveis no mesmo (Figura 62).

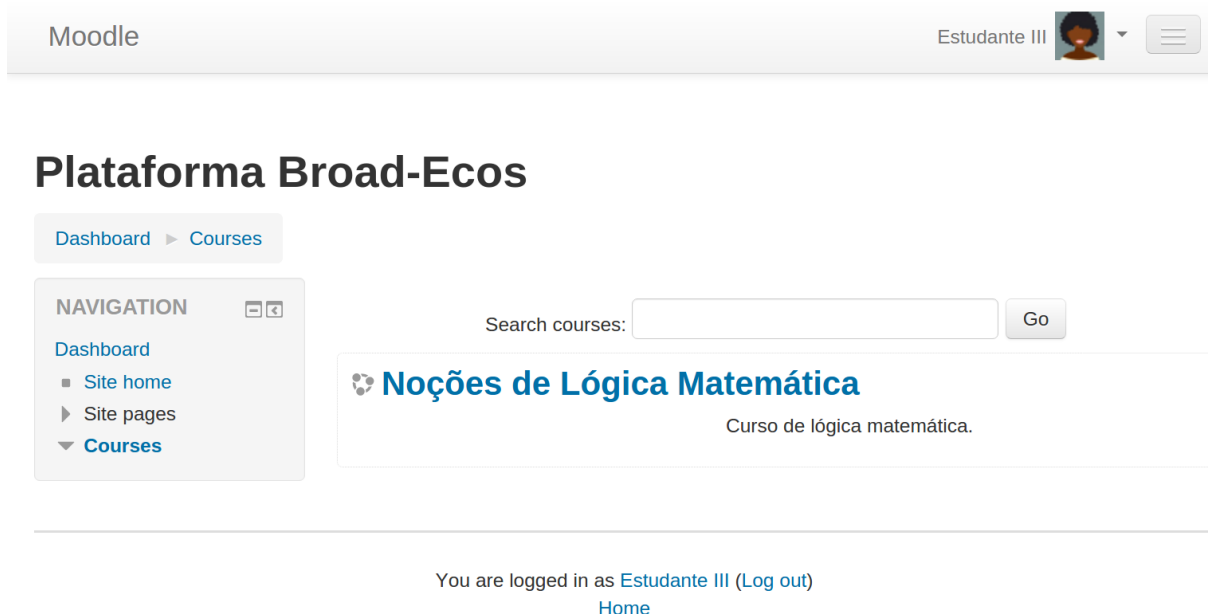


Figura 62 - O estudante matriculado consegue acessar o curso após a matrícula.

6.2.4.4 Evidências Observadas

O CEN-IV demonstra que as possibilidades de extensão do BROAD-ECOS para incorporar novos recursos demandados nos diferentes contextos educacionais com necessidades específicas. Do ponto de vista dos atores, não foi necessário que nenhum detalhe técnico fosse informado ou entendido para que a utilização da extensão fosse aplicável. A única diferença para uma integração sem uso de extensões são os novos escopos que uma extensão pode exigir e o ator não estar familiarizado.

A definição de novos recursos e extensão através de uma maneira uniforme favorece a utilização do BROAD-ECOS mesmo em cenários com necessidades não atendidas na especificação, e permite ainda que extensões muito utilizadas pelas organizações sejam incorporadas como parte do próprio BROAD-ECOS, o que é importante para a evolução do próprio BROAD-ECOS em um contexto inter-organizacional.

6.3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são discutidas as contribuições dos cenários de uso realizados para a validação das características definidas para a arquitetura proposta, dos objetivos desta pesquisa e da verificação da hipótese desta pesquisa a partir das evidências observadas (Figura 63).

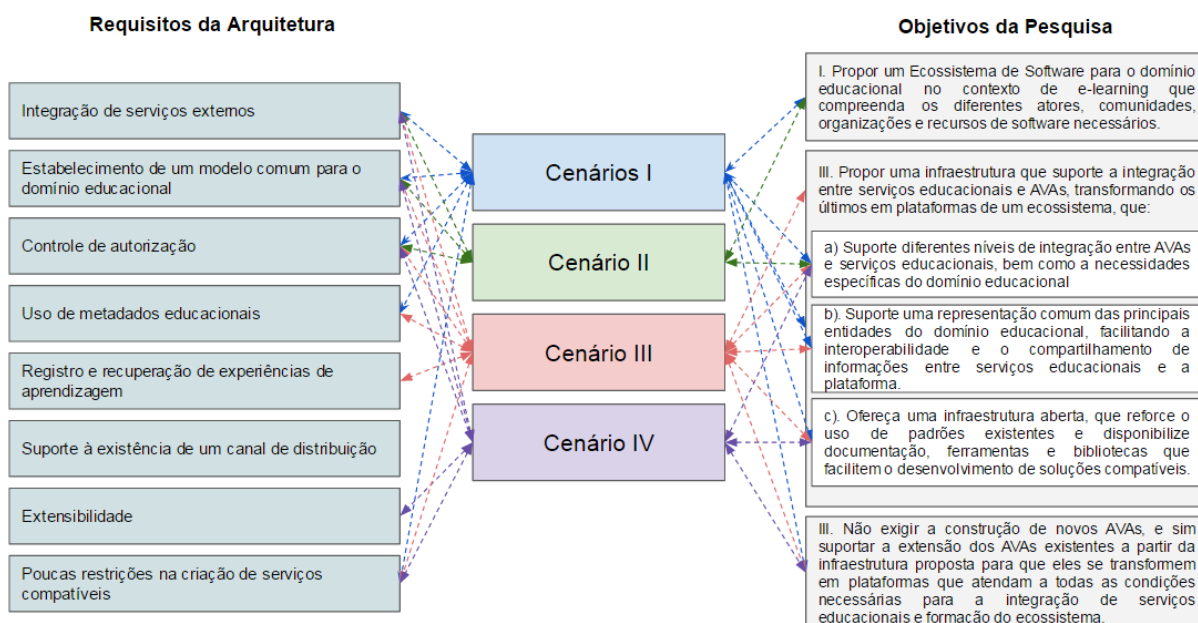


Figura 63 - Relação entre as avaliações realizadas e os objetivos da pesquisa e as características definidas para a arquitetura do BROAD-ECOS.

Durante o projeto do BROAD-ECOS, foram definidas as características que sua arquitetura deveria permitir que fossem adicionadas nos AVAs descritas no capítulo anterior. Os cenários de uso contribuem para demonstrar que foram atendidas e são apontadas evidências da verificação das características da arquitetura. A única característica arquitetural não verificada é a viabilidade da existência de um canal de distribuição.

Requisitos da Arquitetura	Cenários de uso				Evidências
	I	II	III	IV	
Integração de serviços externos	X	X	X	X	Embora os CEN-I e CEN-III destaquem exclusivamente a integração com a plataforma e entre si, o CEN-II e o CEN-IV também comprovam outros conceitos que ocorrem sobre a integração de serviços externos à AVAs
Estabelecimento de um modelo comum para o domínio educacional	X	X	X	X	Toda comunicação entre a plataforma e os serviços e os serviços entre si nas provas de conceito se basearam em um modelo do domínio definido pelo BROAD-ECOS. O CEN-IV mostra uma evidência de que mesmo em um caso específico não coberto pela proposta, é possível utilizar o modelo proposto para comunicação e desenvolvimento de novas funcionalidades.
Controle de autorização	X	X	X	X	Toda comunicação entre a plataforma e os serviços nos cenários de uso utilizaram o BROAD-ECOS-Auth e os conceitos de escopos para definir o nível de autorização de cada serviço.
Uso de metadados educacionais	X		X		A consulta de metadados para adicionar serviços educacional em cursos foi demonstrado nos CEN-I e CEN-III

Registro e recuperação de experiências de aprendizagem			X		O registro e recuperação de experiências foi demonstrado no CEN-III, onde ocorre a comunicação entre serviços através de experiências educacionais dos estudantes.
Extensibilidade				X	A extensibilidade da proposta pôde ser verificada no CEN-IV, onde uma extensão foi desenvolvida e demonstrada.
Poucas restrições na criação de serviços compatíveis	X		X	X	As poucas demonstrações para criação de serviços foram demonstradas durante a criação de três serviços educacionais para os CEN-I, CEN-III e CEN-IV. Em especial, o CEN-III trata da adaptação de um serviço educacional pré-existente, evidenciando esta característica.

Tabela 15 - Evidências para a verificação das características da arquitetura com base nos cenários de uso.

Os objetivos definidos para a presente pesquisa são mais amplos do que as características definidas para a arquitetura proposta. No entanto, é possível relacioná-los às evidências obtidas a partir dos cenários de uso. Na Tabela 16, os objetivos do presente trabalho são relacionados às evidências obtidas nos cenários de uso realizadas. Os cenários de uso realizadas oferecem indícios para uma validação preliminar da proposta.

Objetivos de Pesquisa	Cenários de uso				Evidências
	I	II	III	IV	
I. Propor um Ecossistema de Software para o domínio educacional no contexto de e-Learning que compreenda os diferentes atores, comunidades, organizações e recursos de software necessários.	X	X	X	X	- Integração de serviços aos AVAs (CEN-I, CEN-IV) - Integração entre serviços através da plataforma (CEN-III) - Novas interações entre atores (CEN-II) viabilizadas através de serviços. - Provas de conceito sobre as perspectivas dos atores do ecossistema, estabelecendo-os como base para compreensão dos resultados obtidos.
III. Propor uma infraestrutura que suporte à integração entre serviços educacionais e AVAs, transformando os últimos em plataformas de um ecossistema, que:	X				Foi realizado o desenvolvimento de uma infraestrutura para a CEN-I, a partir de onde três serviços, desenvolvidos com outras tecnologias e plataformas, foram integrados.
III. a. Suportar diferentes níveis de integração entre AVAs e serviços educacionais, bem como as necessidades específicas do domínio educacional	X		X	X	- Em cada um dos três serviços integrados nos CEN-I, CEN-III e CEN-IV foi necessário definir quais as permissões os serviços teriam. - Cada um dos serviços utilizados nas provas de conceito possui um nível de integração diferente com a plataforma.
III. b. Suportar uma representação comum das principais entidades do domínio educacional, facilitando a interoperabilidade e o compartilhamento de informações entre serviços educacionais e a plataforma.	X	X	X	X	Toda comunicação entre a plataforma e os serviços e os serviços entre si nos cenários de uso se basearam em um modelo do domínio definido pelo BROAD-ECOS.

III. c. Oferecer uma infraestrutura aberta, que reforce o uso de padrões existentes e disponibilize documentação, ferramentas e bibliotecas que facilitem o desenvolvimento de soluções compatíveis.	X		X	X	Recursos de software como ferramentas, bibliotecas e documentação foram utilizados para o desenvolvimento dos serviços nos CEN-I, CEN-III e CEN-IV.
VII. Não exigir a construção de novos AVAs, e sim suportar a extensão dos AVAs existentes a partir da infraestrutura proposta para que eles se transformem em plataformas que atendam a todas as condições necessárias para a integração de serviços educacionais e formação do ecossistema.	X				No CEN-I o AVA Moodle foi utilizado a partir do seu <i>website</i> e a infraestrutura foi integrada a partir do desenvolvimento de um <i>plugin</i>.

Tabela 16 - Evidências para a verificação dos objetivos desta pesquisa com base nos cenários de uso.

Os cenários de uso realizados buscam ainda avançar na resposta da questão de pesquisa apresentada nesta pesquisa, que busca comprovar que “*se os ambientes de e-Learning forem transformados em plataformas sob a perspectiva de Ecossistema de Software, com recursos para a integração de ferramentas externas considerando-se as necessidades de colaboração inter-organizacional, o compartilhamento de soluções e recursos educacionais é favorecido*”. Enquanto o questionário permitiu verificar os elementos identificados no ecossistema e a relevância dos aspectos abordados no ecossistema propostos, os cenários de usos realizados apresentam indícios consistentes de que transformar os ambientes de e-Learning em plataformas utilizando os conceitos de ecossistemas abre novas possibilidades de interação entre atores e recursos de softwares educacionais na forma de serviços nesses ecossistemas, o que contribui para uma confirmação preliminar da hipótese apresentada nessa dissertação.

6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, foi apresentada a metodologia de realização dos cenários de uso, descritas as etapas de sua realização e discutidas as evidências obtidas a partir de cada uma delas. Também foi feita uma análise mapeando as evidências obtidas com as características definidas para a arquitetura, objetivos da proposta e hipótese apresentada no presente trabalho. Embora os objetivos da proposta sejam amplos e menos objetivos que as características da arquitetura, foi possível obter indícios de sua viabilidade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações finais sobre esta dissertação, argumentando as principais contribuições deste trabalho, suas limitações e os trabalhos futuros.

7.1 CONCLUSÕES

Um projeto de pesquisa científica possui sete características fundamentais descritas por DRESCH *et al.* (2015, apud HAVNER *et al.*, 2014), que consistem na (I) criação de um artefato para (II) atender a um problema em particular, (III) cuja utilidade deve ser explicitada através de uma avaliação apropriada de sua aplicabilidade e (IV) os resultados e contribuições da pesquisa devem ser compartilhado com os profissionais interessados e a academia. Para assegurar sua validade, (V) as investigações devem ser conduzidas com rigor e (VI) as possíveis formas de solução analisadas e, por fim, (VII) os resultados devem ser comunicados aos interessados.

Dessa forma, esta pesquisa atende aos sete critérios fundamentais ao propor (I) o BROAD-ECOS para (II) favorecer o desenvolvimento, compartilhamento e reúso de serviços educacionais em um contexto inter-organizacional, (III) avaliá-lo por meio de um questionário para validação dos elementos do ecossistema e cenários de uso para avaliar a infraestrutura definida quanto aos objetivos propostos e demonstrar a viabilidade técnica da proposta, dos conceitos e das tecnologias envolvidas no projeto em seu contexto real de utilização, e (IV) apresentar os resultados à comunidade acadêmica e aos profissionais interessados através da presente dissertação, dos recursos disponibilizados na internet e das publicações. Mantendo (V) o rigor metodológico durante seu desenvolvimento, (VI) analisando as soluções existentes no contexto de Ecossistemas de e-Learning e integração de serviços a ambientes de e-learning e (VII) garantindo a publicação dos resultados.

Algumas conclusões foram identificadas após o desenvolvimento desta pesquisa, a citar:

- O suporte a diferentes níveis de integração entre serviços externos e a plataforma pode permitir o uso do BROAD-ECOS tanto para integrar jogos e atividades simples quanto módulos de gestão acadêmica completos, e sob essa perspectiva esse recurso pode ampliar as possibilidades de serviços educacionais compartilhados entre organizações.

- Um ponto que se mostrou de grande valor no desenvolvimento deste trabalho, em especial durante a avaliação, foi a ênfase em manter uma arquitetura que exigisse poucas restrições para a criação de serviços, o que pode facilitar o interesse de terceiros a desenvolver soluções compatíveis ou adaptar soluções existentes para o 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.
- Desde seus estágios iniciais, uma das características definidas para esta pesquisa foi a importância de abraçar a diversidade do domínio educacional em oposição a definição de uma solução específica com fortes restrições de compatibilidade. Essa opção se manifestou em vários componentes e recursos da proposta e se mostrou um desafio interessante, dando indícios de que é possível compreender um ecossistema mesmo em um domínio tão heterogêneo.

Esta pesquisa busca facilitar o desenvolvimento, reúso e compartilhamento de recursos educacionais em um contexto inter-organizacional, e a proposta apresentada é uma forma de atender aos objetivos propostos nessa direção. No entanto, sua perspectiva abrangente abre espaço para refinamento, evolução e novas pesquisas que se aprofundem em contextos, objetivos educacionais, abordagens pedagógicas e necessidades organizacionais específicas.

7.2 CONTRIBUIÇÕES

A presente pesquisa possui aspectos inovadores tanto em relação à integração de serviços educacionais em AVAs quanto em relação a Ecossistemas de e-Learning.

A integração de serviços, como aplicações independentes ligadas à plataforma apenas pelos serviços que deseja acessar e possuindo um conjunto restrito de escopos autorizados, existe em outros domínios, como as aplicações para as plataformas móveis e aplicações compatíveis com o Facebook. Porém, no domínio educacional, com o controle de autorização no nível de curso e controlados pelo facilitador alinhado a seus objetivos educacionais e proposta pedagógica para aquela turma, é uma contribuição desta pesquisa.

Embora seja uma característica de ECOS oferecer pontos de extensão para incorporar

soluções de terceiros, a proposta apresentada oferece um mecanismo de extensão que permite que novos recursos sejam adicionados, ao mesmo tempo que elimina possibilidades de conflito e permite que organizações criem soluções para contextos educacionais específicas mantendo a compatibilidade com a proposta e permitindo que recursos amplamente utilizados pelas organizações sejam incorporados na mesma, viabilizando sua evolução.

Apesar de existirem trabalhos relacionados com Ecossistemas de e-Learning e uma fundamentação teórica sólida para ECOS, essas duas áreas de pesquisa não possuem uma base teórica comum, e esta pesquisa contribui com a pesquisa de ecossistemas no domínio de e-Learning, analisando os Ecossistemas de e-Learning existentes sob as características de ECOS, aprofundando e aproximando as duas áreas, ao definir Ecossistemas de e-Learning como um ECOS no domínio de e-Learning.

Uma outra contribuição desta pesquisa é a junção de duas áreas diferentes, a integração de ferramentas externas e os Ecossistemas de e-Learning, sob uma terceira perspectiva, de ECOS, para atender ao objetivo proposto de favorecer o desenvolvimento, compartilhamento e reúso de recursos educacionais em um contexto inter-organizacional.

7.3 LIMITAÇÕES

Embora em seu estágio atual, do presente trabalho tenha permitido alguns avanços em relação aos objetivos e à resposta à questão de pesquisa, existem algumas limitações que devem ser consideradas.

Um dos aspectos críticos em Sistemas de Informação é a segurança, para integração de serviços aos AVAs, foi desenvolvido o BROAD-ECOS-Auth, baseado no OAuth 2, com características específicas como a possibilidade de não se conhecer os lados da integração a priori e de permitir o controle do nível de integração por curso com autorização pelo professor e não no nível de usuário como o OAuth 2. No entanto, o protocolo desenvolvido precisa ser mais estudado e avaliado como um assunto de pesquisa a parte, levando em consideração aspectos aprofundados de segurança de sistemas.

A única característica arquitetural definida e não incluída por padrão e não avaliada no escopo deste trabalho é a disponibilização de um canal de distribuição, como uma loja de serviços educacionais onde os professores podem encontrar e adicionar serviços educacionais. Embora o BROAD-ECOS especifique recursos para a sua criação através do BROAD-ECOS-DC, a inclusão desse componente não é obrigatória.

Nem todos os recursos da BROAD-ECOS-API foram desenvolvidos nos artefatos produzidos neste trabalho, permitindo uma avaliação das principais características arquiteturais e demonstração de sua viabilidade técnica, mas não foi desenvolvida uma versão completa com todas as definições de recursos apresentada.

Não são considerados aspectos relacionados à interação e usabilidade no ecossistema proposto. No entanto em um cenário com serviços distribuídos e na busca por atingir um público não necessariamente familiarizado com tecnologia, como demonstrado na avaliação, esses aspectos são particularmente relevantes.

Um aspecto fundamental para a criação de uma solução que favoreça o desenvolvimento inter-organizacional é a existência de uma comunidade ativa e confiável para a criação de recursos, documentos e exemplos compatíveis. Embora diversos artefatos, recursos e exemplos tenham sido disponibilizados na *web*, eles foram desenvolvidos no escopo desse trabalho, e sem apoio de uma organização ou grupo de trabalho é muito difícil a adoção e evolução da proposta no contexto ao qual se destina.

7.4 TRABALHOS FUTUROS E PERSPECTIVAS

A partir da infraestrutura proposta, sob a perspectiva de ECOS, existem muitas possibilidades a explorar. Um trabalho futuro importante é a implementação de todos os recursos da BROAD-ECOS-API descritos e aperfeiçoamento dos artefatos e da documentação necessária para permitir novas pesquisas e sobretudo por terceiros.

Embora neste trabalho a integração tenha sido baseada em serviços educacionais no contexto da *web*, o BROAD-ECOS pode incluir serviços educacionais em outros contextos, como dispositivos móveis, jogos de computador, simulações em 3D e dados coletados a partir de eventos no mundo real para criar experiências de aprendizagem diversificadas.

Outro trabalho futuro é a evolução do BROAD-ECOS-DC, que é um primeiro passo em relação à criação de um canal de distribuição de serviços educacional para o BROAD-ECOS, mas que não explora características específicas do domínio educacional, como a avaliação e recomendações dos serviços de acordo com os contextos educacionais em que se aplicam, suporte a pagamento e licenciamento e a busca semântica por informações de domínio de serviços educacionais. Embora, na versão atual, o suporte a extensão do BROAD-ECOS permite que lojas com essas características sejam criadas por terceiros e se tornem padrões em versões futuras.

Também é uma perspectiva de continuidade desse trabalho aplicar a proposta desenvolvida em contextos reais de utilização, utilizando a possibilidade de extensão através da criação de serviços como forma de oferecer novos recursos nesses ambientes e reutilizá-los individualmente em outros contextos.

E por fim, ampliar as contribuições desse trabalho dentro do BROAD, incluindo na visão de ecossistema possibilidades relacionadas a outros trabalhos dentro do projeto, como recomendação individuais e em grupos, redes sociais e jogos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADL; **Advanced Distributed Learning: Training and Learning Architecture (TLA): Experience API (xAPI)**. 2014. Disponível em <<http://www.adlnet.gov/tla/experience-api>>, Acessado em 12 de Outubro de 2015.

AGÊNCIA BRASIL, **Educação a distância cresce mais que a presencial**. Agência Brasil - Empresa Brasil de Comunicação. 2013. Disponível em:<<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-09-17/educacao-distancia-cresce-mais-que-presencia>>.Acessado em 19 de Dezembro de 2015.

ALARIO-HOYOS, C. e WILSON, S. **Comparison of the main alternatives to the integration of external tools in different platforms**. International Conference of Education, Research and Innovation, ICERI. 2010.

ANRDT, J. E DIBBERN, J. **o-Innovation in a Service Oriented Strategic Network**, Services Computing, 2006.SCC '06. IEEE International Conference on, p. 285 - 288. 2006.

BARBOSA, O. E ALVES, C.**A Systematic Mapping Study on Software Ecosystems**", In: Proceedings of the 3rd International Workshop on Software Ecosystems, 2nd International Conference on Software Business, pp. 15-26, Brussels, Belgium, June. 2011.

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**, In: Jansen, S.; Brinkkemper, S. e Cusumano, M. Software Ecosystems: Analyzing and Managing Business Networks in the Software Industry. Edward Elgar Publishing, 2013.

BERGER, T., Pfeiffer, R. H., Tartler, R., Dienst, S., Czarnecki, K., Wąsowski, A. e She, S. **Variability mechanisms in software ecosystems**.Information and Software Technology, 56(11), 1520-1535. 2014.

BASILI, Victor R. **Software modeling and measurement: the Goal/Question/Metric paradigm**. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=137076>>. Acessado em 26 de Dezembro de 2016. 1992.

BOEHRINGER, D.; Bernlohr, H. **CampusConnect: An open-source initiative to connect Learning Management Systems**, Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE, 2014.

BOETTINGER, C. 2015. **An introduction to Docker for reproducible research**. SIGOPS Oper. Syst. Rev. 49, p. 71-79. 2015.

BOSCH, J.; **From Software Product Lines to Software Ecosystem**, In: Proceedings of 13th International Software Product Line Conference, pp. 1-10, San Francisco, CA, USA. 2009.

BOSCH, J. **Software ecosystems: Taking software development beyond the boundaries of the organization**, JSS, 85 (7), 1453-1454, 2012.

BOSCH, J. e BOSCH-SIJTSEMA, P.;**From Integration to Composition: On the Impact of**

Software Product Lines, Global Development and Ecosystems, Journal of Systems and Software, v. 83, n. 1 (January), pp. 67-76. 2010.

BRODO, J. A. **Today's Ecosystem of e-Learning**. Trainer Talk, Professional Society for Sales & Marketing Training, Vol. 3, No 4, 2006.

CAMPOS, F.; Braga, R.; Nery, T. e Santos, N. **Rede de Ontologias: apoio semântico a linha de produtos de objetos de aprendizagem**. Anais do Simpósio Bras. Informática na Educação, vol. 23, no. SBIE, pp. 26–30. 2012.

CASTILLO, P.; Bernier, J., Arenas, M., Guervós, J. & García-Sánchez, P. **SOAP vs REST: Comparing a master-slave GA implementation**, CoRR, 2011.

CHANG, V. & GÜTL, C. **E-Learning Ecosystem (ELES) – A Holistic Approach for the Development of more Effective Learning Environment for Small-to-Medium Sized Enterprises (SMEs)**, Proceeding of IEEE International Digital EcoSystems Technologies Conference (IEEE-DEST 2007), Cairns, Australia. 2007.

CHATTI, M. A. **Aloa: A web service driven framework for automatic learning objects annotations**. Times of Convergence: technologies across learning contexts. 2009.

CLPT. **Centre for Learning & Performance Technologies: 2014 Top 100 Tools for Learning**. Disponível em: < <http://c4lpt.co.uk/top100tools/>>. 2014. Acesso em 26 de junho de 2015.

CLYDE, L. **Digital learning objects**. *Teacher Librarian*, v. 31, n. 4, p. 55, 2004.

COWLEY, J., Chanley, S., Downes, S., Holstrom, L., Ressel, D., Siemens, G. & Weisburgh, M. **Preparing Students for Elearning**, E-learnspace, 2002. Disponível em <http://www.elearnspace.org/Articles/Preparingstudents.htm> . Acessado em 12 de Julho de 2015

DAGGER, D.; O'Connor, A., Lawless, S. Walsh, E. e Wade, V. P. **Service-oriented e-Learning platforms: From mono- lithic systems to flexible services**, IEEE Internet Computing, vol. 11, pp. 28–35, 2007.

DOCEBO; **E-Learning Market Trends & Forecast 2014-2016**. Disponível em: < <https://www.docebo.com/landing/learning-management-system/elearning-market-trends-and-forecast-2014-2016-docebo-report.php>> , 2014. Acesso em 07 de Janeiro de 2015.

DODERO, J.M.; Palomo-Duarte, M.; Ruiz-Rube, I.; Traverso, I.; Mota, J.M.; Balderas, A., **Learning Technologies and Semantic Integration of Learning Resources**. in Tecnologías del Aprendizaje, IEEE Revista Iberoamericana de , vol.10, no.1, pp.11-16, Feb. 2015.

DONG, B., Zheng, Q., Yang, J., Li, H. & Qiao, M. **An E-Learning Ecosystem Based on Cloud Computing Infrastructure**, Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference on. pp.125,127. 2009.

D'MELLO, D. e ACHAR, R. **A broker based architecture for e-Learning Web services discovery**. Information and Communication Technologies (WICT), World Congress on. p.

688 - 693. 2011.

D'MELLO, D.; Crasta, M.; Gomes, R.; Abhishiktha, V.; D'Souza, S. **A Broker Based E-Learning Service Integration and Execution Architecture for the Complex Requirements on Learning Resources**. Advanced Computing, Networking and Security (ADCONS), 2013 2nd International Conference on. p. 35 - 40. IEEE. 2013.

DOWRIES, S. **Models for Sustainable Open Educational Resources**. Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, 3, 29–44. 2007

DRESCH, A.; Lacerda, D.; Antunes Jr, **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement**. Springer International Publishing, 2015.

EXAME. **Ensino a distância no Brasil pode dobrar em 5 anos**. Exame.com. 2014. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/ensino-a-distancia-no-brasil-pode-dobrar-em-5-anos>>. Acessado em 19 de Dezembro de 2015.

FIELDING, R. **Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures**. Tese de Doutorado, University of California, Irvine, 2000.

FICHEMAN, I. e LOPEZ, R. **Digital Learning Ecosystems: Authoring, Collaboration, Immersion and Mobility**. In the Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. IEEE Computer Society, Santander, Spain, p. 371–372. 2008.

FOWLER, M. **Richardson Maturity Model**. Disponível em: <<http://martinfowler.com/articles/richardsonMaturityModel.html>>, 2010. Acesso em 21 de junho de 2015.

FRAGOSO, O. G., Santaolaya, R., Munoz, S. J., Valenzuela, B. D., e Rojas, J. C. **Integration of learning Web services into learning management systems**. In Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXIV), IEEE (pp. 1-6). 2014.

FREEMAN, E., Robson, E., Bates, B., e Sierra, K. **Head first design patterns**. O'Reilly Media, Inc. 2004.

GAMMA, E.; Helm, R.; Johnson, R. e Vlissides, J. **Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software**. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA. 1995.

GERLACK, W.; Tang, W.; Keegan, K.; Harrison, T.; Wilke, A.; Bischof, J.; D'Souza, M.; Devoid, S.; Murphy-Olson, D.; Desai, N. e Mayer Folk. **Skyport – Container-Based Execution Environment Management for Multi-Cloud Scientific Workflows**. DataCloud 2014 New Orleans, LA USA. 2014.

GUTIÉRREZ-CARREÓN, G. Daradoumis, T. e Jorba, J. **Integrating Learning Services in the Cloud: An Approach that Benefits Both Systems and Learning**. Educational Technology & Society, 18(1), 145–157. 2015.

GÜTL, C. & CHANG, V. **The use of Web 2.0 Technologies and Services to support E-**

Learning Ecosystem to develop more effective Learning Environments, in Proceedings of ICDEM 2008, Tiruchirappalli, India. 2008.

HANSSEN, G.; **A Longitudinal Case Study of an Emerging Software Ecosystem: Implications for Practice and Theory**, Journal of Systems and Software, v. 85, n. 7 (July), p. 1455-1466. 2012.

HANSSEN, G. e DYBA, T.; **Theoretical Foundations of Software Ecosystems**, In: Proceedings of the 4th International Workshop on Software Ecosystems, 3rd International Conference on Software Business, pp. 6-17, Boston, MA, USA, June. 2012.

HOHPE, G. & WOOLF, A. (Ed.) **Enterprise Integration Patterns : Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions**. ADDISON WESLEY Publishing Company Incorporated, 2004.

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.

IBM. **Service Oriented Architecture (SOA): simply good design**. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/software/solutions/soa/>> . 2015a. Acesso em 20 de junho de 2015.

IBM. **RESTful Web services: The basics**. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/software/solutions/soa/>>. 2015b . Acesso em 20 de junho de 2015.

IEEE. LOM - **Learning ObjectMetadataWorkingGroup 12**. 2002. Disponível em: <http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone/working-group/> Acesso em: 28 de Julho de 2015.

IMS, Global Learning Consortium, Inc. **IMS Common Cartridge Specification**. Disponível em: <<http://www.imsglobal.org/cc/index.html>> . Acesso em 28 de Julho de 2015.

IMS, Global Learning Consortium, Inc. **Learning Tools Interoperability**. Disponível em: <<https://www.imsglobal.org/activity/learning-tools-interoperability>>. Acesso em 9 de Janeiro de 2016.

JIANG, J. Guo, S. e Zhang J. **Architecture Design of Campus Information Convergence System for E-Learning Based on Web Service Technology**. In Proceedings of the 2nd International Conference on Future Computer and Communication, IEEE 2010.

JANSEN, S.; CUSUMANO, M. Defining software ecosystems: A survey of software platforms and business network governance. In: CEUR Workshop Proceedings, 2012. v. 879, p. 41–58. ISSN 16130073. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0.84891935458&partnerID=tZOtx3y1>>, Acessado em 19 de Dezembro de 2015.

JENSEN, S; Brinkkemper, S. e Finkelstein, A. **Chapter 4: A systematic mapping study on software ecosystems from a three-dimensional perspective**. In: Jansen, S.; Brinkkemper, S. e Cusumano, M. Software Ecosystems: Analyzing and Managing Business Networks in the Software Industry. Edward Elgar Publishing, 2013.

JENSEN, S.; Finkelstein, A.; Brinkkemper, S. **A sense of community: A research agenda**

for software ecosystems. In: in: 31st International Conference on Software Engineering – Companion Volume, 2009. ICSE-Companion 2009, pp. 187–190.

JOHNSON, L. F. **Elusive Vision: Challenges Impeding the Learning Object Economy.** Macromedia White Paper. In: New Media Consortium. Disponível em: http://www.nmc.org/pdf/Elusive_Vision.pdf, San Francisco, CA, EUA, 2003. p. 5–15.

JURADO, F. e REDONDO, M. **Learning tools interoperability for enhancing a distributed personal learning environment with support for programming assignments.** Computers in Education (SIIE), International Symposium on. p. 87-92. 2014.

KASTEN M. **Estatísticas e Fatos sobre o E-Learning/EAD para 2015.** IBIDIN – Instituto Brasileiro de Desenho Instrucional. Disponível em <<http://www.ibdin.com.br/?p=2856>>. Acessado em 19 de Dezembro de 2015.

KITTLAUS, H. e CLOUGH, P.; **Software Product Management and Pricing: Key Success Factors for Software Organizations.** Springer Publishing Company. 2009.

LAANPERE, M., Põldoja, H., & Normak, P. **Designing Dippler—a Next-Generation TEL System.** In Open and Social Technologies for Networked Learning (pp. 91-100). Springer Berlin Heidelberg. 2013.

LEARNING SOLUTIONS MAGAZINE; **Five Things a Web Developer Needs to Know About the xAPI.** 14 de Outubro de 2014. Disponível em <<http://www.learningsolutionsmag.com/articles/1526/five-things-a-web-developer-needs-to-know-about-the-xapi>>. Acessado em 12 de Outubro de 2015.

LEONG, Peter e Miao, Chunyan. **Ubiquitous digital E-Learning ecosystem.** In: Digital Ecosystemsand Technologies, 2008. DEST 2008. 2nd IEEE InternationalConferenceon. IEEE, 2008. p. 346-351.

LETTNER, D.; Angerer, F.; Prähofer, H. e Grünbacher, P.; **A case studyon software ecosystemcharacteristics in industrial automation software.** In Proceedings of the 2014 International Conference on Software and System Process (ICSSP 2014). ACM, New York, NY, USA, 40-49. 2014.

LUNGU, M.; Lanza, M.; Girva, T. e Robbes, R.; **The Small Project Observatory: Visualizing Software Ecosystems.** Science of Computer Programming, v. 75, n. 4, pp. 264-275. 2010.

LUTHRIA, H.; &Rabhi, F. **Service Oriented Computing in Practice - An Agenda for Research into the Factors Influencing the Organizational Adoption of Service Oriented Architectures,** Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, vol. 4, no. 1, 2009.

MANIKAS, K. e HANSEN, K.; **Software Ecosystems – A Systematic Literature Review.** In: Journal of Systems and Software, v. 86, n. 5 (May), pp. 1294-1306. 2013.

MARINOS, A.; Moschoyiannis, S.; KRAUSE, P. **Towards a restful infrastructure for**

digital ecosystems. *International Journal of Electronic Business*, v. 9, n. 5-6, p. 484-498, 2011.

MOODLE. **Moodle Statistics**. Disponível em: <<https://moodle.net/stats/>>. Acesso em 9 de Janeiro de 2016. 2016a.

MOODLE. **Moodle Plugins**. Disponível em: <<https://moodle.org/plugins/>>. Acesso em 9 de Janeiro de 2016. 2016b.

NARS, M. & Ouf, S. **An Ecosystem in e-Learning using cloud computing as platform and Web2.0**. *The Research Bulletin of Jordan ACM*, p. 134–140, NEA. 2011.

NERY, T.; Campos, F.; Braga, R.; Santos, N. e Mattos, K. **BROAD Project: Semantic Search and Application of Learning Objects**, IEEE Technol. Eng. Educ. 2012.

NORRIS, L.; Eyt-Dessus, A. e Holtham, C. **The Learning Ecosystem: A practical, holistic approach to old problems in a new world**. 30th ascilite Conference 2013 Proceedings, 2013.

OAUTH, **OAuth 2**. Disponível em <<http://oauth.net/2/>>. Acesso em 28 de Novembro de 2015.

OLIMPO, G., Persico, D., Sarti, L., & Tavella, M. **On the concept of database of multimedia learning material**. In: Proc. of World Conference on Computers and Education, Amsterdam, Australia, 1990, Northern Holland, pp 431-436.

ORACLE. **Understanding Web Services**. Disponível em: <<http://docs.oracle.com/middleware/1213/core/WSINT/wsintro.htm>> .Acesso em 20 de junho de 2015.

PAUTASSO, C., Zimmermann, O. & Leymann, F. **Restful web services vs. "big" web services: making the right architectural decision**, Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web, pages. 805-814, 2008.

PAUTASSO, C. **Web Services Foundations - RESTful Web Services: Principles, Patterns, Emerging Technologies**. Springer New York. 2014.

PEREIRA, C.; Campos, F.; Ströele, V.; David, M. N. e Braga, R. **Extração de Características de Perfil e de Contexto em Redes Sociais para Recomendação de Recursos Educacionais**, XXV Simpósio Bras. Informática na Educação (SBIE 2014). 2014.

PEREIRA, C. **Extração de Características de Perfil e de Contexto em Redes Sociais para Recomendação de Recursos Educacionais**. Juiz de Fora: UFJF, 2015. 141 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-Graduação Ciência da Computação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

PETTERSON, O. **Software ecosystems and e-Learning: recent developments and future prospects**. MEDES '09: International ACM Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems, 2009.

PETTERSON, O.; Svensson, M.; Gil, D.; Andersson, J. e Milrad, M. **On the role of software process modeling in software ecosystem design**. in Proc. ECSA'10, 103-110, 2010.

PORTAL BRASIL. **Ensino superior registra mais 7,3 milhões de estudantes**. 2014. 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.

REYNA, J. **Digital Teaching and Learning Ecosystem (DTLE): A Theoretical Approach for Online Learning Environments**. In Proceedings of Ascilite 2011. University of Tasmania, Hobart, Australia, p. 1083–1088. 2011.

REZENDE, P. **BROAD-RS: Arquitetura para Recomendação de Objetos de Aprendizagem Sensível ao Contexto usando Agentes e Ontologia**. 2014. 138f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, PGCC, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2014.

RFC 2616. **Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1**. 1999. Disponível em: <<https://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>> . Acesso em 21 de junho de 2015.

RFC 6789. **The OAuth 2.0 Authorization Framework**. 2012. Disponível em <<http://tools.ietf.org/html/rfc6749>>. Acesso em 28 de Novembro de 2015.

ROSEN, M.. Lublinsky, B., Smith, K. & Balcer, M.. (Ed.) **Applied SOA: Service-Oriented Architecture and Design Strategies**. Wiley Publishing, Inc., 2008.

SANCRISTOBAL, E.; Castro, M., Martin, S., Tawkif, M., Pesquera, A., Gil, R., Díaz, G. & Peire, J. **Remote labs as learning services in the educational arena**, Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011 IEEE.

SANTOS, R; **Engenharia e Gerenciamento de Ecossistemas de Software**. 2013. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013.

SCORM. **SCORM: Sharable Content Object Reference Model**. 2004. Disponível em: <<http://scorm.com>>. Acesso em: 28 de Julho de 2015.

SIMON, B.; Miklos, Z., Nejd, W., Sintek, M., & Salvachua, J. **Elena: A Mediation Infrastructure for Educational Services**. In WWW (Alternate Paper Tracks). 2003.

TIN CAN; **Experience API**. Disponível em <<https://experienceapi.com/>>, Acessado em: 12 de Outubro de 2015.

TOMMASO, P.; Palumbo, E.; Chatzou, M.; Prieto, P.; Hauer, L. e Notredame, C. **The impact of Docker containers on the performance of genomic pipelines**. PEERJ 2015. Disponível em <<https://peerj.com/articles/1273/>>. Acessado em 26 de Dezembro de 2015.

UDEN, L., Wangsa, I.T. e Damiani, E. The future of E-Learning: E-Learning ecosystem. In:

Inaugural IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies. IEEE, Cairns, Australia, p. 113–117. 2007

VALOR. **Custos favorecem ensino a distância.** Valor Econômico. 2015. Disponível em <<http://www.valor.com.br/empresas/3879170/custos-favorecem-ensino-distancia>>. Acessado em 19 de Dezembro de 2015.

VEIGA, W.; Campos, F.; Braga, R.; David, J. M. LUDOS: uma Infraestrutura para Gamificação em Ecossistemas de E-learning. *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação* (SBIE 2015). p. 459-469.

VOGTEN, H.; Martens, H., Nadolski, R., Tattersall, C., Rosmalen, P. e Koper R. **CopperCore service integration**, Interact. Learn. Environ., vol. 15, no. 2, pp. 171–180, 2007.

WELKE, R.; Hirschheim, R.; Schwarz, A. **Service Oriented Architecture Maturity**, Computer, 2011.

WOHLIN, C.; Runeson, P.; Host, M.; Ohlsson, M. Regnell, B. e Wesslén, A. **Experimentation in Software Engineering**. Springer Berlin Heidelberg, 2012.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy**. Utah State University, Digital Learning Environments Research Group, Utah, EUA, 2001.

WILKINSON, D. **The Intersection of Learning Architecture and Instructional Design in e-Learning**. e-Technologies in Engineering Education: Learning Outcomes Providing Future Possibilities. ECI Symposium Series, 2002.

ZHEN, Z.; **Design and Implementation of Web-Services Based E-Learning System**. In: First International Workshop on Education Technology and Computer Science, vol. 3, pp. 233–237

W3C. **Web Services Architecture**. 2004. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>. Acesso em 20 de junho de 2015.

YANG S. e Joy M.: **Designing E-Learning Services: A Case Study**. International Journal of Advanced Corporate Learning, Vol. 2, No. 4, pp. 35-43 (2009).

APÊNDICE A: AVALIAÇÃO DOS ELEMENTOS DO ECOSISTEMA

Para identificação dos elementos do ecossistema, o método de pesquisa utilizado foi a coleta de dados através de um questionário de perguntas fechadas para profissionais que trabalham com e-Learning. Para a coleta de dados, foram realizados os seguintes passos, adaptados de DRESCH *et al.* (2015): (I) definição da relação do questionário com a teoria da pesquisa; (II) projeto do questionário; (III) definição do procedimento de aplicação; (IV) realização de um piloto; (V) coleta dos dados; (VI) análise dos dados e (VII) apresentação dos resultados.

A definição da relação do questionário com a teoria da presente pesquisa é baseada na definição dos elementos dos Ecossistemas de e-Learning, realizada a partir da experiência com e-learning e revisão de literatura, e que, no entanto, deve ser validada por meio da coleta de dados a partir de profissionais do domínio de e-Learning.

O projeto do questionário foi realizado primeiro identificando os temas relevantes: características de Ambientes e e-Learning e elementos de Organizações, Tecnologia e Indivíduos. Nesse passo, foi definido ainda o uso de perguntas fechadas, e da escala utilizada composta pelos níveis Concordo, Discordo e Indiferente. Também foram definidas as características da amostra desejada, onde foram incluídos profissionais de dois grupos: os que possuem experiência com e-learning na academia e os que possuem experiência com e-learning em treinamento.

O procedimento de aplicação definido consiste de três etapas. A primeira etapa é a exposição dos participantes ao termo de preservação de sigilo, anonimato e esclarecimento dos passos seguintes do estudo, com garantia de que caso algum participante não se sentisse confortável poderia deixar de participar do mesmo a qualquer momento. Uma vez que os termos tenham sido assinados, a segunda etapa é uma apresentação de cinco minutos repetida rigorosamente onde o contexto da presente pesquisa é apresentado em linhas gerais, sem entrar em nenhum dos detalhes específico presente no questionário para não influenciar os participantes. A terceira etapa é a entrega do questionário para que os participantes pudessem respondê-lo. Os questionários foram entregues sempre em grupos de no máximo quatro participantes, para que eles se sentissem livres para esclarecer dúvidas a respeito das perguntas apresentadas. Em caso de participantes distantes geograficamente, o procedimento foi adaptado para que o retorno pudesse ser feito por e-mail.

A quarta etapa foi a realização de um piloto em uma amostra de 3 pessoas: duas com experiência acadêmica e uma com experiência em treinamento corporativo para analisar a qualidade do procedimento realizado, a partir do qual o feedback dos participantes permitiu o aprimoramento do questionário em relação à clareza das perguntas e sua organização.

Após a revisão dos procedimentos definidos, os questionários foram aplicados no período de uma semana, incluindo participantes voluntários de instituições de ensino e empresas, alguns questionários foram respondidos à distância, através de e-mail.

As demais etapas, análise dos dados obtidos e apresentação dos resultados estão descritos nas próximas seções, assim como detalhes do modelo de questionário e do perfil dos participantes da amostra utilizada para a coleta de dados.

1.1 MODELO DE QUESTIONÁRIO

O modelo de questionário utilizado possui quatro temas, totalizando 24 perguntas em forma de afirmações com as quais os participantes podem concordar, discordar ou considerar irrelevantes dentro do contexto apresentado (Apêndice C). No primeiro tema, Ambientes de e-Learning, 7 perguntas verificam características desses ambientes, como o conhecimento de elementos em relação à tecnologia, responsabilidades durante a integração de serviços e da importância da existência de comunidades nos mesmos.

No segundo tema, organizações, 5 perguntas verificam os papéis das organizações em um ecossistema em que serviços educacionais podem ser integrados e compartilhados entre ambientes de e-Learning.

No terceiro tema, tecnologia, 5 perguntas verificam informações em relação às tecnologias atuais disponíveis nos ambientes de e-Learning e sobre possíveis recursos com novas tecnologias que permitam a integração de serviços educacionais como os disponíveis na internet.

No quarto tema, 7 perguntas verificam os papéis que podem ser desempenhados pelos indivíduos dentro dos Ecossistemas de e-Learning de acordo com os elementos identificados.

Além das perguntas fechadas, também são solicitadas informações referentes à função desempenhada pelo participante, o tempo na função atual, o tempo de experiência com e-Learning, e se a maior parte da experiência do participante com e-Learning é com educação acadêmica ou treinamento profissional.

A escala definida para as respostas consiste em três opções de resposta: (C) concordo, caso o participante concorde com a afirmativa apresentada; (D) discordo, caso o participante discorde da afirmativa apresentada; e (I) indiferente, caso a pergunta não seja relevante ou ele não compreenda a sua importância dentro do contexto apresentado. Esta escala foi alinhada com os participantes antes de receberem os questionários.

1.2 AMOSTRA DE PARTICIPANTES

Durante a etapa de projeto do questionário, uma definição importante para o decorrer da coleta de dados foi a composição da amostra de participantes, constituída de profissionais com experiência no domínio de e-learning divididos em dois grupos, o primeiro com experiência na academia, em cursos de nível técnico e/ou ensino superior, e o segundo com experiência em treinamentos, no setor de educação corporativa e treinamento profissional. A caracterização da amostra de participantes utilizada é apresentada nesta seção.

O total de participantes da coleta de dados foi 31. Do total, 11 fazem parte da academia, trabalhando em: coordenação de cursos superiores na modalidade à distância, professores de cursos/disciplinas de nível superior e/ou técnico e funcionários técnico/administrativos que trabalham na área técnica dos ambientes de e-Learning. Os outros 20 participantes trabalham no setor de treinamento, trabalhando em: desenvolvimento em diferentes níveis (gerente, coordenador e analista), produção de conteúdo (designer instrucional, analista de qualidade) e administração e suporte técnico de ambientes de e-Learning (analista de atendimento) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

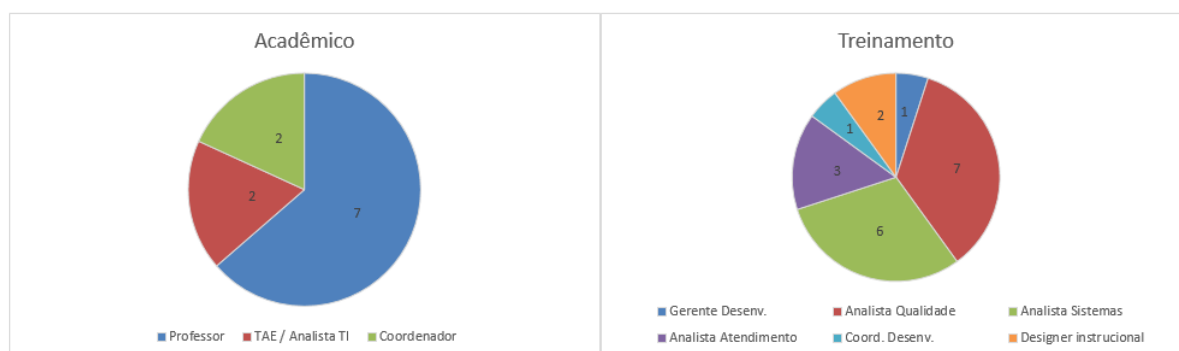


Figura 64 - Profissões dos participantes.

Quanto a experiência com e-Learning, a experiência dos participantes da academia é distribuída de forma mais uniforme, começando em 1 ano e ultrapassando os 10 anos, enquanto a experiência dos participantes da área de treinamento se concentra entre 2 e 4 anos,

embora os participantes deste grupo compreendam o mesmo intervalo que o primeiro grupo **(Erro! Fonte de referência não encontrada.)**.

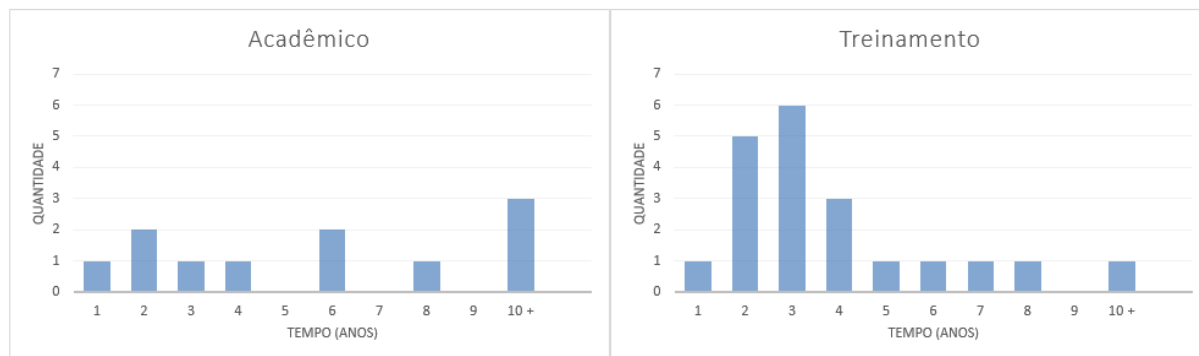


Figura 65- Experiência dos participantes da academia.

Dessa forma a amostra possui, em ambos os grupos, participantes que abrangem diferentes perspectivas dentro do contexto de e-Learning, com níveis de experiência variando um intervalo de iniciantes a profissionais com mais de 10 anos de experiência. Os participantes selecionados, portanto, compreendem as características definidas para a amostra durante a fase de projeto do questionário.

1.3 RESULTADOS

A partir das respostas dos participantes aos questionários, os dados foram compilados de acordo com os temas definidos e os resultados são apresentados e analisados nesta seção.

O primeiro tema, ambientes de e-learning, registrou um comportamento similar em ambos os grupos, onde as afirmativas sobre a (Pergunta 1) importância dos recursos humanos e tecnológicos nos ambientes de e-learning, (Pergunta 2) a importância de se integrar recursos da web nesses ambientes, (Pergunta 6) que lojas de recursos educacionais como a Apple Store e a Play! Store seriam um facilitador para incorporar recursos externos e (Pergunta 7) que a existência de comunidades permite o compartilhamento de experiências conhecimento e recursos tiveram alto nível de aceitação entre os participantes. A maior parte dos participantes concorda que (Pergunta 3) os professores devem definir quais serviços integrar de acordo com seus objetivos, mas há discordâncias nos dois grupos. Em ambos os grupos, há forte discordância a respeito da (Pergunta 4) familiaridade dos professores com tecnologia e (Pergunta 5) de que cabe aos professores a responsabilidade por definir detalhes técnicos de a integração com esse tipo de recurso **(Erro! Fonte de referência não encontrada.)**.

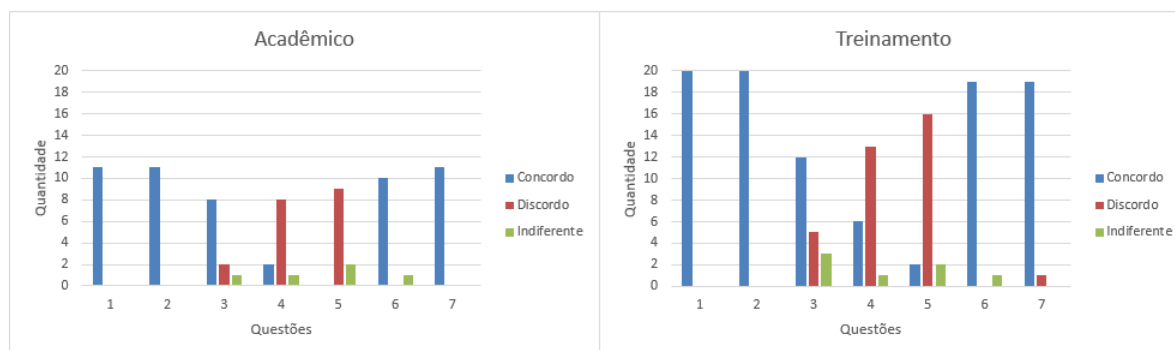


Figura 66 - Respostas às perguntas do tema ambientes de e-learning.

A partir dos resultados desse tema, é reforçada a importância de algumas características da proposta apresentada que atendem a percepção das necessidades dos ambientes de e-Learning, como a importância de se considerar as pessoas e os recursos tecnológicos e da existência de comunidades, fatores considerados dentro da perspectiva de ECOS. A importância de se integrar recursos externos nesses ambientes e de facilitar o acesso a esses recursos através de canais de distribuição são pontos atendidos a partir da infraestrutura proposta. A pouca familiaridade dos professores com o uso de tecnologias e não ser responsabilidade do professor a definição de detalhes técnicos também são pressupostos da proposta apresentada. No entanto, a proposta considera que cabe ao professor a definição do serviço que deve ser integrado de acordo com seus objetivos pedagógicos. Nesse ponto, houve um pequeno grau de discordância nos grupos.

O segundo tema, referente às organizações identificadas, demonstrou a aprovação dos participantes em relação a existência da (Pergunta 8) Mantenedora do Ambiente de e-Learning, (Pergunta 9) Desenvolvedora da Plataforma, (Pergunta 10) Fornecedor de Conteúdo, (Pergunta 11) Desenvolvedor de Serviços, e (Pergunta 12) Consultoria (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

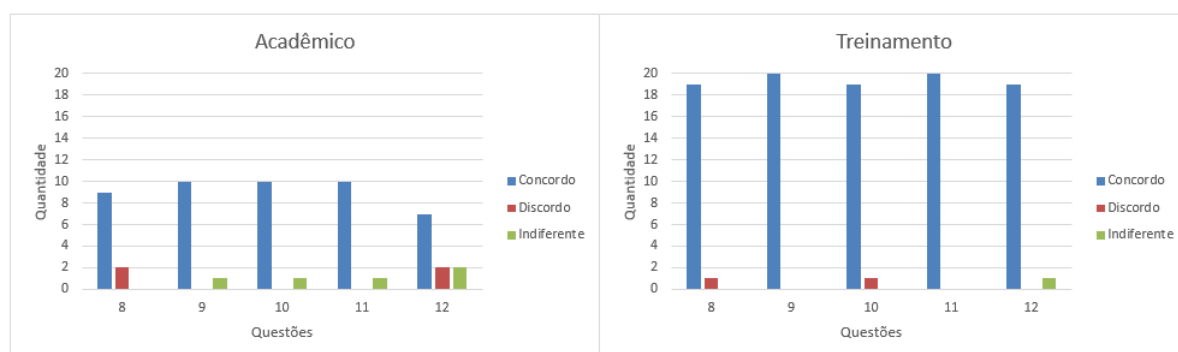


Figura 67 - Respostas às perguntas do tema organizações.

O terceiro tema, sobre as tecnologias envolvidas, reconheceu (Pergunta 13) a

importância do ambiente de e-Learning ser compatível com os recursos educacionais, e demonstrou aceitação em relação (Pergunta 17) à qualidade dos recursos educacionais existentes hoje na web. No entanto, em relação à aceitação das (Pergunta 14) tecnologias disponíveis para OAs, (Pergunta 15) dos próprios OAs como forma de entrega de conteúdo educacional e dos (Pergunta 16) conteúdos multimídia mostrou-se menor, especialmente no grupo de profissionais relacionados à área de treinamento, onde houve um alto nível de discordância.

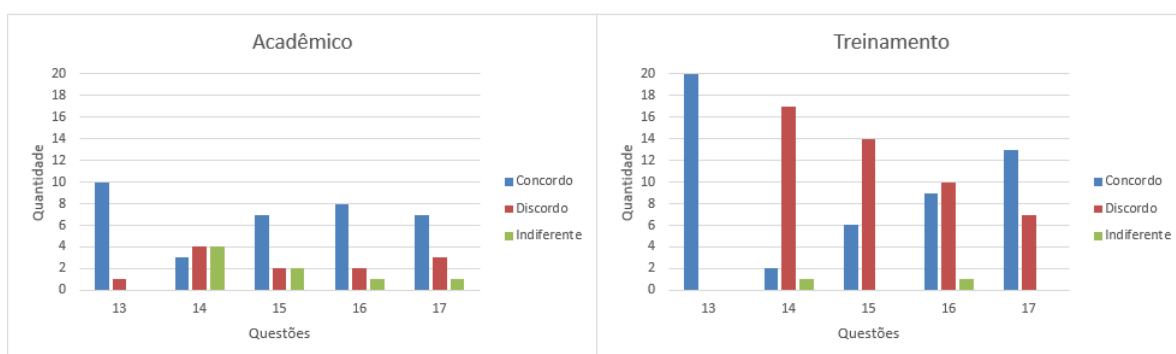


Figura 68 - Respostas às perguntas do tema tecnologia.

O quarto tema, referente aos indivíduos identificados, demonstrou forte aceitação dos participantes em relação aos papéis (Pergunta 18) Estudante, (Pergunta 19) Facilitador, (Pergunta 20) Especialista, (Pergunta 21) Apoio, (Pergunta 22) Suporte, (Pergunta 23) Desenvolvedor e (Pergunta 24) Conteudista (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

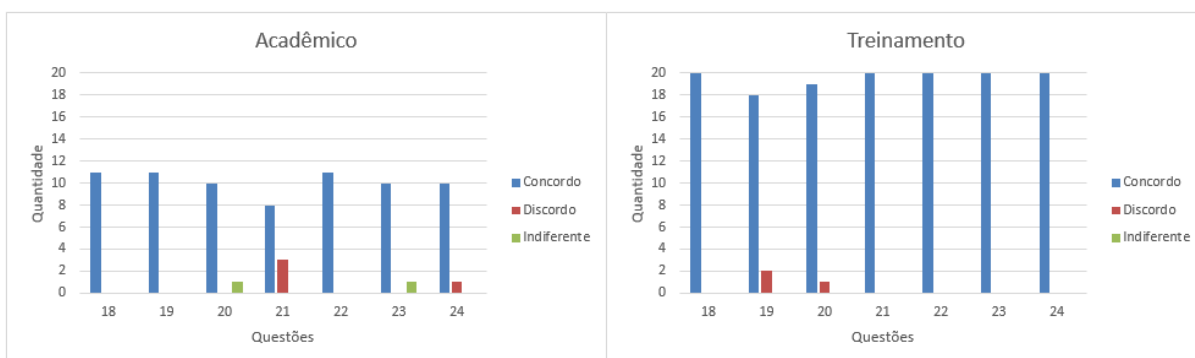


Figura 69 - Respostas às perguntas do tema indivíduos.

A partir dos resultados obtidos, foi possível alinhar a proposta BROAD-ECOS com as respostas obtidas em ambos os grupos em diversos pontos relacionados às características dos ambientes de e-Learning, validando com profissionais que atuam no domínio de e-Learning os elementos definidos no ecossistema. Além disso, o baixo índice de respostas “indiferente” reforça que as perguntas planejadas são pertinentes, e refletem elementos da realidade dos profissionais do domínio de e-Learning.

APÊNDICE B: TERMO PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

OBJETIVO DO ESTUDO

Este estudo visa realizar uma investigação para avaliar os elementos identificados em Ecossistemas de e-Learning.

IDADE

Eu declaro ter mais de 18 (dezoito) anos de idade e concordar em participar de um estudo conduzido por Welington da Veiga Silva do PGCC/UFJF, sob a orientação da Profa. Fernanda Campos.

PROCEDIMENTO

Neste estudo, você deverá responder a um questionário com perguntas relacionadas à sua experiência com e-learning.

Todos os documentos utilizados neste estudo serão apresentados ao participante e serão preenchidos pelo próprio. Você receberá orientações sobre como responder ao questionário, bem como dados necessários para participação do estudo. Para participar deste estudo solicitamos a sua especial colaboração em: (1) Responder ao questionário e (2) permitir que os dados resultantes da sua participação sejam estudados.

Quando os dados forem coletados, seu nome será removido destes e não será utilizado em nenhum momento durante a apresentação dos resultados.

CONFIDENCIALIDADE

Eu estou ciente de que meu nome não será divulgado em hipótese alguma. Também estou ciente de que os dados obtidos por meio deste estudo serão mantidos sob confidencialidade.

Da mesma forma, me comprometo a não comunicar meus resultados enquanto o estudo não for concluído, bem como manter sigilo das técnicas e documentos apresentados e que fazem parte do experimento.

BENEFÍCIOS E LIBERDADE DE DESISTÊNCIA

Eu entendo que, uma vez o experimento tenha terminado, o questionário respondido será estudado e os benefícios que receberei deste estudo são limitados ao aprendizado durante sua realização. Também entendo que sou livre para realizar perguntas a qualquer momento, solicitar que qualquer informação relacionada a minha pessoa não seja incluída no estudo ou comunicar minha desistência de participação, sem qualquer penalidade. Por fim, declaro que participo de livre e espontânea vontade com o único intuito de contribuir para o avanço e desenvolvimento da Engenharia de Software.

Nome (em letra de forma): _____

Assinatura: _____

Data: _____

APÊNDICE C: QUESTIONÁRIOS DOS ELEMENTOS DO ECOSSISTEMA

Nome (Opcional): _____			
Função: _____			
Tempo de experiência com e-learning: _____			
Tempo de experiência na função atual: _____			
Área de Atuação: ☐ Treinamento ☐ Ensino Superior ☐ Outro _____			
Em diversas áreas a perspectiva de Ecosistema de Software (ECOS) é utilizada para compreender as diferentes relações entre pessoas, comunidades, organizações e tecnologia como uma forma de criar meios para o desenvolvimento e compartilhamento de recursos por diferentes organizações gerando inovação e benefício para os envolvidos. Um exemplo de ECOS é o ecossistema Android onde diferentes organizações se beneficiam com o desenvolvimento da plataforma (Google), aparelhos (Samsung, LG, Motorola), aplicativos (Facebook, Angry Birds, Whatsapp, Snapchat) ao mesmo tempo em que tornam o ecossistema como um todo mais diversificado e completo, gerando mais valor para seus usuários do que isoladamente. No domínio educacional, a perspectiva de Ecosistemas de e-Learning analisa os ambientes de e-learning considerando os aspectos tecnológicos e humanos <u>necessários</u> para enriquecer esse ambiente em um cenário inter-organizacional, onde diferentes universidades, empresas, instituições e demais organizações podem desenvolver, compartilhar e reutilizar soluções educacionais. Nesse contexto, avalie os itens abaixo utilizando a escala: Concordo (C), Discordo (D) e Indiferente (I).			
Ambientes de e-Learning	C	D	I
1. Para um ambiente de e-learning atingir seus objetivos educacionais são fatores fundamentais os recursos tecnológicos e os recursos humanos.	☐	☐	☐
2. Com a diversidade de aplicações e soluções educacionais na web e na internet, é importante possibilitar a integração de serviços no ambiente de e-learning de acordo com a proposta pedagógica de cada curso.	☐	☐	☐
3. Cabe ao professor decidir quais serviços externos integrar em determinado contexto educacional, de acordo com seus objetivos pedagógicos.	☐	☐	☐
4. Os professores sabem adicionar novos <i>apps</i> (Whatsapp, Facebook, Instagram, Candy Crush) em seus celulares e não teriam dificuldades em fazer o mesmo procedimento em um ambiente de e-learning.	☐	☐	☐
5. Cabe ao professor definir detalhes técnicos de como a integração deve ser feita.	☐	☐	☐
6. Uma loja de serviços educacionais no ambiente de e-learning como a App Store (iPhone) e a Play! Store (Android) seria um facilitador para encontrar serviços educacionais e incluí-los de acordo com a proposta pedagógica de determinado curso e/ou contexto educacional.	☐	☐	☐
7. A existência de comunidades dentro do ambiente de e-learning é uma forma de permitir a evolução do ambiente como um todo, através do compartilhamento de experiências, conhecimento e recursos.	☐	☐	☐
Organizações	C	D	I
Em um ecossistema em que serviços educacionais são integrados e compartilhados entre ambientes de e-learning, é possível que haja participação de diversas organizações (universidades, empresas, institutos) atuando com diferentes papéis nesse processo. Responda os próximos itens considerando esses papéis e que uma mesma organização pode assumir múltiplos papéis.			
8. A Mantenedora do Ambiente de E-learning oferece e mantém o ambiente de e-Learning <i>online</i> , sendo a responsável pelo mesmo.	☐	☐	☐
9. A Desenvolvedora da Plataforma desenvolve e atualiza o software da plataforma do ambiente de e-learning (Moodle, YouKnow, Desire2Learn, BlackBoard, Sakai).	☐	☐	☐
10. O Fornecedor de Conteúdo fornece conteúdo educacional para o ambiente de e-learning, em formatos como multimídia e Objetos de Aprendizagem.	☐	☐	☐
11. O Desenvolvedor de Serviços desenvolve e fornece serviços educacionais que podem ser integrados aos ambientes de e-learning.	☐	☐	☐

12. A Consultoria possui o conhecimento e a experiência com esse cenário e oferecem consultoria para outras organizações nesse contexto.	☐	☐	☐
Tecnologia	C	D	I
13. Um fator importante para o ambiente de e-learning é ser compatível com recursos educacionais (Objetos de Aprendizagem, Multimídia, Extensões) disponíveis <i>online</i> .	☐	☐	☐
14. Os padrões de Objetos de Aprendizagem atuais (SCORM, IMS CC) atendem as necessidades atuais de interatividade, comunicação, segurança e flexibilidade.	☐	☐	☐
15. Os Objetos de Aprendizagem são uma forma satisfatória de entregar conteúdo educacional nos ambientes de e-learning.	☐	☐	☐
16. Os conteúdos multimídia (Vídeo, áudio, flash, HTML) são uma forma satisfatória de entregar conteúdo educacional nos ambientes de e-learning.	☐	☐	☐
17. Serviços educacionais de alta qualidade estão disponíveis na web e em dispositivos móveis (YouTube, Coursera, SlideShare, Duolingo), e possuem funcionalidades que não estão disponíveis nos ambientes de e-learning atuais.	☐	☐	☐
Pessoas	C	D	I
Considerando os papéis que as pessoas podem desempenhar em um ecossistema onde diferentes organizações interagem produzindo soluções educacionais, responda levando em conta que uma mesma pessoa pode assumir múltiplos papéis.			
18. O Estudante é o participante matriculado em um curso, treinamento, disciplina ou atividade educacional.	☐	☐	☐
19. O Facilitador possui formação e/ou qualificação acadêmica e é apto a exercer atividades no processo de ensino e aprendizagem, em um conteúdo específico de uma disciplina ou curso, de acordo com seu objetivo educacional, paradigma pedagógico, contexto e necessidade.	☐	☐	☐
19. O Especialista : Possui conhecimento aprofundado sobre o processo educacional, e-Learning ou área de conhecimento específica de uma disciplina ou atividade e dá suporte aos demais atores na construção de um ambiente educacional adequado para o cumprimento de seus objetivos.	☐	☐	☐
19. O Apoio : Responsável por tarefas administrativas e de manutenção dos dados no ambiente de e-learning, seja em cadastros, relatórios ou demais funcionalidades dentro do ambiente de e-learning.	☐	☐	☐
20. O Suporte : O suporte técnico, que tira dúvidas de utilização do sistema e resolução de problemas operacionais.	☐	☐	☐
21. O desenvolvedor : Atua em novas funcionalidades, atualizações e customizações no ambiente de e-learning e cria serviços educacionais para o mesmo.	☐	☐	☐
22. O Conteudista : O produtor de conteúdo educacional e/ou instrucional, seja na forma de áudio, vídeo, objetos de Aprendizagem, jogos ou outras formas de mídia em um contexto de e-learning.	☐	☐	☐
23. Quais elementos você acredita que deveriam ser incluídos no ecossistema e não foram mencionados?			