

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

LUIZ HENRIQUE LONGHI ROSSI

**Infraestrutura inteligente para o aumento
da reusabilidade de objetos de aprendizagem**

Tese apresentada como requisito parcial para a
obtenção do grau de Doutor em Ciência da
Computação.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Rosa Maria Vicari

Porto Alegre
2016

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Rossi, Luiz Henrique Longhi
Infraestrutura inteligente para o aumento
da reusabilidade de objetos de aprendizagem / Luiz Henrique Longhi
Rossi. – 2016.

72 f.:il.

Orientador: Rosa Maria Vicari.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Programa de Pós-Graduação em Computação. Porto Alegre, BR – RS,
2016.

1.Objetos de Aprendizagem. 2.Reusabilidade 3.Recuperação de
Informações. I. Vicari, Rosa Maria

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Vladimir Pinheiro do Nascimento

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Luís da Cunha Lamb

Coordenador do PPGC: Prof. Luigi Carro

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

Simplesmente dizer que não foi fácil realizar uma tese de doutorando é quase uma redundância, e obviamente não é um trabalho individual, então nesse espaço reservado para isso agradeço a colaboração e paciência de todos aqueles que me ajudaram, à todos colegas de pesquisa que não vou tentar citar o nome de todos pois foi um grupo muito grande, mas coloco-me à disposição para contribuir no que for para seguir auxiliando esse grupo assim como fui ajudado à conceber este trabalho. Mas quero prestar um agradecimento especial à minha orientador Rosa Maria Vicari que quando me aceitou no programa de pós foi, mais do que uma coordenadora de projeto e orientadora, uma amiga em que sei que posso confiar. Aos meus amigos e colegas Marcos Freitas Nunes e Paulo Schreiner que são coautores desse trabalho e que é impossível pensar nos resultados que tivemos sem esses dois.

À minha família que é o porto seguro que nos faz ter coragem, que se tudo der errado, temos com quem contar: Maria do Rosário, Romano, Alexandre e Luiza.

E a minha esposa Renata Moraes que, além do amor da minha vida e minha companheira, quanto a vida acadêmica e profissional é a minha dupla evolutiva, juntos somos mais que dois.

RESUMO

Cada vez mais instituições de ensino têm criado repositórios educacionais para disponibilizar seus Objetos de Aprendizagens (OAs). Entretanto, esses repositórios ficam isolados, o que implica que um usuário que busca um determinado material necessite um considerável esforço para realizar suas buscas em cada um dos repositórios. Assim, principal objetivo desse trabalho é a criação de um modelo de integração de repositórios educacionais, preparar esse sistema para a Web 3.0, permitindo assim que os OAs possam ser consumidos, reutilizados e adaptados a realidade de cada região, de forma independente de plataforma ou metadados. Para alcançar este objetivo foi criado um modelo de integração de repositórios educacionais em uma estrutura hierárquica, de modo a permitir a coleta, indexação e busca de material educacional a partir de repositórios heterogêneos. Assim, foi possível coletar mais de 150 mil OAs de diversos repositórios e as avaliações dos usuários apontaram mais de 90% de aprovação do modelo. Com isso, revelou-se a eficácia da integração, contribuindo a localização, uso e reuso dos OAs, visibilidade dos repositórios educacionais, entre outros pontos.

ABSTRACT

Technology has increasingly permeated the educational context. This has made the use of learning objects (LOs) very popular. LOs need to be stored and cataloged so they can be located and retrieved by in an efficient manner by students and teachers. In order to meet this demand LO repositories were created, however, these repositories are structurally isolated from each other, which causes a significant effort to locate the desired material, since the user has to search for it in each repository separately. In some countries like Brazil there is a greater number of repositories distributed and without a unique repository implementation or event metadata standard. The main goal of this work is to propose a model that, prepared to the Web 3.0, able LO to be used, reused or adapted from heterogeneous environments not only in implemented system, but in metadata standards.

To reach this goal is proposed an to create a LOs federation to organize various repositories in a hierarchical system, in this paper, we describe how this objects can be harvested, indexed and retrieved to users from several standard different repositories and how to present it to users in different devices.

The system could index more than 150 thousand LOs and a users tasks experimental got 90% of approval.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Internet	20
Figura 2 - Conceito de Agente.....	22
Figura 3 - Modelo de agente.....	24
Figura 4 - Organização geral FIPA-2000.....	24
Figura 5 - Exemplo gráfico de ontologia	26
Figura 6 - Agentes Inteligentes de aprendizagem	29
Figura 7 - Visão Lógica de um Documento: do Texto Completo ao Conjunto de Termos Indexados. Fonte: BAEZA-YATES, 1999, p. 6	31
Figura 8 - O cosseno do ângulo θ é adotado como similaridade entre o documento d_j e a consulta Q	34
Figura 9 - Conceitos envolvidos na criação do modelo de integração de repositórios	40
Figura 10 - Arquitetura escalável do modelo de integração de repositórios	41
Figura 11 - Infraestrutura de agentes para o ambiente OBAA- MILOS.....	48
Figura 12 - Sistema de agentes da infraestrutura MILOS.....	50
Figura 13 - Objeto de Aprendizagem “De Onde vem a TV?”	56
Figura 14 - Objeto de Aprendizagem “Outras Infâncias”	57
Figura 15 - Interface de busca da FEB	58
Figura 16 - Como você classifica a busca de objetos de aprendizagem no FEB?	60
Figura 17 - Conseguiu encontrar o objeto que precisava?	61
Figura 18 - Pergunta aos parceiros - Qual foi a dificuldade de participar da federação.....	61
Figura 19 - Pergunta aos parceiros - A coleta realizada pelo FEB causou algum contratempo?	62
Figura 20 - Gráfico de latência do servidor x requisições em paralelo	63
Figura 21 - Gráfico de porcentagem da utilização do CPU em relação às requisições em paralelo	63
Figura 22 - Gráfico da incidência de erro em relação às requisições em paralelo.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - A primeira célula no padrão DC, na segunda no padrão LOM.....	51
Tabela 2 - Tradução do padrão adotado pelo BIOE para OBAA em XSLT.....	52
Tabela 3 - Conversão do padrão OBAA para o padrão LOM.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC	Dublin Core
DCMI	Dublin Core Metadata Initiative
FIPA SL	FIPA Semantic Language
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents
FIPA-ACL	FIPA Agent Communication Language
IDF	Inverse Document Frequency
IMS	Instructional Management Systems
JADE	Java Agent DEvelopment Framework
LOM	Learning Object Metadata
LTSC	Learning Standards Comitee
MILOS	Multiagent Infrastructure for Learning Object Support
MOOCS	Massive Online Open Courses
OA	Objeto de Aprendizagem
OAI	Open Archive Initiative
OAI-PMH	Protocol for Metadata Harvesting
QDC	Qualified Dublin Core
REA	Recursos Educacionais Abertos
RFID	Radio-Frequency Identification
SMA	Sistema Multiagente
TF	Term Frequency
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
XSLT	Extensible Stylesheet Language for Transformation
RFID	Identificação por Rádio Frequência

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetos de Aprendizagem	12
1.2 Repositórios de Objetos de Aprendizagem	13
1.3 Recursos Educacionais Abertos	14
1.4 Interoperabilidade	15
2 OBJETO DE PESQUISA	17
3 OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo Geral	18
3.2 Objetivos Específicos	18
4 JUSTIFICATIVA	19
5 CONCEITOS RELACIONADOS.....	20
5.1 Web3.0	20
5.1.1 Internet das Coisas	21
5.1.2 Agentes Artificiais	22
1.4.1.1 Padrão FIPA	24
1.4.2 Ontologias	25
1.5 O uso de agentes inteligentes para a educação	26
5.2 Recuperação de Informações.....	29
5.2.1 Representação dos documentos	29
5.2.2 Modelos de recuperação de informações	31
5.2.2.1 Modelo Booleano	32

5.2.2.2	Modelo Vetorial.....	32
5.2.2.3	Modelo Probabilístico.....	35
5.2.2.4	Avaliação de resultados das ferramentas de busca.....	36
5.3	Metadados Educacionais	36
5.3.1	Dublin Core	37
5.3.2	LOM	38
6	MODELO DE INTEGRAÇÃO DE REPOSITÓRIOS.....	40
6.1	Arquitetura.....	40
6.2	OBAA.....	41
6.2.1	A Especificação OBAA	42
6.2.1.1	Metadados Técnicos.....	42
6.2.1.2	Metadados Educacionais.....	44
6.2.1.3	Metadados de Acessibilidade	45
6.2.1.4	Metadados de Segmentação.....	46
6.2.1.5	Sintaxe e Semântica dos Metadados	47
6.3	OBAA - MILOS	47
6.4	Tradução de Metadados	51
7	RESULTADOS.....	56
7.1	Provas de conceitual implementadas.....	56
7.1.1	Objeto de Aprendizagem 1	56
7.1.2	Objeto de Aprendizagem 2	56
7.1.3	Federação Educa Brasil.....	57
7.2	Validação.....	59
7.2.1	Avaliações com parceiros do projeto.....	61
7.2.2	Avaliação de desempenho	62
7.2.3	Teste de stress do servidor.....	64
8	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	65
	REFERENCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

A evolução dos sistemas educacionais digitais é notória e mundial, nunca houve tantos cursos disponíveis gratuitos na internet e tampouco houveram tantos alunos matriculados em cursos de graduação à distância, isso tem evidenciado muito a área de pesquisa em tecnologias educacionais no sentido de se fazer melhor uso de recursos digitais para o ensino, tanto em questões de estratégias pedagógicas como na área tecnológica. Em meio a essa forte interseção pedagogia-tecnologia está muitas das técnicas de inteligência artificial já conhecidas em outras aplicações técnicas, como o uso de agentes artificiais tem o poder de enriquecer as relações entre o conteúdo e os agentes humanos no sistema, nas seções a seguir serão destacados: o uso desses agentes e o que tem sido feito em outros trabalhos; abordadas definições e características de objetos de aprendizagem; o conceito de repositórios desses objetos; recursos educacionais abertos; alguns aspectos relacionados a interoperabilidade; definições de recuperação de informações; e alguns metadados de uso educacional.

1.1 Objetos de Aprendizagem

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) não constitui mais o diferencial entre as instituições de ensino, mas, o uso do conhecimento é cada vez mais valorizado e necessário. A tecnologia de OA é baseada na hipótese que é possível criar componentes de materiais pedagógicos, organizá-los e possibilitar sua reutilização, poupando tempo e custos de produção de recursos on-line com o propósito de uso na educação à distância (EAD), ou inclusive seu uso como parte de um plano pedagógico em aulas presenciais. De acordo com a IEEE¹, um OA é qualquer conteúdo, digital ou não (simulação, imagem, filme, etc.) que pode ser usado com um propósito educacional e que, internamente ou por meio de associação, inclui sugestões de contexto que possam ser usados. Essa definição também é adotada no presente estudo, apesar de restrita apenas ao caso de objetos digitais.

A utilização de OAs tem sido adotado por diversos modelos de ensino, baseados na educação à distância (DUNCAN, 2003; TEODORO et al., 2008; TATE-HOSHEK, 2009; TAROUÇO, 2011). O conceito de OA contempla vídeos, um exemplo disso é o trabalho do grupo (PRIMO, 2013) que definiu um conjunto de metadados para um serviço de videoaulas, em vista disso, esse conceito pode ser aplicado para os MOOCS

¹ <http://ieeeltsc.org/>

(massive online open courses), que são portais de cursos on-line, baseados em vídeos e que é um modelo que tem sido amplamente adotado (Coursera², Udacity³, entre outros)

1.2 Repositórios de Objetos de Aprendizagem

Repositórios de um modo geral são entidades de software capazes de armazenar e compartilhar conteúdos, mais especificamente, os repositórios de OAs são capazes de atribuir ao seu conteúdo características importantes dos OAs como: a interoperabilidade, granularidade e a facilidade de localização, conseqüentemente, aumentando a sua capacidade de ser reutilizado.

Existem ainda diversos desafios, principalmente, relativos à facilidade de localização dos objetos (NASH 2005) e como fazer com que outros educadores ou estudantes possam adaptar esse conteúdo, ou incluí-lo em outro OA de maior granularidade, ou seja, aumentar seu reuso (NEVEN 2002).

Quanto à arquitetura do repositório, a gerencia tanto conteúdo como os metadados e oferece um conjunto básico de serviços, como armazenar, localizar, pesquisar e controlar o acesso a esses conteúdos (HEERY-ANDERSON, 2005). Foi um dos assuntos mais investigados durante algum tempo, e trabalhos focados no armazenamento e recuperação de OAs podem ser citados (MATKIN, 2002; MARTÍN GARCÍA: LOZANO DE PABLO, 2003; FABRE 2003; DUNCAN, 2003; GOBBUR, 2007; HSU-YANG, 2008; TEODORO et al., 2008; TATE; HOSHEK, 2009; KALLONIS; SAMPSON, 2010; SALVE, 2010; MEHLECKE, 2011; RODRIGUES; TAGA; VIEIRA, 2011, DICHEVA, 2014), o que comprova o interesse científico no assunto.

Atualmente o assunto perdeu força ante aos novos avanços em outras áreas de pesquisa das tecnologias educacionais, mas não perdeu sua importância, trabalhos mais recentes buscam novas capacidades nos repositórios por meio da mineração social (SHIH 2014), que consiste na descoberta de relações em bancos de dados de interações de usuários com sistemas, e tem ganhado força os assuntos relacionados ao repositórios abertos e seus objetos, definidos como recursos educacionais abertos, (DISCHEVA, 2014, VAN ACKER 2014, NICHOLSON 2014) e pontos mais fundamentais, como a contestação e avaliação da qualidade dos OAs e sua aplicação pedagógica (ATENAS

² <https://pt.coursera.org/>

³ <https://www.udacity.com/>

2014; CLEMENTS 2014; BLAS, 2014). D'arcy Norman, um dos criadores dos primeiros repositórios digitais, o projeto CAREO (Norman, 2006 apud LEAL FONSECA 2011) vem contestando a necessidade dos repositórios institucionais já a algum tempo em entrevistas e seu site pessoal⁴, dizendo que hoje esses vêm sendo substituídos por outros recursos, como o Youtube⁵, Flickr⁶, blogs, etc. e que não é mais necessário um "repositório institucional monolítico". O que Norman não deve ter percebido em 2007 é que com a crescente representatividade de contextos, hoje é possível que os repositórios institucionais não sejam mais monolíticos, mas que continuem e evoluam compreendendo o crescimento da Internet e compartilhando seu conteúdo, tornado-se, portanto, um catalisador da produção de conteúdo diversificado.

Existem outros benefícios relativos à existência de uma instituição por trás de um material, é notório que a chancela de uma grande universidade passa credibilidade, além de poder ter influência sobre o conteúdo, com algum tipo de curadoria. Já vai um tempo que D'Arcy fez essa declaração da morte dos repositórios em seu site pessoal, mas é perceptível que o que ficou para trás não é o conceito de repositório e sim o adjetivo dado a ele: "monolítico", está entre as contribuições desse trabalho aumentar a flexibilidade dos repositórios uma vez que os reúne independente do padrão de metadados que adotem e aumenta as suas capacidades de representação de conteúdo.

1.3 Recursos Educacionais Abertos

Está entre os desafios atuais da educação que os conteúdos desenvolvidos por cada instituição ultrapassem os limites dos muros de cada escola, não diferentemente dos OAs, os Recursos Educacionais Abertos (REA) é formato de material desenvolvido na intenção de auxiliar nesse desafio, inclusive é tema estratégico para a democratização da educação, adotado pela UNESCO desde 2000 (SANTANA, ROSSINI, PRETTO 2012).

Os REA são materiais que misturam conceitos de OAs com Software Livre⁷, ou seja, são materiais criados com o intuito de ensinar, com direitos autorais abertos e com permissões de reedição, remixagem, extensões, modificações ou cópias. Estes recursos podem incluir conteúdos digitais de aprendizagem, ferramentas para apoio,

⁴ <http://darcynorman.net/2007/10/31/remembering-careo/>

⁵ <https://www.youtube.com/>

⁶ <https://www.flickr.com/>

⁷ <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt-br.html>

desenvolvimento e uso destes conteúdos, bem como demais recursos necessários para a disponibilização destes conteúdos e cursos de uma forma livre e aberta (DUTRA; TAROUCO, 2007).

Com esse conceito similar, porém complementar aos conceitos dos OAs, os pesquisadores de REA tendem a andar numa linha mais próxima às escolas, dentro de seus desafios. Amiel (2012) levanta pontos de como tornar os ambientes educacionais mais abertos. Rossini-Gonzales (2012) busca debater a relação dos REA com políticas públicas.

A forte expansão dos REA foi impulsionada pela plataforma OpenCourseWare⁸ do MIT, a qual é mantida por doações de empresas ou particulares e que disponibiliza mais de 2100 cursos abertos com conteúdo licenciado por *Creative Commons*⁹, essas iniciativas de desenvolvimento de materiais, no entanto, ainda são isoladas. Esse trabalho vem no sentido de facilitar essa aproximação.

1.4 Interoperabilidade

Criar sistemas interoperáveis tem sido um desafio constante e crescente para a computação. No início da Internet os problemas de interoperabilidade começavam desde os padrões de cabeamentos de redes, passando pelos protocolos de comunicação, até os sistemas finais de aplicação, entre softwares distintos. Mesmo com a criação de padrões amplamente adotados, o surgimento de novos dispositivos mantém o desafio de se gerar materiais que operem em diversos desses dispositivos, desde televisores até celulares (ASHTON 2009).

Com o caso dos OAs não é diferente, é interessante que esses materiais possam ser executados independentemente de plataforma tecnológica. Os repositórios e ambientes de aprendizagem sejam capazes de conduzir ao aluno os recursos mais adequados, não somente a seu perfil de estudo, como também sensível ao hardware e sistemas utilizados por ele. Essa característica permite dinamizar o conteúdo e funcionalidades para a universalidade na pesquisa, recuperação e acesso em escala global. (FONSECA, 2009)

⁸ <http://ocw.mit.edu/>

⁹ www.creativecommons.org

Do mesmo modo que os desafios das redes nos anos 80 a solução atual passa por uma metodologia de padronização, esse intercâmbio é decorrente da ampla adoção de padrões para os metadados dos OAs. Com a web 3.0, as representações semânticas permitem a conversação entre padrões distintos, desde que sejam padrões conhecidos e especificados em linguagens semânticas.

2 OBJETO DE PESQUISA

Dentro de algumas universidades brasileiras, como acontece na UFRGS, existem mais de um repositório, e não é incomum que os funcionários de um não saber da existência do outro, sem coesão eles definem suas próprias implementações e padrões, isso complica muito qualquer integração entre eles, se expandirmos essa realidade para um cenário maior, por exemplo as universidades brasileiras, esse universo fica ainda mais caótico, e ampliarmos ainda mais para chegar na situação brasileira temos diversos repositórios são mantidos por diferentes instituições, cenários, usos e padrões de comunicação e de metadados. Além disso é comum vermos o uso de metadados muito pobres, e ainda repositórios sem nenhuma preocupação em divulgação do seu material.

O objeto de pesquisa desse trabalho consiste em atacar esse problema, com os objetivos que serão apresentados a seguir.

3 OBJETIVOS

3.1 *Objetivo Geral*

O objetivo geral desta tese consiste na criação de uma arquitetura que, preparado para a web 3.0, seja possível viabilizar o uso, reuso e adaptação de objetos educacionais, em ambientes heterogêneos tanto de padrão de metadados quanto de dispositivos, além de capacitar objetos legados.

3.2 *Objetivos Específicos*

Como objetivos específicos podem ser citados:

1. A concepção de um modelo de integração entre repositórios educacionais de modo a conferir a possibilidade real de reuso do material desenvolvido por educadores, mesmo que tenham pouca familiaridade com a computação;
2. A proposta de uma arquitetura escalável e que permita a interoperabilidade de dispositivos diversos e que possibilite que usuários de uma plataforma específica seja capaz de localizar e utilizar materiais que tenham sido desenvolvidos para ela;
3. A possibilidade que materiais criados para a dita Web 3.0 possam instanciar agentes artificiais ativamente em plataformas que sigam o padrão FIPA;
4. A criação de um modelo formal de modo que agentes artificiais ou aplicações de internet das coisas tenham a possibilidade de consumir objetos educacionais legados, mesmo que esses não tenham sido desenvolvidos para a Web 3.0;
5. A criação de mecanismos para permitir que objetos que possuam versões distintas, possam identificar e executar aquela que seja mais adequada para o dispositivo;
6. Formalizar conhecimento em ontologias de modo a garantir que aplicações autônomas (como os agentes) sejam capazes de se comunicar com o ambiente, mesmo sem conhecê-lo inicialmente;
7. A criação de provas de conceito de modo a validar as sentenças supracitadas. Algumas das provas de conceito são frutos de trabalhos do grupo de pesquisa.

4 JUSTIFICATIVA

Apresentado no objeto de pesquisa (seção 2) desse trabalho o cenário brasileiro para objetos de aprendizagem é de difícil manipulação devido a sua grande heterogeneidade em diversas esferas, se atingidos os objetivos apresentados na seção 3, esse ambiente tende a se tornar muito mais coeso, facilitando a divulgação de trabalho para seus autores e a localização para os consumidores.

5 CONCEITOS RELACIONADOS

5.1 Web 3.0

A Web 3.0 é entendida como a Internet em que haverá obtenção e processamento automático de informações, nesse conceito, agentes artificiais, ontologias e comportamentos espontâneos e geração de conhecimento serão fatos corriqueiros, o foco será em compartilhamento e reuso de informações (web semântica).

Em uma visão evolucionista (Figura 1 - Evolução da Internet a Internet 1.0 é a conexão de computadores, enquanto a Internet 2.0 seria a conexão de documentos, essa realidade foi viabilizada pela vasta disponibilidade de espaços na internet por serviços de hospedagem nas nuvens, seja para arquivos de uso geral (Google Drive¹⁰, Dropbox¹¹), vídeos (Youtube, Vimeo¹²) ou blogs e espaços para publicação de opinião (Blogger¹³, Facebook¹⁴). Dessa fase para a Internet 3.0 será a reunião de pessoas e coisas, e existem alguns esforços nessa área e que podem ser beneficiados pelos resultados do trabalho aqui descrito, algumas delas serão aqui expostas na seções seguintes.

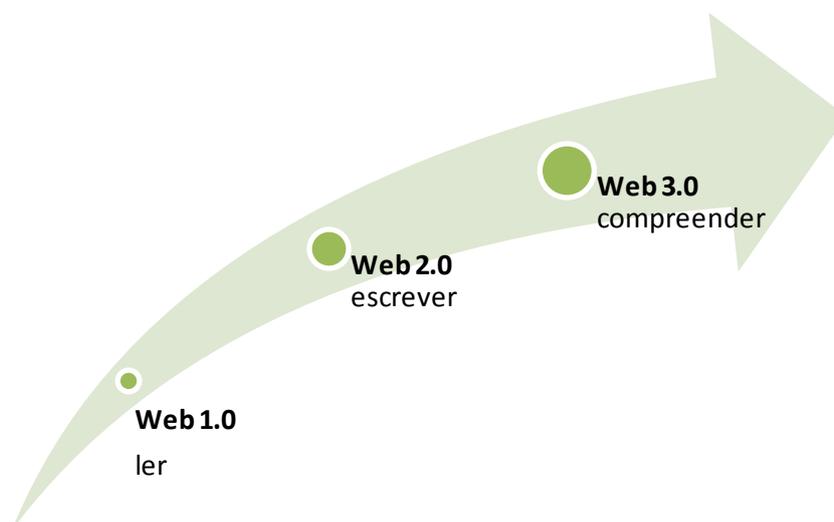


Figura 1 - Evolução da Internet

¹⁰ <https://www.google.com/intl/pt-BR/drive/>

¹¹ <https://www.dropbox.com/>

¹² <https://vimeo.com/>

¹³ <https://blogger.com/>

¹⁴ <https://facebook.com/>

5.1.1 *Internet das Coisas*

A Internet das coisas visa conectar todas as coisas do mundo real representando informações de dispositivos diversos em uma única rede, onde as coisas no mundo digital fornecem informações da utilidade uso e compartilhamento. Com isso, tem-se uma integração entre os diversos elementos do cotidiano, em que a comunicação digital se torna o principal elo.

Com um horizonte em que a interoperabilidade não seja mais um desafio e que qualquer "coisa" possa operar com qualquer outra "coisa" a qualquer momento (IUT 2005), em 2009 surge o conceito de "internet das coisas", no qual Ashton (2010) relaciona os RFIDs (Identificadores por Rádio Frequência) aos produtos da cadeia de suprimentos da Procter & Gamble, empresa na qual trabalhara na época, com isso teria mais controle da produção. A Internet das coisas evoluiu e hoje pesquisa sua aplicação nos mais diversos temas, desde identificadores para toras de madeira que estão passando por uma cancela da polícia, para identificar sua procedência, formando um mundo cada vez mais conectado e interoperável.

Em 2013 a ABI Research (2013) apontava que mais de 30 bilhões de dispositivos estaria m conectados na Internet, em 2014 a previsão já mudou para 40,9 bilhões (ABI 2014), porém, mais importante do que o número de dispositivos, o que os estudos demonstram que, cada vez mais, cresce o número de dispositivos conectados e a uma velocidade cada vez maior. Para a área das tecnologias educacionais isso pode representar um grande avanço, Lutz (2014) destacou quatro áreas em que esses avanços podem ocorrer, dos quais destacam-se, a acessibilidade e a *mobile learning* (aprendizagem móvel). Quanto a acessibilidade interessante adaptar o ambiente ao portador de necessidades especiais, seja no espaço físico seja no virtual, sistemas podem se adaptar automaticamente quando identificarem que o usuário possui algum tipo de necessidade. No tocante ao *mobile learning*, é fato que cada vez mais pessoas possuem telefones celulares e que esses tem uma capacidade cada vez maior de usá-los como ferramenta didática já não é mais novidade, mas poder fazer um acompanhamento especial a cada aluno é cada vez mais possível, se, por exemplo, um aluno não for à aula deve-se enviar a ele os materiais utilizados e as atividades a serem desenvolvidas. Além disso a Internet das coisas pode ainda contribuir nas atividades de reforço e na gerência educacional de diversas maneiras: otimizando recursos do ambiente educacional,

enriquecendo recursos instrucionais, incrementando os meios de se aprender, poupando custos gerenciais ou aumentando sua eficiência. (ATZORI, 2010)

A seção desse trabalho que trata da internet das coisas é na padronização de recursos e sua representação semântica em OWL (PRIMO, 2012), além disso, o conceito de internet das coisas tem forte relação ao conceito de agentes artificiais (KATASONOV, 2010), por usar definições de sensores e atuadores em um ambiente.

5.1.2 *Agentes Artificiais*

Um agente é um sistema computacional que está situado em alguns ambientes e que é capaz de realizar ações autônomas neste ambiente de forma a atingir seus objetivos projetados (WOOLDRIDGE, 2002). Este, por sua vez, captura informações por meio de sensores no ambiente, e produz uma ação de saída que irá afetá-lo (Figura 2). A interação geralmente ocorre de forma contínua.

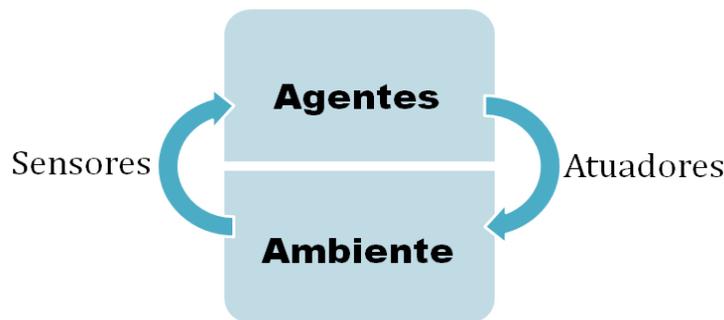


Figura 2 - Conceito de Agente

Russel e Norvig (2004) reforçam que um agente é tudo que pode ser considerado capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente por intermédio de atuadores.

Na maioria dos casos, um agente não trabalha sozinho. Estabelece-se um ambiente onde a partir das características individuais, os agentes são capazes de interagir e atualizar o conhecimento mútuo e reconhecer as modificações do ambiente onde estão inseridos. Para que esta comunidade atinja seus objetivos, se estabelece a forma como irá interferir no ambiente para resolver um problema.

De forma prática, os agentes precisam notar e interpretar informações e mensagens recebidas, desenvolver raciocínio sobre suas crenças, realizar tomada de decisão e planejamentos que habilitarão novos procedimentos como, por exemplo, o envio de novas mensagens.

Wooldridge (2002) define que para um agente ser considerado inteligente, ele deve conter as seguintes habilidades de forma a satisfazer os objetivos projetados:

- Reatividade: os agentes devem perceber seu ambiente e responder, em tempo, as mudanças que ocorrerem;
- Pró-atividade: os agentes devem demonstrar comportamentos objetivos por iniciativa própria;
- Habilidade social: os agentes devem ser capazes de interagir com outros agentes (incluindo humanos).

Sobre a arquitetura interna, os agentes podem ser classificados quanto à forma de resolução de seus problemas da seguinte maneira:

- Agentes reativos: suas ações são provocadas pelo resultado de outra ação já realizada. Seu comportamento baseia-se no modo estímulo-resposta, que inibe a recordação de atividades realizadas anteriormente e as que serão efetuadas no futuro; e
- Agentes cognitivos: a estes agentes estão envolvidas características como crenças, conhecimento, desejos, intenções e obrigações. Logo, agentes cognitivos diferenciam-se por possuir atitudes e estados mentais; tendo a capacidade de compreender o funcionamento do ambiente que o cerca, vivendo em sociedade com organização, cooperação e comunicação;
- Agentes híbridos: mesclam características dos agentes reativos e dos agentes cognitivos.

Demazeu e Müller (1989) descrevem a arquitetura interna de um agente contendo os seguintes itens (exemplificados na Figura 3): (i) conhecimento sobre o mundo e sobre o problema que ele tem que resolver, adquirido através da comunicação com outros agentes ou através da percepção de mudanças no ambiente; e (ii) objetivos que devem ser executados por ele através de sua capacidade de raciocínio e de decisão (contidos nos algoritmos ou dinamicamente adquiridos através de comunicação com outros agentes, observação de mudanças no ambiente, raciocínio sobre comportamento dos outros agentes).

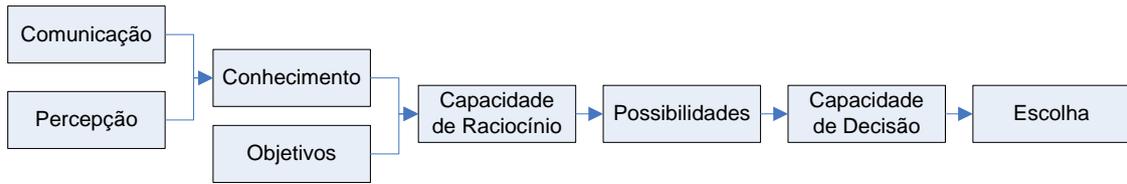


Figura 3 - Modelo de agente

Fonte: Adaptado de Demazeu e Müller (1989).

1.4.1.1 Padrão FIPA

A FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) é uma fundação responsável pela criação de padrões para a implementação da comunicação entre agentes. Estabelece que o ciclo de vida de um padrão é dado pelas fases: preliminar, experimental, padrão, obsoleto e abandono. A versão existente no desenvolvimento deste trabalho, o FIPA-2000, é composta por 40 documentos distintos separados por camadas, os de mais alto nível são da camada de aplicação, em seguida da sua arquitetura abstrata, separado em: comunicação, gerenciamento e transporte, em seguida, mas especificamente cada item com suas divisões, sua organização completa pode ser vista na Figura 4 (FIPA, 2002).

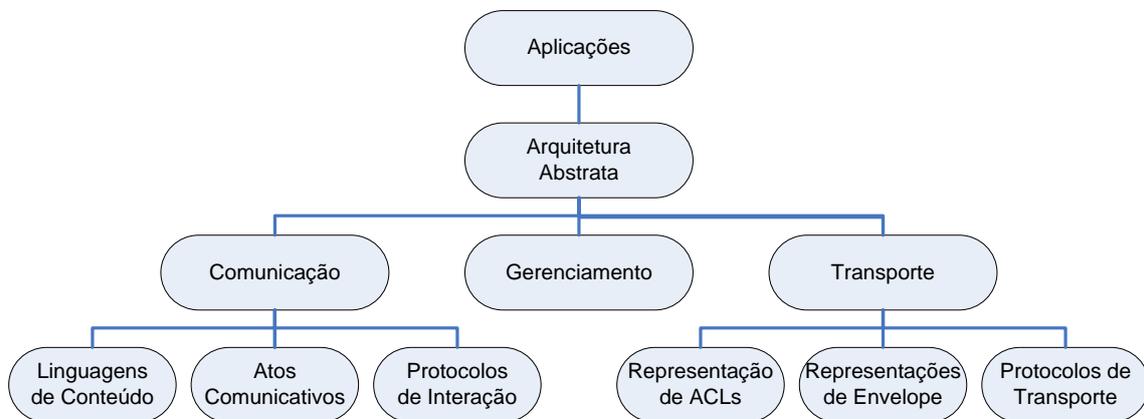


Figura 4 - Organização geral FIPA-2000

Fonte: Adaptado de FIPA (2002).

O padrão ainda estabelece que a comunicação entre agentes que utilizam sua especificação compartilha uma ontologia comum, pois isto assegura que os agentes direcionam um mesmo significado para os termos utilizados nas mensagens. Logo, ele fornece um serviço de ontologia, o qual contempla a manutenção de ontologias, tradução de expressões entre ontologias ou linguagens distintas, responder a uma

solicitação entre termos e ontologias, e facilitar a identificação de ontologias compartilhadas.

Para um agente ser capaz de fazer a comunicação, é necessário implementar os protocolos estabelecidos na camada de comunicação, portanto, são definidas formalmente suas ações, passíveis de serem adaptadas a outros padrões (algo que será proposto no padrão OBAA, na seção 6.2 deste trabalho), ou seja, um OA especificado no padrão OBAA é capaz de se comunicar com outros agentes que implementem o padrão FIPA.

1.4.2 *Ontologias*

Um modelo bastante usado para o armazenamento de formalismo e representação de conhecimento são as ontologias, por ser uma linguagem formal e desambigua serve muito bem para esses fins, segundo Vickery (1997), "ontologia é um mecanismo de controle de vocabulário usado na documentação de linguagens. As ontologias fornecem um mapa de uma determinada área de conhecimento, indicando como conceitos ou idéias sobre conceitos se relacionam entre si". Ontologias são utilizadas para formalizar diversos contextos nesse trabalho: na definição da linguagem a serem utilizadas por agentes, na representação do conhecimento contido em cada OA, mas em destaque, na formalização do padrão OBAA (seção 6.2) para a interoperabilidade entre sistemas não humanos.

Sob o ponto de vista de sistemas multiagente, as ontologias se apoiam na definição e organização do conhecimento, fornecendo descrições não ambíguas das características e propriedades dos agentes e do ambiente. Sendo assim, as ontologias descrevem os conceitos e os relacionamentos que podem existir para uma comunidade de agentes, promovendo sua comunicação. De forma prática, elas especificam o domínio, isto é, o vocabulário usado em um diálogo entre agentes. Ainda, ao explicitar uma ontologia a organização do sistema Multiagente torna-se mais clara. Uma ontologia é projetada com o propósito de permitir o compartilhamento e reuso do conhecimento. Ao se submeter a uma ontologia, o agente concorda sobre um determinado conceito especificado por ela (ZINI & STERLING, 1999).

Existem ainda outras definições de ontologias, de acordo com Guarino, Oberle e Staab (2009), ontologia é uma "especificação explícita de um conceito". Borst (1997) introduziu a definição de uma "especificação formal de conceitualização compartilhada"

e Studer, Benajamins e Fensel (1998) contemplaram ambas definições "ontologia é uma formal e explícita especificação de conceitualização compartilhada".

Um exemplo explícito de uma ontologia de alguns conceitos da ciência da computação é realizado na Figura 5, onde cada conceito é representado por uma elipse, e suas conexões representam a relação entre esses conceitos. Muitas vezes as ontologias são organizadas hierarquicamente com sentido único aos arcos direcionados definindo um subconjunto do nodo acima de seu nível, denominadas, taxonomias.

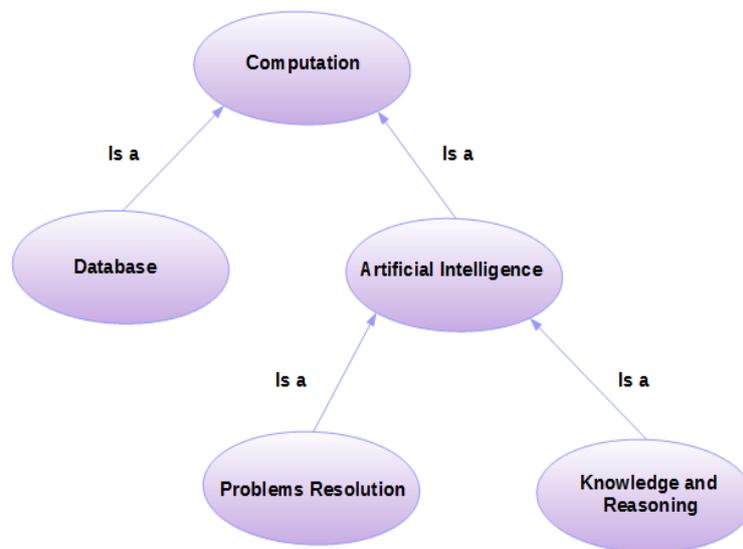


Figura 5 - Exemplo gráfico de ontologia

Gasevic et al. (2005) afirmam que as ontologias podem ser usadas para descrever conteúdos de objetos de aprendizagem, e desta maneira, promover os objetos de aprendizagem a uma nova dimensão de reusabilidade. A ontologia provê uma infraestrutura para a recuperação dos objetos de aprendizagem. Os autores defendem ainda que a ontologia possa ser utilizada tanto para a formalização dos metadados quanto do conteúdo instrucional do objeto.

1.5 O uso de agentes inteligentes para a educação

Muitos dos sistemas multiagente usados com a finalidade pedagógica são denominados sistemas tutores inteligentes (STI) e seguem uma alusão às salas de aula tradicionais onde haverão os alunos, que em STI serão denominados agentes aprendizes e os professores, que serão os agentes tutores.

O uso de agentes na concepção de sistemas educacionais traz algumas vantagens, tais como: o conhecimento pode ser distribuído entre vários "tutores"

(agentes), cada um com suas crenças, desejos, intenções, emoções e planos de ação; essa distribuição cria maiores oportunidades de variar técnicas pedagógicas; o aprendiz interage com um tutor de forma mais flexível; o aprendiz pode passar conhecimentos ao tutor que serão repassados a outros aprendizes. Também torna mais fácil a adição de novos agentes ao sistema, pois cada agente é um módulo único e independente do outro. Ambientes de ensino baseados em arquiteturas multiagente possibilitam suportar o desenvolvimento de sistemas de forma mais robusta, mais rápida e com menores custos.

Diversos trabalhos nessa área têm proposto o uso de arquiteturas baseadas em sistemas multiagente no ensino (GIRAFFA, 1998) (JOHNSON, 2000) (KIM 2015). Um sistema multiagente (SMA) é composto por uma comunidade de entidades individuais denominadas agentes. A principal característica de um agente é a autonomia, ou seja, a capacidade de agir e de interagir com outros agentes sem a necessidade de intervenção humana e com vistas à satisfação dos seus próprios objetivos.

Os agentes, assim como os OAs, não possuem um conceito aceito por toda a comunidade de pesquisadores. Para Bradshaw (1997) um agente é uma entidade de software que trabalha continuamente e de forma autônoma em um ambiente particular geralmente habitado por outros agentes. Um agente é capaz de interferir neste ambiente de forma flexível e inteligente, sem requerer intervenção humana ou direcionamento. Idealmente, um agente deve ter a capacidade de aprender através de suas experiências passadas e, se ele habita um ambiente com outros agentes, ele deve ser capaz de se comunicar e cooperar com eles.

Ao longo dos anos, instituições e grupos de pesquisas vêm trabalhando no sentido de promover padrões que possibilitem a construção de agentes compatíveis entre si. Uma destas instituições é a *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA, 2009), uma fundação internacional sem fins lucrativos voltada exclusivamente para a criação de padrões que tornem possível a implementação de agentes interoperáveis. Entre os desenvolvimentos promovidos por esta fundação está uma linguagem de comunicação exclusivamente voltada para a comunicação entre agentes, a FIPA-Agent Communication Language (FIPA-ACL), e uma linguagem para a descrição do conteúdo das comunicações, a FIPA-Semantic Language (FIPA-SL).

Alguns autores acreditam que os agentes podem ser considerados como uma evolução do paradigma de orientação a objetos. Para Bauer (2001) um agente é um objeto ativo dotado de autonomia dinâmica, capacidade de decidir quando deve agir e

sem a necessidade de invocação externa, e de autonomia determinística, capacidade de recusar ou de modificar uma requisição externa. Para Fernandes (1998), um agente pode ser visto como um elemento integrador de técnicas de orientação a objetos e sistemas baseados em conhecimento.

Por essa capacidade arquitetural apresentada, somado ao fato de os agentes apresentarem diversas capacidades que podem ser exploradas em ambientes de ensino, eles podem ser explorados como uma extensão dos objetos, por proporcionar uma abstração maior, e agregar as potencialidades de sistemas baseados em conhecimento, por trabalhar com informações e raciocínio, com exceção dos puramente reativos.

Com base no que foi explicitado acima, cremos que dotar um OA de características típicas de agentes, tais como autonomia, conhecimento sobre si próprio e objetivos, pode agregar valor a ele próprio e aos ambientes de educacionais produzidos com ele, deixando-os mais autônomos, dinâmicos e adaptáveis (SILVEIRA, 2004) (SILVA, 2004).

Trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa anteriormente, apresentam o conceito de Objetos Inteligentes de Aprendizagem. De forma geral, um Objeto Inteligente de Aprendizagem agrega as características dos objetos de aprendizagem aliadas a tecnologia dos sistemas multiagente (GOMES, 2004; SILVEIRA et al., 2005; 2006; 2007).

Outra possibilidade interessante refere-se à potencial capacidade de aprendizagem, na qual os agentes possuem. Logo, um objeto de aprendizagem com esta característica pode adquirir novos conhecimentos e comportamentos no decorrer de sua existência, através da interação com outros alunos e, até mesmo, com outros objetos de aprendizagem, tais como: acionar outros objetos de aprendizagem que possam auxiliar o aluno e complementar o ensino, adquirir informações sobre os alunos, como as suas preferências e estilos cognitivos, a fim de se adaptar a estes e, inclusive, aprender como se adaptar a elas; adaptar seu conteúdo educacional no sentido de se adaptar ao estudante; entre outras. A Figura 6 ilustra essa ideia.



Figura 6 - Agentes Inteligentes de aprendizagem

5.2 Recuperação de Informações

O nascimento da recuperação de informações é fortemente relacionado ao crescimento do volume de conteúdos existentes nas máquinas, quanto mais cresciam os conteúdos menos satisfatórios eram os tempos de respostas de mecanismos de buscas sequenciais. A área começou a surgir principalmente nos anos 40 e ter suas primeiras publicações no início dos anos 50, quando Mooers (1949 apud BUCKLAND 1991) usou o termo *Information Retrieval by Machine* (Recuperação de informações por máquina) pela primeira vez, que o definiu como "a comunicação através do tempo", especificando, então, como "qualquer sistema, técnica, ou máquina que seja empregada para realizar as operações de buscas". A área de Recuperação de Informações (RI), que teve origem na matemática, sempre teve suas aplicações relacionada a grandes coleções de textos, portanto, área de interesse da biblioteconomia, isso foi verdade até o ano de 1989 com a criação da Internet. Com isso a área tomou um novo foco com uma infinidade de novas técnicas e necessidades, frequentemente revisitando seus objetivos e não parou mais de avançar. Em pouco tempo a Internet se tornou o maior repositório de conhecimento humano na história (BAEZA-YATES 1999).

Hoje a RI é compreendida como toda a representação, armazenamento, organização e acesso a itens de informação (BAEZA-YATES 1999).

5.2.1 Representação dos documentos

Com o intuito de viabilizar buscas cada vez mais eficientes e de simplificar o armazenamento dos documentos, esses são frequentemente representados por um conjunto de termos indexados ou palavras-chave. Isso geralmente é feito de forma

automática, mas, por definição, nada impede que seja por um usuário humano, com isso se obtém uma representação lógica do conteúdo de um dado documento.

O que já foi um fator limitante e desafiador da área não é mais, espaço de oferta para armazenamento de documentos hoje é muito vasto e barato e, com isso, a representação lógica dos documentos tem sido cada vez mais completa e restrições dos conjuntos de palavras a serem indexadas são apenas escolhas para melhorar o desempenho das ferramentas; tarefas como a remoção de palavras de pouca importância (*stopwords*) e a extração do radical (*stemming*) de palavras, que já foram essenciais para a redução de espaço de armazenamento, hoje são usadas com o intuito de melhorar o desempenho das buscas.

As representações dos documentos podem ter diversas necessidades, desde a busca sobre esse documento propriamente dita, como sistemas de visualizações, categorização de documentos, processamento para mineração de dados em clusters, regras, etc. Um exemplo do fluxo da metodologia de representação lógica de um documento pode ser visto na Figura 7, onde o texto e sua estrutura representa um documento, e os processos prévios até a sua indexação.

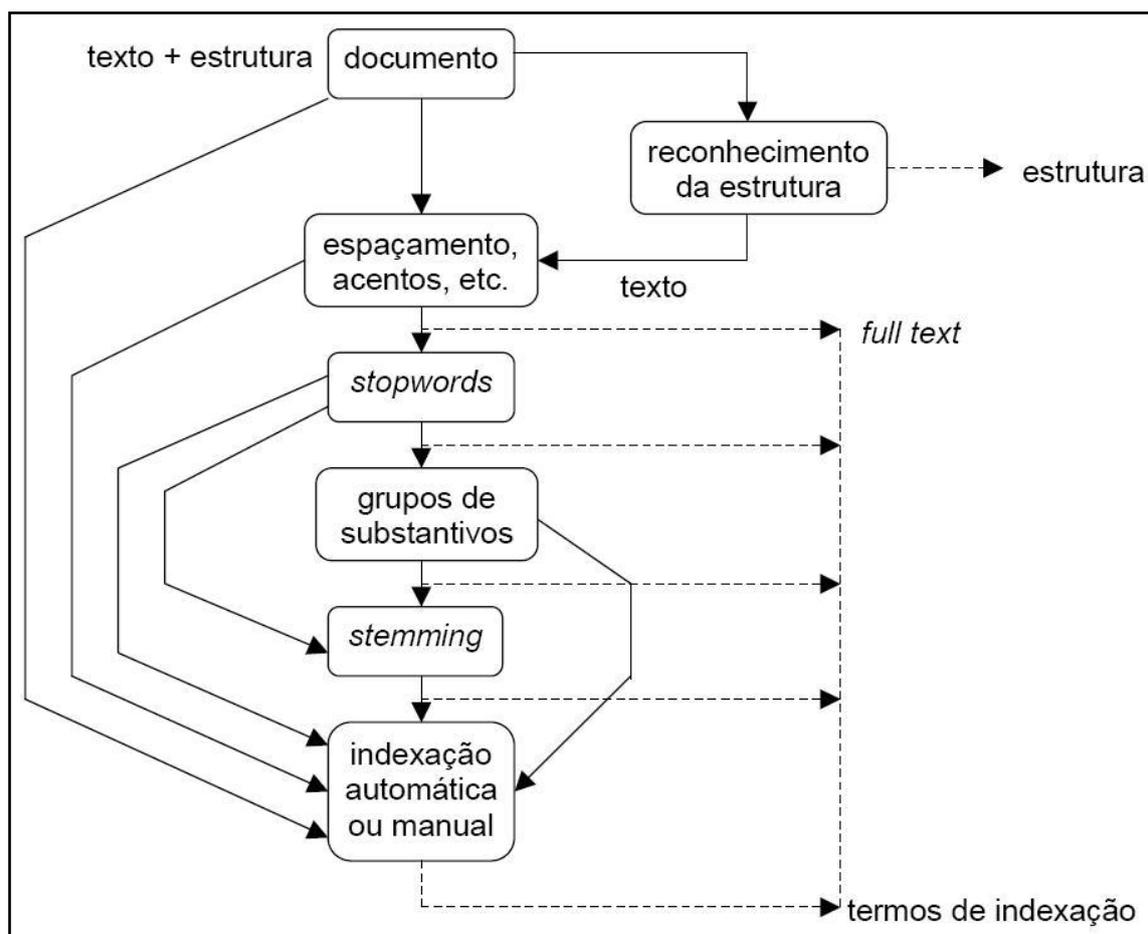


Figura 7 - Visão Lógica de um Documento: do Texto Completo ao Conjunto de Termos Indexados. Fonte: BAEZA-YATES, 1999, p. 6

5.2.2 Modelos de recuperação de informações

Os sistemas clássicos de recuperação de informação fazem uso de uma estratégia de busca de informação baseada em uma consulta (*query*) formada pelo usuário, que serve para descrever as suas necessidades de informações, de modo a resumir as expressões-chave que caracterizam o documento que se deseja encontrar. Esses modelos consideram que cada documento é descrito por um conjunto de palavras-chave, chamadas termos de indexação. Cada termo indexado possui associado uma palavra e um peso, que quantifica a correlação entre os termos e os documentos. Uma vez que o usuário realiza uma busca, os sistemas de RI irão comparar os termos extraídos dos documentos com a *query* fornecida, com vistas a verificar a relevância e apresentar os documentos que melhor se relacionam com a pesquisa realizada.

Os modelos clássicos utilizados no processo de RI são classificados como: modelo booleano, modelo vetorial e modelo probabilístico, dando maior destaque ao modelo vetorial, utilizado na validação de objetivos propostos nesta tese.

5.2.2.1 Modelo Booleano

No modelo booleano, os termos t_i são indexados baseados, simplesmente, na sua ocorrência, ou não, para um dado documento d_j , portanto, em uma relação entre todos os termos da coleção e todos os documentos nela existente, teremos uma matriz (normalmente esparsa) de ocorrências de i linhas e j colunas (ou vice versa), onde em cada célula constará um valor booleano para a ocorrência do termo (t_i) no documento (d_j).

Em uma dada consulta, além da possibilidade de se verificar a incidência do termo documento, é possível usar operadores lógicos OR, AND e NOT, e suas composições.

5.2.2.2 Modelo Vetorial

A primeira etapa do modelo vetorial, cabe sobre um pré-processamento dos dados de uma determinada coleção, definido como ponderação de termos. Para cada documento existem diversos termos, então como saber quais são os termos mais relevantes em cada documento? Não para responder essa pergunta, mas para solucionar essa questão surgiram os algoritmos de ponderação de termos, com o objetivo de definir qual termo que traz mais sentido ao seu documento, ou seja, é atribuído um valor numérico para cada termo de cada documento (MANNING 2008).

O algoritmo mais popular para esse tipo de cálculo é o TF-IDF, criado por Salton (1988) que é fundamentado na premissa de que documentos (ou trechos de documentos) que versam sobre um determinado assunto, tendem a repetir esses termos com uma certa frequência. esse termo é usado na equação e chamado de *term frequency*, ou frequência do termo (TF). Porém não é o suficiente para se ter uma boa ponderação, apenas um dos fatores a serem usados.

Definição do fator TF: em uma coleção com i termos e j documentos, para se obter o fator TF de um termo K_i em um documento d_j , é definido um peso $TF_{i,j}$ para o par termo-documento, para tal, será feita a contagem da repetição do termo K_i no documento d_j definida como $f_{i,j}$, como consequência se não houver o termo no documento o valor de $TF_{i,j}$ será zero.

$$TF'_{i,j} = f_{i,j}$$

Para se obter um valor normalizado de frequência o fator $f_{i,j}$ deverá ser dividido pelo maior $f_{i,j}$ de toda a coleção definido como $\max_i(f_{i,j})$

$$TF_{i,j} = \frac{f_{i,j}}{\max_i(f_{i,j})}$$

Entretanto, o fator frequência do termo por si só não pode garantir o desempenho de recuperação aceitável. Especificamente, quando os termos de alta frequência não estão concentrados em alguns documentos particulares, mas, ao invés disso, são predominantes em toda a coleção, todos os documentos tendem a ser recuperados, e isso afeta a precisão da busca. Assim, um novo fator dependente da coleta deve ser introduzido, o que favorece termos concentrados em alguns documentos de uma coleção. O fator inverso da frequência nos documentos (*inverse document frequency* - IDF) executa essa função. O fator IDF varia inversamente com o número de documentos n para o qual um termo é atribuído em uma coleção de documentos D , ou seja, termos muito comuns e não específicos terão uma pontuação muito baixa, enquanto termos raros, que não existem no restante da coleção receberão uma alta pontuação nesse fator, mesmo que não se repitam muitas vezes dentro do próprio documento.

Definição do fator IDF: A relação IDF não é dependente do documento a ser avaliado, apenas para toda a coleção, portando, para cada termo K_i é definido o seu IDF_i para toda a coleção como a contagem de documentos em que esse termo ocorre e definido como n_i . Como esse é um fator que decresce a importância de um termo a medida que é repetido é definido de forma inversa.

$$IDF'_i = \frac{1}{n_i}$$

Como fator de normalização é usado o número de termos da coleção, definido como N .

$$IDF_i = \frac{N}{n_i}$$

Quanto mais índices são atribuídos a um documento, mais exaustiva a descrição se torna. A probabilidade de recuperação de um documento por uma consulta, a partir do fluxo de consulta, também aumenta. No entanto, se muitos termos são atribuídos a um documento, ele vai ser recuperado por consultas para as quais não é relevante. Isso sugere que a probabilidade de relevância de um documento recuperado é maximizada.

O número ideal de termos de índice define a exaustividade ideal para descrições de um documento. Dessa forma, os melhores termos devem ter alta frequência, mas baixa frequência nos diferentes documentos. A medida razoável da importância pode ser

obtida usando o produto da frequência do termo (tf) e do inverso da frequência do documento (idf).

$$W_{i,j} = TF_{i,j} \times IDF_i$$

No modelo vetorial, cada documento é representado como um vetor de termos, onde cada termo possui o seu valor de ponderação associado no documento. Em outras palavras, cada documento possui um vetor associado, constituído por pares de elementos na forma {(palavra_1, peso_1), (palavra_2, peso_2), ..., (palavra_n, peso_n)}, portanto, a visão de um documento d_j sob a ótica do modelo vetorial será $\vec{d}_j = (w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{tj})$, um vetor de t dimensões.

Para uma dada consulta Q , o documento mais similar a ela será aquele que apresentar a menor diferença do cosseno entre todos os documentos da coleção, como pode ser visto na Figura 8.

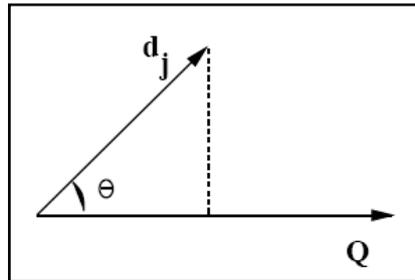


Figura 8 - O cosseno do ângulo θ é adotado como similaridade entre o documento d_j e a consulta Q .

Definição: Portanto, a similaridade (sim) entre uma consulta Q (convertida em vetor da mesma forma) e um documento d_j , será dada por sua representação vetorial para o cálculo do cosseno:

$$sim(d_j, Q) = \frac{\vec{d}_j \cdot \vec{Q}}{|\vec{d}_j| \times |\vec{Q}|}$$

Ou pela sua representação matemática:

$$sim(d_j, q) = \frac{\sum_{i=1}^t w_{i,j} \times w_{i,q}}{\sqrt{\sum_{i=1}^t w_{i,j}^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^t w_{i,q}^2}}$$

Partindo do princípio que $w_{i,j}$, $w_{i,q}$ e $sim(d_j, q)$ variam de 0 até 1. Então, ao invés de tentar dizer qual documento é relevante ou não, o modelo vetorial classifica os documentos de acordo com o seu grau de similaridade com a consulta. Um documento pode, assim, ser recuperado mesmo que ele somente atenda parcialmente a uma

determinada consulta. Entretanto, para computar esse ranque, é necessário primeiro estabelecer o modo de obtenção dos pesos dos termos indexados.

As principais vantagens do modelo vetorial são:

Seu esquema de ponderação melhora a qualidade do conjunto de respostas (das recuperações);

Sua correspondência parcial permite a recuperação de documentos que se aproximam das condições de consulta; e

A fórmula de ranque, baseada em cosseno, classifica os documentos de acordo com um grau de similaridade com a consulta.

Apesar de sua simplicidade, o modelo vetorial é uma estratégia de ranque bastante eficaz. Os resultados da ferramenta desenvolvida para este trabalho poderá ser visto na seção 7.2.1.

5.2.2.3 Modelo Probabilístico

O modelo probabilístico trata do problema da recuperação de informação de uma visão probabilística. A partir de uma consulta do usuário, o conjunto dos documentos é dividido em quatro grupos, sendo eles: o conjunto de documentos relevantes (Rel), o conjunto dos documentos recuperados (Rec), o conjunto dos documentos relevantes recuperados (RR) e o conjunto dos documentos não relevantes e não recuperados. O que se busca nesse modelo é saber a probabilidade de um documento D ser ou não relevante para uma consulta. Essa informação pode ser obtida assumindo-se que a distribuição de termos na coleção seja capaz de informar a relevância provável para um documento qualquer dela.

Então, pode-se pensar no processo de busca como um procedimento de especificação das propriedades de um conjunto resposta ideal. O problema é descobrir exatamente o que essas propriedades são. Tudo que se sabe é que elas são termos indexados dos quais a semântica pode ser utilizada para caracterizar essas propriedades. Os algoritmos de similaridade de maior sucesso atualmente são dessa categoria, com o OKAPI BM25 (ROBERTSON-WALKER 1994 e ROBERSON et. al. 1994). e o SMART (BUCKLEY 1985).

O modelo probabilístico é baseado no seguinte pressuposto: dada uma consulta q e um documento d_j em uma coleção, o modelo probabilístico tenta estimar a probabilidade do usuário considerar o documento d_j interessante (i.e. relevante). O modelo assume que essa probabilidade de relevância depende apenas da representação

da consulta do documento. Além disso, o modelo assume que existe um subconjunto de documentos que o satisfaz um usuário para uma dada consulta q . Esse conjunto de resposta ideal é chamado de R e deve maximizar a probabilidade global de relevância para o usuário. Documentos que pertencerem ao conjunto R serão relevantes para a consulta, os restante não. Portanto, o peso de cada documento para uma consulta é um valor booleano, que será "verdadeiro" caso o documento faça parte de R e "falso" caso contrário. Então a probabilidade que um documento d_j , faça parte de do grupo R de uma consulta será dado pela razão entre o vetor probabilidade do termos da consulta R terem relação com o documento d_j , e uma probabilidade que ele não a tenha, portanto, a similaridade de um documento com uma consulta q será dada por:

$$sim(d_j, q) = \frac{P(R|\vec{d}_j)}{P(\bar{R}|\vec{d}_j)}$$

A diferença entre as implementações desse modelo residem na função de avaliação das probabilidades condicionais, tanto o numerador quanto do denominador.

5.2.2.4 Avaliação de resultados das ferramentas de busca

Depois de feitas as buscas existem inúmeras tentativas de avaliar sua qualidade, mas essa avaliação nem sempre é simples de se ter corretamente, pois, para usar métricas tradicionais de avaliação (revocação e precisão) é necessária uma coleção de dados já previamente avaliados (INGWERTSEN, 2005; e YATES, 1999), sabe-se que hoje não existe uma coleção de metadados de OAs já preparada, ou seja, com a possibilidade de se saber quais documentos são relevantes ou não para buscas pré-determinadas. Com isso, as avaliações deste trabalho foram feitas de acordo com tarefas de usuários reais (*user tasks*) (seção 7.2.1). E após a tarefa realizada, foi apresentado um formulário de avaliação, dessa forma pudemos obter, não somente os dados de resultados, mas também, *feedbacks* para aprimoramento do sistema.

5.3 Metadados Educacionais

Metadados são descritores de OAs, eles trazem informações sobre cada objeto de aprendizagem, pode-se dizer que o título de um determinado artigo é um metadado dele. Existem, porém, padrões pré-definidos de metadados, alguns usados para OAs como o Dublin Core (DC), e outros criados especificamente para esse tipo de material, como o Learning Objects Metadata (LOM).

5.3.1 *Dublin Core*

O DC¹⁵ é um padrão de metadados para OA desenvolvido e mantido pela DCMI (Dublin Core Metadata Initiative) e possui um conjunto pequeno de metadados (doze) que trazem informações gerais sobre cada OA como o contribuidor, cobertura, criador, data, descrição, formato, identificador, idioma, publicador, relações, direitos, fonte, assunto, título e tipo. Conforme segue:

- Contribuidor: A entidade responsável por fazer contribuições a esse recurso;
- Cobertura: Relativo a tempo ou espaço onde esse objeto faz sentido, uma jurisdição, onde esse objeto é relevante;
- Criador: O responsável principal do objeto, pode ser uma pessoa, organização ou um serviço;
- Data: Um ponto ou período do ciclo de vida desse objeto, criação, modificações;
- Descrição: Um resumo do objeto;
- Formato: formato serve tanto para o formato do arquivo, tanto quanto para definições de tamanho, tempo de duração;
- Identificador: uma referencia desambigua a esse objeto em seu contexto;
- Idioma: O idioma no qual o objeto está feito;
- Publicador: A entidade responsável por manter o objeto disponível;
- Relação: Uma fonte relacionada;
- Direitos: As questões de direitos autorais ou de distribuição;
- Source: A fonte do qual o objeto é derivado;
- Assunto: O tópico de interesse do recurso;
- Título: O nome dado ao objeto;
- Tipo: A natureza ou gênero do recurso, se ele é uma imagem, vídeo;

O preenchimento de metadados é uma etapa muito extensa e cansativa para o catalogador, por isso a adoção de um conjunto menor de metadados muitas vezes é a preferida e por esse fato o DC tem sido um dos padrões mais adotado por repositórios em todo o mundo.

¹⁵ <http://dublincore.org/documents/dces/>

5.3.2 LOM

O padrão desenvolvido pelo grupo de trabalho IEEE Learning Standards Comitee (LTSC) Learning Object Metadata¹⁶ (LOM) é um padrão para entidades digitais e não digitais usados para ensino, educação ou treinamento.

Diferentemente do DC, o LOM é um padrão hierárquico, ou seja, possui subconjuntos de dados agrupados uns dentro de outros. Se sabe que o DC está contido propriamente dentro do conjunto de metadados do LOM, então se pode afirmar que há um mapeamento possível entre do DC para o LOM¹⁷. O LOM possui um conjunto total de 59 metadados, separados em nove categorias: geral, ciclo de vida, metametadados, técnicos, educacionais, direitos, relações, anotação e classificação. Cada subconjunto com seus metadados específicos para cada assunto, conforme segue:

- Geral: conjunto de nove metadados para a descrição do objeto como um todo;
- Ciclo de vida: conjunto de cinco metadados relacionados à história desse objeto, do estado atual e de todas as modificações que ele sofreu;
- Metametadados: conjunto de sete metadados para informações sobre os próprios metadados;
- Técnico: conjunto de dez metadados sobre os requisitos e características técnicas do LO;
- Educacional: conjunto de 11 metadados para uso educacional e pedagógico;
- Direitos: conjunto de três metadados para identificação de condições de propriedade intelectual e condições de uso;
- Relações: conjunto de quatro metadados para poder criar relações entre OAs;
- Anotação: conjunto de três metadados disponível para prover comentários sobre o uso educacional;
- Classificação: conjunto de sete metadados para a classificação específica desse objeto em cada sistema de classificação.

¹⁶ http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf

¹⁷ <http://dublincore.org/educationwiki/DCMIIEEEELTSCTaskforce?action=AttachFile&do=get&target=LOM-DCAM-newdraft.pdf>

É perceptível a diferença de foco entre os dois conjuntos de metadados apresentados enquanto o DC é um modelo para simplificar seu uso, o LOM tenta ser mais completo e mais específico quanto ao uso de cada um dos seus objetos, com isso ganha na qualidade da descrição do LO, porém onera o desenvolvedor do material.

6 MODELO DE INTEGRAÇÃO DE REPOSITÓRIOS

Para se atingir os objetivos propostos foi criada um modelo de integração de repositórios educacionais agregando diversos conceitos (Figura 9) e serviços, depois desenvolvidos em provas conceituais apresentadas na seção de resultados.



Figura 9 - Conceitos envolvidos na criação do modelo de integração de repositórios

6.1 Arquitetura

A descoberta e acesso a conteúdo distribuído e heterogêneo na Web e em redes tem sido um desafio em várias áreas de pesquisa. O trabalho proposto vem ao encontro desse desafio. No contexto do Programa de Grupos de Trabalho da RNP, buscando promover a inovação de serviços e aplicações na rede, foi desenvolvida uma federação de repositórios com a finalidade de auxiliar na descoberta e acesso a conteúdos de aprendizagem. Essa federação apresenta um único ponto de acesso e busca (um registro central), onde se armazenam os metadados dos repositórios integrantes da federação, porém a coleta não necessita ser feita diretamente nos repositórios, com a intenção de se tornar essa arquitetura escalável é utilizado o conceito de confederação (Figura 10), onde entre os repositórios e o ponto principal de acesso (denominado confederação) pode haver federações locais, como esse processo reduz exponencialmente o número de

pontos de acesso em cada servidor torna essa arquitetura muito mais robusta e preparada para grande quantidade de dados.

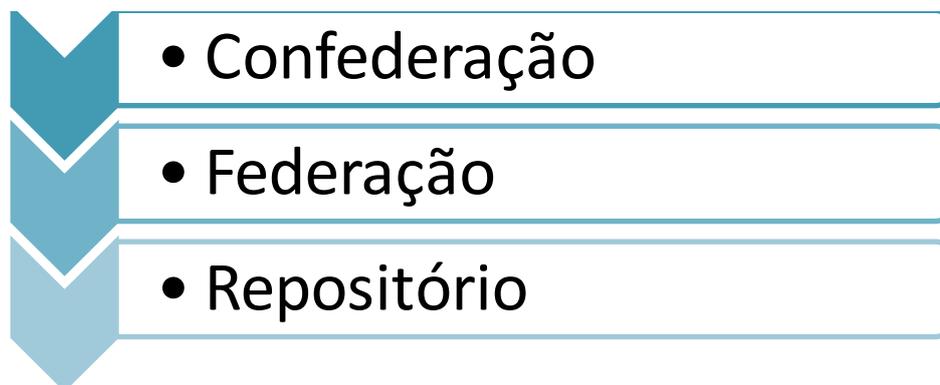


Figura 10 - Arquitetura escalável do modelo de integração de repositórios

6.2 OBAA

O projeto Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA) foi desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em parceria com a Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS) em resposta a uma chamada dos Ministérios da Educação, Comunicação e Ciência e Tecnologia buscando projetos para lidar com questões de interoperabilidade de conteúdos digitais em diversas plataformas. O objetivo principal do projeto foi de estabelecer uma especificação padronizada para os requisitos técnicos e funcionais de uma plataforma de produção, edição e distribuição de conteúdos digitais interativos, como os OAs.

Um dos principais diferenciais do OBAA é que os objetos de aprendizagem contemplam informações permitindo que os mesmos sejam distribuídos e consumidos diretamente nas plataformas Web, nos dispositivos móveis e na televisão digital (VICARI et al., 2009).

O padrão OBAA é uma extensão do padrão LOM, ou seja, o conjunto completo de metadados do OBAA é formado por todas as categorias do LOM, com mais alguns metadados, complementando as categorias técnica e educacional; além de duas categorias novas relativas a aspectos de acessibilidade e segmentação.

Para se atingir o objetivo 3 (A possibilidade que materiais criados para a dita Web 3.0 possam instanciar agentes artificiais ativamente em plataformas que sigam o padrão FIPA) desta tese foi desenvolvido dentro deste padrão metadados específicos para a instanciação de agentes FIPA, que serão explicados na seção 6.2.1.1 (Metadados técnicos).

Para se atingir o objetivo 5 (A criação de mecanismos para permitir que objetos que possuam versões distintas, possam identificar e executar aquela que seja mais adequada para o dispositivo) desta tese foram desenvolvidos mecanismos de representação de versionamento específico para cada dispositivo, explicados na mesma seção 6.2.1.1.

6.2.1 A Especificação OBAA

O uso cada vez maior da plataforma Web no ambiente educativo, bem como a perspectiva que isso se estenda à TV-Digital e aos dispositivos móveis, conduziu a um estudo das especificações envolvidos nas três plataformas, e a proposta de um novo padrão para descrição de OA que sejam interoperáveis.

As especificações de metadados internacionalmente reconhecidos para a descrição de conteúdos educacionais IEEE LOM (IEEE, 2002) e o IMS (IMS, 2002), mais as especificações para catalogação de arquivos multimídia e TV-Digital (ISO, 2001), MPEG-7 (MPEG-7, 2008) e SBTVD (TELECO, 2008) foram levados em consideração no desenvolvimento do padrão OBAA.

Tendo em vista a ampla aceitação que a especificação IEEE LOM já obteve, e a adequação do seu conjunto de metadados, optou-se por estendê-la, criando novas categorias e novos elementos em categorias já existentes. Tais elementos visam atender às necessidades brasileiras em termos de tecnologia, educação, acessibilidade e segmentação. As categorias de metadados da especificação OBAA, que se diferenciam do padrão IEEE LOM, modificadas ou criadas, são descritas nas seções a seguir.

6.2.1.1 Metadados Técnicos

A base da categoria *Technical* do padrão LOM IEEE 1484 foi mantida, estendendo-a principalmente para dar suporte à interoperabilidade de plataformas. As informações técnicas e requisitos para utilização de OAs foram definidos nesta categoria, com informações de mídia específicas para cada plataforma (TV Digital, Móveis e Web).

Também foram criados elementos para definir quais serviços, ontologias, linguagens de conteúdo e protocolos de interação estão associados ao objeto, visando tratar de questões de interoperabilidade na *Web* semântica (BERNERS LEE, 2001).

Os novos elementos definidos no OBAA para a categoria *Technical* foram:

- *SupportedPlatforms* (4.8): prevendo três tipos básicos de plataformas digitais para disponibilização de OAs: Web, DTV e Mobile;

- *PlatformSpecificFeatures* (4.9): identificando os dados técnicos das mídias aplicados a cada uma das plataformas, para as quais o OA foi previsto. Caso uma determinada plataforma seja informada no item *SupportedPlatforms* e não seja criado um grupo *PlatformSpecificFeatures* específico para essa plataforma, então os dados técnicos gerais, informados na categoria *Technical* do LOM, se aplicam também para a plataforma. Para cada plataforma que essa categoria de metadados for criada, conterá informações do tipo de plataforma digital à qual se aplicam os parâmetros, o formato, o tamanho da mídia, forma de acesso, capacidades técnicas necessárias, instruções de instalação e requisitos de software;

Com a capacidade de se representar as plataformas para as quais o objeto foi desenvolvido e as funcionalidades específicas do objeto para as plataformas (e depois aprimorados nos metadados de acessibilidade) é possível que um conjunto de metadados represente distintas versões para dispositivos diferentes, seja ele uma televisão digital, celular, tablet ou um computador, com isso será capaz de se atingir o objetivo número 5 desta tese, que é " A criação de mecanismos para permitir que objetos que possuam versões distintas, possam identificar e executar aquela que seja mais adequada para o dispositivo "

- *Service* (4.10): para que um OA seja utilizado, um conjunto de metadados é responsável pela associação ao respectivo serviço, podendo ser expandido para utilização de qualquer provedor de serviço disponível. A especificação dos metadados proposta modela o acesso ao serviço, não apresentando restrições para a forma como ele pode ser implementado, dando flexibilidade para que sejam utilizados os serviços necessários, independente da tecnologia utilizada. Para tanto, itens como nome, tipo, definição do serviço, protocolo, ontologia, linguagem e detalhes são especificados. A definição do serviço pode ser obrigatória ou opcional para a correta execução do objeto.

Esse conjunto de metadados de serviço possibilitam que qualquer objeto desenvolvido para a Web 3.0 (Internet com suporte para agentes artificiais) seja capaz de utilizar toda a sua potencialidade, e o nível de representatividade dos metadados explora totalmente a capacidade de um agente em uma plataforma FIPA, ou seja, tudo que um agente artificial pode informar à ao ambiente e serviços da plataforma, estão contemplado nesse conjunto de metadados, essa seção do trabalho vai ao encontro do

objetivo 3 dessa tese, que é definido como: " A possibilidade que materiais criados para a dita Web 3.0 possam instanciar agentes artificiais ativamente em plataformas que sigam o padrão FIPA". Mais exemplos e provas de conceito serão explicitados na seção que define a infraestrutura de agentes.

É importante ressaltar que cada um destes elementos seguem as mesmas definições e regras da categoria 4 do padrão LOM, porém, aplicadas a cada plataforma utilizada.

6.2.1.2 Metadados Educacionais

Também foi proposta uma extensão na categoria *Educational*. Ela ampliou a quantidade de elementos desta categoria, tendo como base o modelo interacionista. Ou seja, partiu-se da premissa que o sujeito conhece o mundo por meio da interação com os objetos de conhecimento, sejam eles situações, objetos e/ou outros sujeitos. Para atender este modelo foram levados em consideração os seguintes aspectos: organizacionais, referentes ao conteúdo, metodológicos e tecnológicos. O modelo pedagógico foi composto por uma arquitetura pedagógica e por uma concepção pedagógica e epistemológica do professor.

Para representar este modelo pedagógico, foi criada a definição do elemento *LearningContentType* que especifica o tipo de conteúdo do objeto de aprendizagem, podendo ser classificado em conteúdos factuais (aprendizagem de fatos mediante a atividades de cópias mais ou menos literais, como exercícios de repetição), conteúdos referentes a conceitos (atividades que possibilitem o reconhecimento dos conhecimentos prévios, que assegurem a significância e a funcionalidade, que sejam adequadas ao nível de desenvolvimento, que provoquem uma atividade mental, etc.), conteúdos procedimentais (necessidade de realizar exercícios suficientes e progressivos das diferentes ações que formam os procedimentos, as técnicas ou estratégias), conteúdos atitudinais (caráter conceitual dos valores; as normas e as atitudes).

Pedagogicamente, é importante definir a interação entre o OA e o usuário. A interação diz respeito ao comportamento das pessoas em relação a outras pessoas e sistemas. Provavelmente, somente é possível proporcionar experiências de aprendizagem significativas se a solução educacional for projetada interativa. Isso significa disponibilizar uma interface que possibilite interação e, mais do que isso, oferecer atividades de aprendizagem que exijam do aluno interação com conteúdos, ferramentas e com outras pessoas. Para tanto, a definição de interação foi contemplada

com a especificação do metadado *interaction*, composto pelo mecanismo sensorial utilizado para transmitir a informação, pela forma de interação entre o usuário e o objeto, mecanismos para informar e utilizar a copresença de outros usuários no ambiente e pela forma de relacionamento entre os usuários, necessária para o funcionamento deste objeto de aprendizagem. Reciprocidade é um modo de se relacionar com os outros no qual todos têm as mesmas oportunidades e chances de participação e de interação no grupo. Essa operação auxiliará os alunos na aprendizagem cooperativa e colaborativa, onde, através de trocas, pode-se aprender e ensinar.

A especificação OBAA também permite indicar a estratégia didática mais adequada a ser adotada na utilização do OA, conforme a concepção do autor. Uma estratégia didática pode ser definida como um conjunto de ações planejadas e conduzidas pelo professor a fim de promover o envolvimento e o comprometimento dos alunos com um conjunto maior de atividades.

6.2.1.3 Metadados de Acessibilidade

Para lidar com as questões de acessibilidade, foi criada uma nova categoria no padrão OBAA denominada *Accessibility*. Os elementos desta categoria foram adaptados a partir do padrão IMS *AccessForAll* (IMS, 2002). Estes têm por intenção armazenar informações de acessibilidade sobre o estudante, para definir as configurações dos usuários ao acessar o OA. Estas informações permitem atender, por exemplo, aos requisitos de áudio para cegos, legenda para surdos, idiomas e outras especificações importantes para dar acesso e inclusão ao OA às pessoas com necessidades educacionais especiais.

Esta categoria de metadados descreve o que é necessário para utilizar os recursos, se o visor e método de controle podem ser transformados e se existe uma alternativa equivalente conhecida. Dentro dessa categoria, existem subcategorias importantes como a especificação de conteúdos com informação visual, audível, textual e tátil.

Referências à Linguagem para Avaliação e Relato definida pelo W3C (W3C, 2008) para expressar e comparar testes e resultados, transformabilidade e controle e flexibilidade dos recursos referenciados, também foram contempladas.

Ainda, foi incorporada a possibilidade de apontar para um recurso equivalente ao recurso descrito ou partes do mesmo, pois é importante definir outro recurso que

equivalha ao existente. Neste mesmo item, é possível a indicação de facilidades de acesso ao aprendizado que estão ou serão contidos no OA, como uma ou mais ferramentas de apoio. Exemplos de valores possíveis para este metadado são: *dictionary*, *calculator*, *noteTaking*, *peerInteraction*, *abacus*, *thesaurus*, *spellChecker*, *homophoneChecker*, *mindMappingSoftware*, *outlineTool*.

Caso seja especificada uma alternativa visual, pode ser definido se esta será em áudio, texto alternativo longo na linguagem especificada para o principal recurso referenciado, e descrição de como as cores devem ser utilizadas. Exemplos de valores possíveis deste vocabulário são: *avoidRed*, *avoidRedGreen*, *avoidBlueYellow*, *avoidGreenYellow*, *avoidOrange*, *avoidRedBlack*, *avoidPurpleGray*, *useMaximumContrast* e *Monochrome*. É possível também definir se o recurso descrito contém alternativas gráficas/visuais para textos no texto principal, como a indicação de conteúdos traduzidos para linguagem de sinais, no dialeto específico sendo fiel ao conteúdo principal do recurso. Neste caso, são exemplos de valores possíveis: *American-ASL*, *British-BSL*, *Brazilian-BRA*, *Native Guarani-GUA*, *Spanish-SPA*, *French-LSF*, *Japanese-JSL*, *other*.

6.2.1.4 Metadados de Segmentação

Muitas vezes, é necessário subdividir logicamente um OA, permitindo a organização do mesmo em módulos ou por assuntos tratados. Um segmento é um fragmento contínuo de um programa. Um segmento particular pode pertencer a um único programa, mas pode ser membro de vários grupos de segmentos. Um grupo de segmentos denota uma coleção de segmentos que são associados por uma finalidade particular ou devido a uma propriedade em comum.

A base para a recomendação de metadados para o padrão educacional, no que diz respeito à segmentação, foi o *TV-Anytime* (TVA, 2003), padrão de metadados utilizado pela TV Digital na Europa, simplificado e adaptado para atender às necessidades do padrão proposto. Desta forma foi criada uma nova categoria, denominada *SegmentInformationTable*, contendo os metadados de segmentação definidos pelo padrão MPEG-7.

Para tanto foi criado um conjunto de informações de segmentação dos objetos de aprendizagem (categoria 11) e de grupos de segmentos dos objetos de aprendizagem, contendo: identificadores, título, descrição, palavras-chave, tipo de segmento, ou seja, se é um documento texto, hiperdocumento, arquivo multimídia, ou outros e a indicação

de início e fim do segmento no objeto de aprendizagem. Para cada segmento, utiliza-se as mesmas definições e regras de definição dos OAs do padrão LOM, porém cada uma das partes do objeto.

6.2.1.5 Sintaxe e Semântica dos Metadados

A independência de tecnologia e flexibilidade da proposta do OBAA é garantida pela definição de sintaxe em XML e da semântica usando uma ontologia OWL (*Web Ontology Language*), compatível com a Web Semântica. A escolha destas linguagens se deu pela sua flexibilidade e ampla adoção pela comunidade científica. A modelagem definida para o OBAA está de acordo com a linguagem OWL-DL (*Description Language*), permitindo uma expressividade suficiente para a sua aplicação no contexto destes metadados, mas mantendo a completude computacional. Existe um interesse especial no uso conjunto da ontologia de metadados OBAA e nos perfis de metadados.

Estudo de Caso Interoperável: Para validar a proposta foram utilizados dois objetos de aprendizagem. O primeiro deles proveniente do repositório SACCA¹⁸ sendo seu conteúdo composto por um vídeo e o segundo do NUTED¹⁹ sendo seu conteúdo composto por imagens e páginas Web.

6.3 OBAA - MILOS

O padrão não especifica, mas recomenda uma arquitetura de agentes artificiais de apoio ao ambiente de ensino, seja oferecendo serviços, seja consumindo-os. Essa está dividida em três camadas principais de abstração (Figura 11)

A infraestrutura, denominada MILOS (*Multiagent Infrastructure for Learning Object Support*), é extensivamente baseada no uso de agentes pedagógicos, sistemas multiagente e ontologias. O principal motivo para o uso extensivo de agentes e sistemas multiagente é diretamente relacionado a crescente complexidade do padrão de metadados. Devido à crescente necessidade de compreender mais aplicações e domínios, padrões de metadados estão cada vez mais complexos e extensivos. Assumir que um simples indivíduo é capaz de dominar todas essas tecnologias não é algo razoável, inclusive para propósitos limitados como as ferramentas de autoria de OAs.

¹⁸ <http://www.cinted.ufrgs.br/SACCA/>

¹⁹ <http://www.nuted.ufrgs.br/>

- Camada de ontologia: A qual é responsável pela especificação do conhecimento que será compartilhado entre todos os agentes envolvidos na infraestrutura;
- Camada de agentes: Essa camada implementa, através de sistemas multiagente uma série de operações relacionadas com o ciclo de vida do OA;
- Camada de interface de facilitação: Essa camada implementa o serviço de comunicação necessário para que a arquitetura de agentes possa interoperar com servidores Web, ambientes de ensino virtual, repositórios de OAs, bancos de dados, serviços de diretório e outros tipos de aplicações educacionais legados.

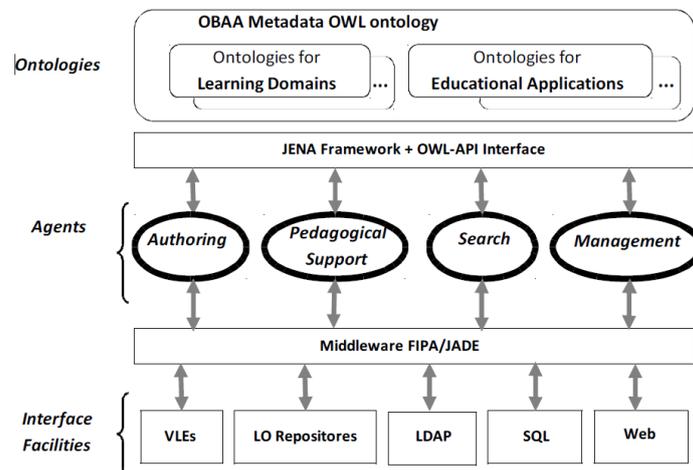


Figura 11 - Infraestrutura de agentes para o ambiente OBAA- MILOS

A camada de ontologia, além da ontologia dos metadados do padrão OBAA, contém uma ontologia para domínios de aprendizagem e uma aplicações educacionais suportadas pelo ambiente.

Na camada de agentes são implementados diversos serviços de apoio ao padrão como: autoria, adaptação, publicação, localização, recomendação e uso de OAs compatíveis com o padrão OBAA, essas atividades foram distribuídas em quatro grandes sistemas multiagente:

- Sistema de busca: Com o suporte a localização e recomendação de OAs, esse item será discutido em seguida;
- Sistema de apoio pedagógico: Para o apoio ao uso dos OAs no contexto pedagógico;

- Sistema de autoria: Para as atividades de autoria, isso inclui uma plataforma para a adaptação de OAs;
- Sistema de gerenciamento: suporte ao armazenamento, administração, publicação e distribuição dos objetos em plataformas distintas (móveis, TVs, etc.).

Dentro da infraestrutura apresentada consta um serviço de busca, a proposta nessa tese (em sua versão para sistema multiagente) era a realização de uma infraestrutura um tanto diferente da que foi desenvolvida pelo grupo, onde cada OAs instanciado na plataforma fosse um agente ativo, com a "missão" de buscar perfis e usuários que possivelmente teriam o interesse em utilizá-los, o alinhamento seriam mediados por agentes que fariam a regra de negócios baseada nos modelos de leilão, os OAs mais alinhados ao perfis teriam maior pontuação e apresentados ao agente humano. Isso implicaria no desenvolvimento de um framework para agentes próprio e muito específico. Essa proposta um pouco mais refinada foi optada por ficar para trabalhos futuros do grupo, a abordagem adotada foi bem mais objetiva e descrita a seguir. Denominada sistema AgCAT, o protótipo implementado para o serviço de busca possui três tipos de agentes (Figura 12):

- Agente de localização: o qual oferece diretamente esse serviço através de busca extensiva sobre os OAs que forem catalogados como agentes no facilitador de diretório (DF), neste caso a busca é feita diretamente pelo sistema da plataforma multiagente, ou seja, não é implementado um mecanismo de busca propriamente dito, mas sim uma consulta direta ao DF, "terceirizando" a implementação da busca.
- Agente bibliotecário: Esse agente obtém os metadados dos repositórios de OAs, os armazena em uma base local;
- Agente interbibliotecário: Responsável pela catalogação dos OAs no sistema de busca, na versão implementada, é o que registra os OAs no DF.

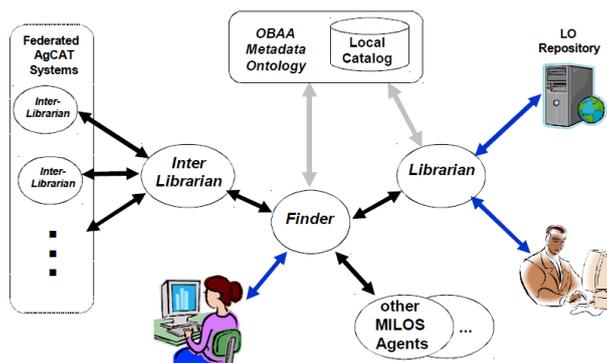


Figura 12 - Sistema de agentes da infraestrutura MILOS

O protótipo foi implementado em JADE²⁰ (BELLIFEMININE 1999) e que não é realiza uma busca por similaridade, certamente por ser uma busca para agentes artificiais, que não possuem ambiguidades ou erros no seu processo. Com isso o suporte a busca feita por humanos fica limitado a uma busca booleana, com operadores de AND e OR para fazer as consultas. Além disso o desempenho quando o número de OAs cresce, passa a ser inaceitável. Por ser trabalho de cunho científico e não um produto, as opções da arquitetura implementada por agentes, atingem seus objetivos, mas não os propostos nessa tese onde consta "conferir a possibilidade real de reuso de materiais desenvolvidos por educadores" e "uma arquitetura escalável". Existe a possibilidade de que, se uma implementação do agente interbibliotecário fosse implementado com a finalidade de realizar a indexação de OAs e busca, poderia resolver boa parte dos problemas aqui identificados, porém essa opção não foi explorada, especialmente devido a prova de conceito dessa tese atingir satisfatoriamente os objetivos propostos, tornando assim essa atividade aqui enumerada para trabalhos futuros.

Aparte da crítica a implementação realizada a infraestrutura ela permite avanços bem significativos no tocante a sistemas autônomos que podem ser usados na internet das coisas, atingindo em parte o objetivo 3 desse trabalho que foi definido como " A possibilidade que materiais criados para a Web 3.0 possam instanciar agentes artificiais ativamente em plataformas que sigam o padrão FIPA", a instanciação de agentes não foi implementada, mas seu conteúdo é trazido para dentro desse conceito, os resultados comprovados por outros trabalhos do grupo (SILVEIRA, 2012) demonstram que essa condição é cientificamente possível, além disso o objetivo específico 7 (de se criar

²⁰ <http://jade.tilab.com/>

provas de conceitos para a validação das propostas) também é contribuído com os testes feitos por essa parte do trabalho.

6.4 Tradução de Metadados

Antes do crescimento da Internet, o conteúdo digital educacional não era projetado visando a sua promoção fora da instituição de origem. A compatibilidade entre dispositivos de acesso para usuários tanto internos como externos ao ambiente não era uma necessidade, portanto, não havia a preocupação de se utilizar em um padrão para catalogar estes conteúdos visando o seu compartilhamento. Nos anos 90 essa visão começou a mudar e começaram a surgir os padrões de metadados (MCCLELLAN 2003) (dados que descrevem outros dados), hoje existem diversos deles e com isso surgiu também, a incompatibilidade entre os ambientes de ensino.

A diversidade de metadados é um problema real quando o assunto é educação, as atuais abordagens baseadas em *crosswalks* como a de Chan e Zeng (2006-1, 2006-2) tem muita utilidade, porém, possuem limitações. O foco deste trabalho é o de avançar o estado da arte buscando eliminar estas limitações, dando assim um passo importantíssimo para a interoperabilidade entre ambientes heterogêneos de padrões de metadados.

Até hoje para traduzir de um padrão para outro com as abordagens baseadas em arquivos de *crosswalk* necessariamente um dos padrões tem de ser não-hierárquico, pois é baseado em regras planas, por exemplo, o campo “creator” no DC pode ser facilmente mapeado para os campos “contributor.entity” adicionado o campo “contributor.role”=“author” (Tabela 1).

Tabela 1 - A primeira célula no padrão DC, na segunda no padrão LOM

<dc:creator>Ortelius, Abraham</dc:creator>
<lom:contributor> <lom:entity>Ortelius, Abraham</lom:entity> <lom:role>author</lom:role> </lom:contributor>

Porém, não era possível fazer migrações entre padrões hierárquicos como o LOM e o OBAA, o presente artigo apresenta a abordagem usada na Federação Educa Brasil (FEB), que usando XSLT supre essa deficiência.

O eXtensible Stylesheet Language for Transformation, ou simplesmente XSLT, por ser um padrão mundial de migração de qualquer XML para qualquer outro XML (W3C 1999) com essa capacidade conseguimos conceber a FEB com todas a heterogeneidade que a ela pertence e ter assim a possibilidade de agregar repositórios que estejam em qualquer padrão de metadados. Deste modo padrões ISO, W3C e outros padrões interoperam, além disso, inconsistências detectadas em algum repositório não precisam ser replicadas nos servidores que as coletam, um mapeamento específico pode ser criado nos casos que serão apresentados, isso acontece com o Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE).

A tradução de DC para OBAA é feita praticamente metadado por metadado dentro do entendimento de quais campos teriam alguma relação, o exemplo da Tabela 2 é uma extensão do padrão DC implementando pelo BIOE, denominado QDC (*Qualified Dublin Core*) e sua tradução para o padrão OBAA.

Tabela 2 - Tradução do padrão adotado pelo BIOE para OBAA em XSLT

<ol style="list-style-type: none"> 1. <xsl:template match="metadata"> 2. <xsl:copy> 3. <xsl:apply-templates/> 4. </xsl:copy> 5. </xsl:template> 6. <xsl:template match="files"> 7. </xsl:template> 8. <xsl:template match="oai_dc:dc"> 9. <obaa:obaa> 10. <obaa:general> 11. <xsl:for-each select="dc:title"> 12. <obaa:title> 13. <xsl:value-of select="."/> 14. </obaa:title> 15. </xsl:for-each> 16. <obaa:identifier> 17. <obaa:catalog>URI</obaa:catalog> 18. <obaa:entry><xsl:value-of select="./dc:identifier[0]"/></obaa:entry> 19. </obaa:identifier>

```

20. <xsl:for-each select="dc:description">
21. <obaa:description>
22. <xsl:value-of select="."/>
23. </obaa:description>
24. </xsl:for-each>
25. <xsl:for-each select="dc:coverage">
26. <obaa:coverage>
27. <xsl:value-of select="."/>
28. </obaa:coverage>
29. </xsl:for-each>
30. <xsl:for-each select="dc:subject">
31. <obaa:keyword>
32. <xsl:value-of select="."/>
33. </obaa:keyword>
34. </xsl:for-each>
35. </obaa:general>
36. <obaa:lifeCycle>
37. <xsl:for-each select="dc:creator">
38. <obaa:contribute>
39. <obaa:role>author</obaa:role>
40. <obaa:entity><xsl:value-of select="."/></obaa:entity>
41. <obaa:date><xsl:value-of select="../dc:date[1]"/></obaa:date>
42. </obaa:contribute>
43. </xsl:for-each>
44. <xsl:for-each select="dc:contributor">
45. <obaa:contribute>
46. <obaa:role>unknown</obaa:role>
47. <obaa:entity><xsl:value-of select="."/></obaa:entity>
48. </obaa:contribute>
49. </xsl:for-each>
50. <xsl:for-each select="dc:publisher">
51. <obaa:contribute>
52. <obaa:role>publisher</obaa:role>

```

```

53. <obaa:entity><xsl:value-of select="."/></obaa:entity>
54. </obaa:contribute>
55. </xsl:for-each>
56. </obaa:lifeCycle>
57. <obaa:technical>
58. <xsl:for-each select="dc:identifier[@qualifier='uri']">
59. <obaa:location><xsl:value-of select="."/></obaa:location>
60. </xsl:for-each>
61. <xsl:for-each select=".././files">
62. <xsl:for-each select="url[@id='principal']">
63. <obaa:location><xsl:value-of select="."/></obaa:location>
64. </xsl:for-each>
65. </xsl:for-each>
66. </obaa:technical>
67. <obaa:rights>
68. <obaa:description><xsl:value-of select="dc:right"/></obaa:description>
69. </obaa:rights>
70. </obaa:obaa>
71. </xsl:template>

```

É possível reparar as correspondências diretas como na linha 40, onde o "dc:author" é o autor também em OBAA e sua correspondência indireta na linha 39, onde seu "role" é autor. O aninhamento é mantido com esse tipo de mapeamento, pois são introduzidos os elementos XML dos grupos de metadados, com nas linhas 9, 10, 16, 36, 38, 45, 57 e 67. E é possível também fazer os mapeamentos múltiplos, onde um pode ser feito um mapeamento de diferentes metadados a um mesmo metadado do OBAA, como é o caso das linhas 58 e 62, onde caso haja um identificador como uri no DC esse é mapeado como a *location* do objeto em OBAA, e caso hajam outros arquivos no XML, também serão adicionados, com isso, independentemente da forma que for catalogado o elemento em DC, o link nunca deverá ficar sem mapeamento.

Como o OBAA é uma extensão do padrão LOM seu mapeamento fica simplificado.

Tabela 3 - Conversão do padrão OBAA para o padrão LOM

<ol style="list-style-type: none">1. <xsl:template match="metadata">2. <xsl:copy>3. <xsl:apply-templates/>4. </xsl:copy>5. </xsl:template>6. <xsl:template match="lom:lom">7. <obaa:obaa>8. <xsl:apply-templates/>9. </obaa:obaa>10. </xsl:template>11. <xsl:template match="@* node()">12. <xsl:copy>13. <xsl:apply-templates select="@* node()"/>14. </xsl:copy>15. </xsl:template>

O uso da tradução dos metadados por XSLT representa um avanço para a interoperabilidade entre sistemas heterogêneos em relação ao que é utilizado hoje em ambientes educacionais, como o potencial da tradução por XSLT é infinito (de qualquer XML para qualquer outro XML) e dificilmente se tornará obsoleto.

7 RESULTADOS

7.1 Provas de conceitual implementadas

7.1.1 Objeto de Aprendizagem 1

O primeiro objeto de aprendizagem convertido, trata-se de um vídeo que fala sobre a origem da Televisão, contando um pouco de sua história, além de explicar como é o funcionamento da transmissão de TV hoje e apresenta também ao aluno um contexto amplo sobre o funcionamento dessa importante mídia. No formato original, esse vídeo se encontra no formato wmv e resolução 320x240, no repositório SACCA (Sistema Automático de Catalogação de Conteúdo Audiovisual) Para possibilitar a interoperabilidade, inicialmente o vídeo foi convertido para o formato H.264/AAC LC e encapsulado num arquivo “.mp4”. Esse formato contempla a execução do vídeo no Ginga-NCL Virtual Set-top Box e na Web. Na sequência, o vídeo também foi convertido para a codificação H.263/AAC LC, em formato de arquivo “.3gp”, para execução nos dispositivos móveis esse com uma área de visualização bem específica e restrita. Logo, temos um vídeo em dois formatos distintos e que permitem a execução do conteúdo nos três ambientes a partir de um mesmo conjunto de metadados pesquisados como pode ser visto na Figura 13.



Figura 13 - Objeto de Aprendizagem “De Onde vem a TV?”.

7.1.2 Objeto de Aprendizagem 2

O segundo objeto convertido para o padrão OBAA e desenvolvido de acordo com as recomendações de interoperabilidade foi o objeto de aprendizagem “Outras Infâncias”, um objeto de aprendizagem Web desenvolvido pelo NUTED (Núcleo de Tecnologia Digital Aplicada à Educação) da UFRGS.

Seguindo as recomendações OBAA para desenvolvimento de objetos de aprendizagem, utilizou-se o formato XHTML para conteúdo texto, CSS para adaptar a exibição e JPEG para as imagens, note que as preferências tanto de adaptação ao

tamanho da tela quanto aos contrastes mais recomendados para a TV são respeitados nesse exemplo. A Figura 14 ilustra o segundo objeto de aprendizagem.



Figura 14 - Objeto de Aprendizagem “Outras Infâncias”.

A versão original deste objeto de aprendizagem, de autoria do NUTED (Núcleo de Tecnologia Digital Aplicada a Educação - UFRGS), que possibilita o acesso via Web, está disponível em <http://www.nuted.ufrgs.br/objetos/ei2007/infancias/index.html>.

Com essas provas de conceitos conseguimos validar o objetivo 5 desta tese, demonstrando como os metadados são suficientes para a execução de objetos que possuam versões distintas, possam identificar e executar aquela que seja mais adequada para o dispositivo.

7.1.3 *Federação Educa Brasil*

Com a finalidade de provar os conceitos apresentados foi desenvolvida a Federação Educa Brasil que reúne diversos repositórios através de um único ponto de busca, facilitando o acesso e reuso do seu conteúdo. Sua base de funcionamento está na utilização do padrão OBAA, para isso, os metadados dos OA provenientes de repositórios que utilizam distintos padrões de metadados são transcritos automaticamente para o padrão OBAA. Esse padrão tem como base que um OA é descrito através da composição de padrões de metadados e que esta composição deve estar descrita para que as máquinas possam interpretá-la.

O protótipo foi desenvolvido com um grande número de repositórios distribuídos geograficamente no Brasil e em alguns países da América Latina, como é o caso da Colômbia e do México. Ou seja, a partir de um único ponto de acesso o usuário pode recuperar mais de 150 mil OAs distribuídos nos dezesseis repositórios, testados.

Do ponto de vista operacional, optamos por uma administração descentralizada onde cada gerente de repositório ou conjunto de repositórios de uma mesma instituição de ensino é responsável pelo gerenciamento do(s) seu(s) repositório(s). Essa opção visou tornar a FEB administrativamente muito mais escalável e de muito mais

qualidade, pois cada instituição é responsável pela integridade e pela qualidade dos conteúdos educacionais que são compartilhados através da federação.

Para o usuário final da federação, que busca reutilizar os OA disponíveis nos vários repositórios, a FEB apresenta uma interface simples que permite a localização dos conteúdos educacionais através de um campo de busca livre, como pode ser visto na Figura 15, a qual apresenta a interface de consulta da federação. A consulta também pode utilizar alguns filtros de busca, tais como seleção de um determinado repositório, grupo de repositórios ou nome de autores de OAs.



Figura 15 - Interface de busca da FEB

A intenção é criar uma interface simples e familiar ao usuário, semelhante às ferramentas de buscas mais comuns. Ainda como podemos ver na parte inferior da tela, são apresentadas para o usuário as buscas mais utilizadas no período.

Nesta interface, o usuário pode fazer o acesso, a partir de um único *site*, a todos os repositórios da federação, ou seja, o usuário não necessita mais entrar separadamente em cada um dos repositórios, adaptar-se a diferentes interfaces e possibilidades de consulta para, só então, realizar sua busca e então selecionar qual OA lhe interessa.

Como resultado da busca, são exibidos para o usuário cinco documentos por página, com apenas algumas informações: título, resumo, *link* para o OA (a FEB trabalha apenas com os metadados dos OA) e o nome do repositório onde ele se encontra. Além dessas informações, existe um *link* (no título), onde o usuário encontra informações detalhadas como ciclo de vida, direitos autorais e sua aplicação pedagógica.

7.2 Validação

Para a avaliação da FEB não existem coleções de testes pré anotados como casos de avaliação de ferramentas de texto livre disponíveis, por se tratar de uma busca específica em metadados educacionais, por isso a avaliação foi feita utilizando formulários com usuários do sistema.

Os testes foram realizados em três cidades do Brasil em datas diferentes: o primeiro teste foi em um curso para professores de ensino fundamental, para 25 professores; o segundo foi em um curso para professores para uso de *laptops* educacionais para cerca de 50 professores do ensino médio e fundamental; o terceiro foi um curso de preparação de formadores de professores, neste caso os testes foram para alunos de pós-graduação.

O instrumento de avaliação escolhido foi um questionário, para levantar indicadores que quantifiquem e descrevam as características do portal FEB, subsidiando, dessa forma, a avaliação de sua qualidade. Para Bisquerra, Sarriera e Martínez (2004), um indicador é um instrumento que põe em evidência um comportamento inobservável. O questionário se divide em duas partes: a de uso e a de metadados que serão apresentados a seguir.

O experimento foi realizado da seguinte forma:

- 1º Foi apresentada palestra explicativa sobre OAs e suas características;
- 2º Os usuários recuperaram OAs em cada repositório, individualmente;
- 3º Os usuários buscaram objetos pelo serviço federado FEB;
- 4º Os usuário verificam os resultados de busca e selecionam um objeto de acordo com seu interesse, e realizam uma análise do objeto selecionado, visando o preenchimento do questionário.

As perguntas e seguinte exposição dos dados foram obtidas como se segue.

A primeira questão a se destacar foi “Como você classifica a busca de objetos de aprendizagem no FEB?”

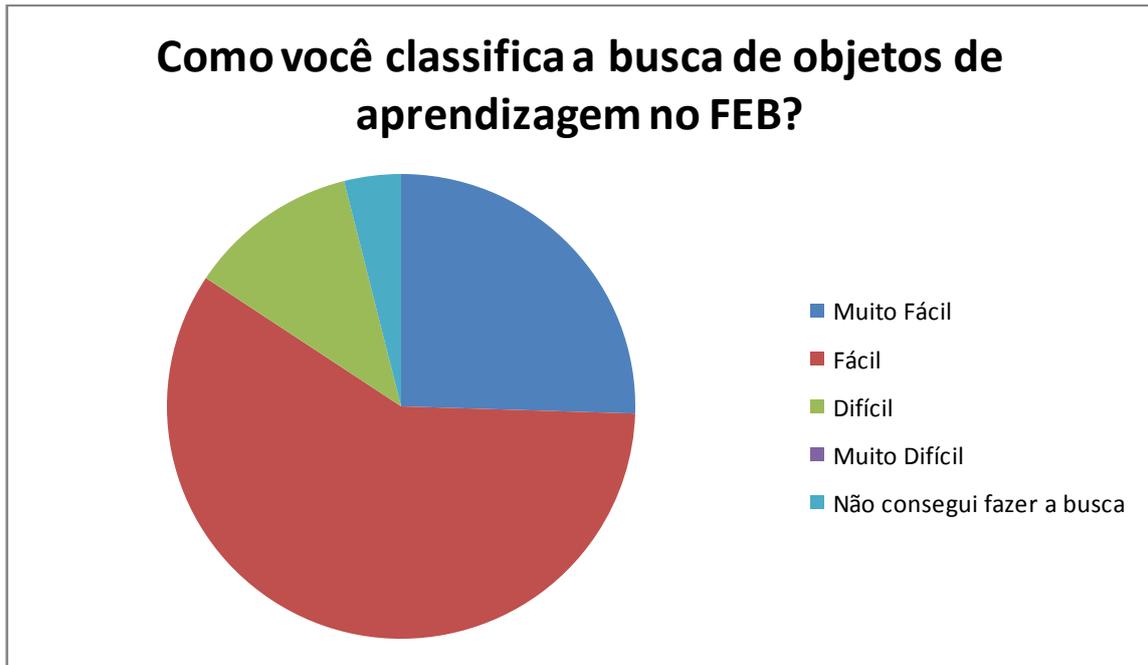


Figura 16 - Como você classifica a busca de objetos de aprendizagem no FEB?

Essa questão, serve para avaliar se a ferramenta de busca tem um benefício público, para uso real das pessoas.

O sistema não armazena os objetos de aprendizagem diretamente, com isso cada link apresentado leva para o repositório que o armazena, tornando a navegação um pouco mais difícil, e esse ponto seria bem sensível para a avaliação da usabilidade real do sistema, mas os resultados comprovam que, mesmo que não tão facilmente, é útil a ferramenta com o intuito de facilidade de uso.

A Figura 16 mostra que para a maioria das pessoas, a ferramenta é de fácil uso, mas isso não quer dizer que o usuário conseguiu localizar o objeto que estava procurando, por isso é necessário esse questionamento (Figura 17), uma vez que a ferramenta apenas aponta para outros repositórios, falhas nos repositórios podem levar o usuário a ter uma má experiência com a ferramenta. Esse resultado comprova que em grande maioria os usuários foram capazes de utilizar com sucesso a ferramenta.

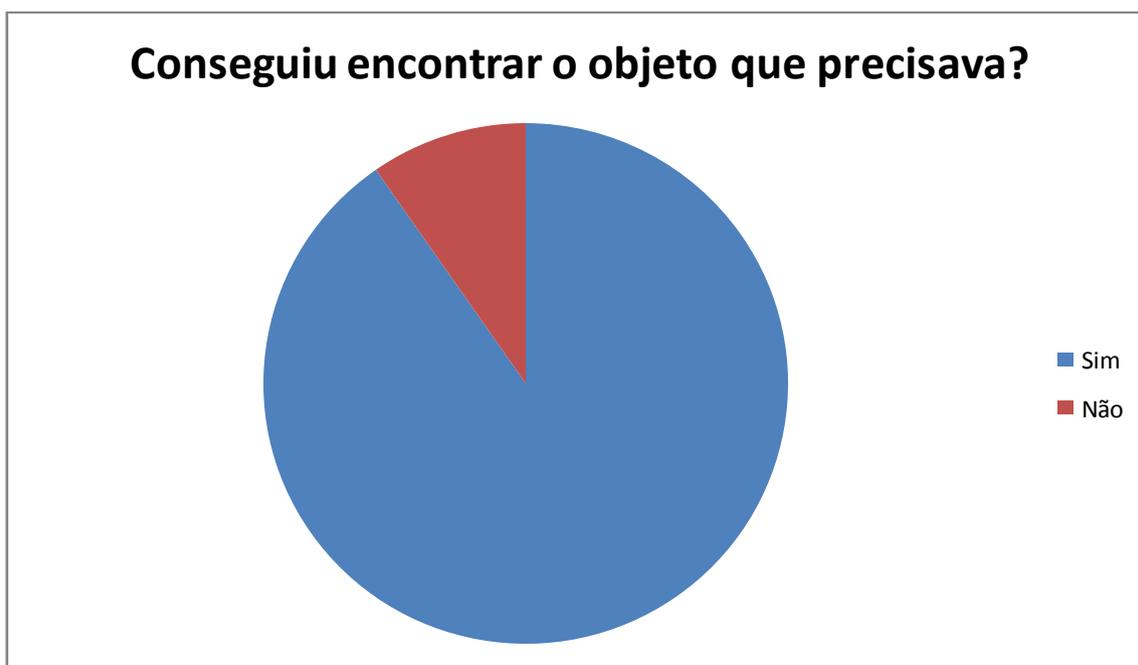


Figura 17 - Conseguiu encontrar o objeto que precisava?

7.2.1 Avaliações com parceiros do projeto

Para que o projeto seja viável é importante que os parceiros do projeto, mantenedores de repositórios, não se oponham a coleta de metadados pela ferramenta utilizada, para apurar esses conceitos foram feitas as seguintes perguntas.



Figura 18 - Pergunta aos parceiros - Qual foi a dificuldade de participar da federação

Para se participar da federação, os parceiros precisavam aceitar um termo de uso, passar os dados do repositório (link, padrão de metadados e coleções para coleta), o único trabalho era a análise dos metadados para a criação das traduções para o OBAA. Percebe-se que não houve contratempos nessas tarefas.

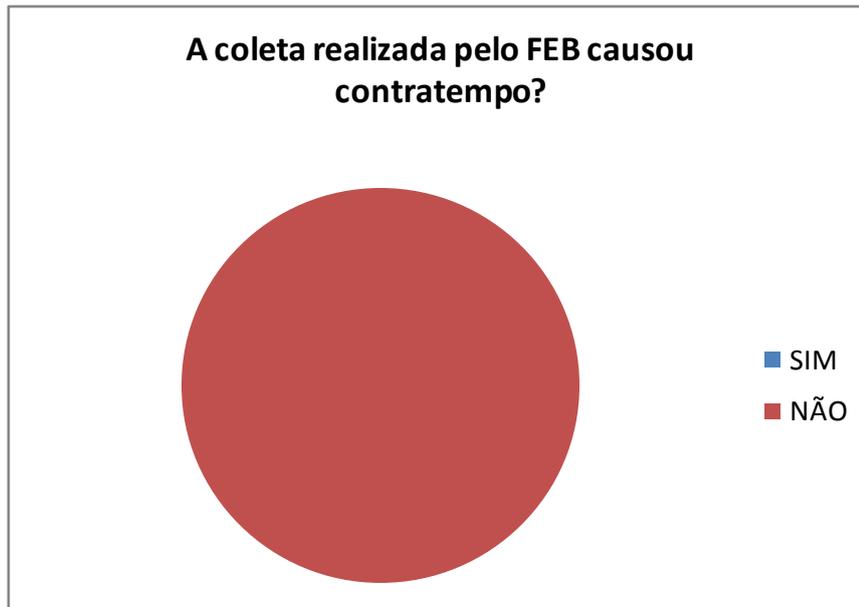


Figura 19 - Pergunta aos parceiros - A coleta realizada pelo FEB causou algum contratempo?

Mas a adesão poderia ser muito dificultada se a coleta do FEB tornasse o repositório lento, ou instável, mas percebe-se na Figura 19 que isso realmente não aconteceu.

A coleta nos repositórios é feita de forma totalmente transparente à aplicação e trabalha com a coleta apenas de metadados, com isso a utilização do enlace é muito menor, além de ser realizada durante a madrugada (período em que os repositórios são menos acessados).

7.2.2 Avaliação de desempenho

O teste de desempenho foi realizado por uma rede local (para não ter a influência da latência do tráfego de rede externa), o tempo de resposta para uma requisição é de 0,15s, e segue conforme a fórmula:

$$\begin{cases} (10,49x + 142,68)ms & 1 \leq x \leq 8 \\ (27,82x + 32,43)ms & 9 \leq x \leq 92 \end{cases}$$

Onde 'x' é o número de requisições simultâneas e o resultado é expresso em milissegundos (ms). O limite superior (definido onde x=92) é avaliado na seção 7.2.4.

A Figura 20 representa o gráfico das diferenças entre a função de aproximação acima e dos valores obtidos pelo experimento, onde o erro absoluto médio obtido é de 0,01s.

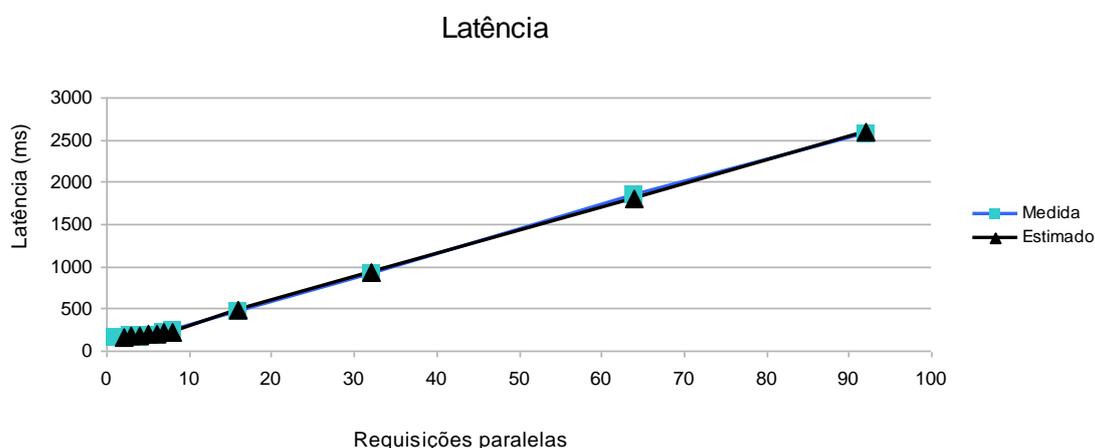


Figura 20 - Gráfico de latência do servidor x requisições em paralelo

Para avaliar o motivo de haver uma inflexão no ponto onde $x=9$ foi avaliado o uso de CPU do servidor, é possível perceber pela análise visual da Figura 21 que próximo ao ponto onde $x=9$ está sendo alcançado o ponto de utilização máxima do processador, atribui-se então à proximidade do limite de sua capacidade a justificativa da inflexão no gráfico representado na Figura 20.

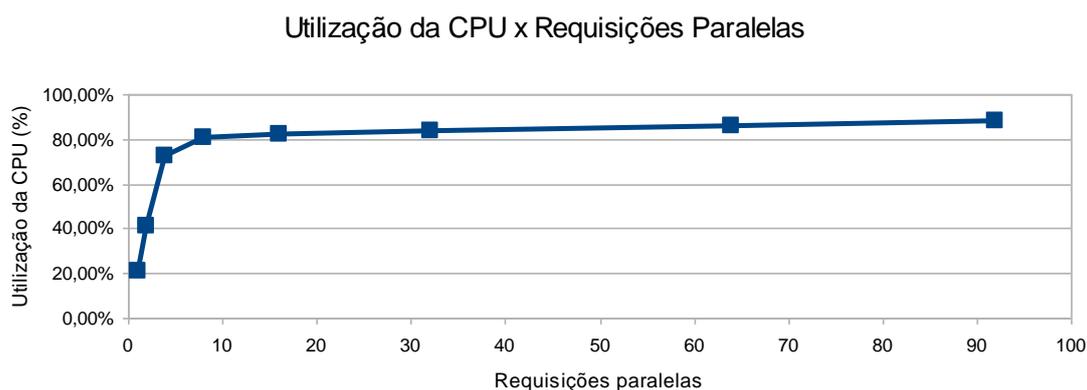


Figura 21 - Gráfico de porcentagem da utilização do CPU em relação às requisições em paralelo

Os testes foram realizados em um servidor Intel Xeon E5405 @ 2GHz QuadCore com 4GB de RAM e placa de rede NC105i PCIe Gigabit Server adapter em rede LAN 100Mb/s.

7.2.3 *Teste de stress do servidor*

Para determinar a capacidade máxima do servidor foi avaliado quantas requisições ele consegue atender em paralelo (disparadas simultaneamente), utilizando o JMeter. O teste foi no mesmo servidor apresentado na seção anterior, e repetido 50 vezes.

Houve incidência de erro nas respostas apenas quando as requisições ultrapassavam 92 consultas em paralelo, e crescia conforme o a Figura 22.

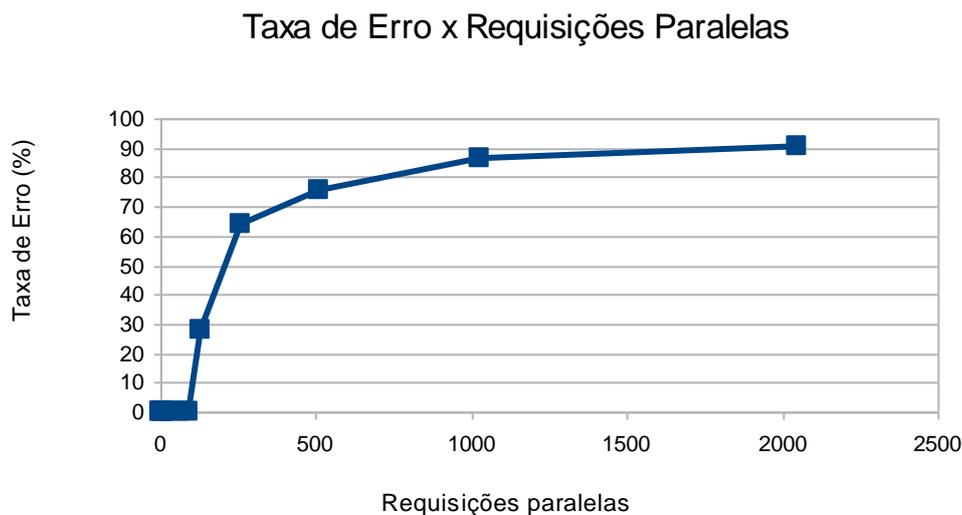


Figura 22 - Gráfico da incidência de erro em relação às requisições em paralelo

A primeira avaliação leva em conta a satisfação do usuário frente à ferramenta de busca de objetos de aprendizagem foi bem satisfatória, pois com perfis bem heterogêneos dos avaliados, que varia desde alunos de pós-graduação familiarizados com a informática até professores que estão tendo os primeiros contatos com o mundo digital, poderiam ser esperados mais resultados negativos.

No atual nível de desenvolvimento do projeto (enquanto serviço experimental) não há registros de mais de duas consultas em paralelo, sendo assim pode-se dizer que é muito satisfatório o desempenho do servidor e da aplicação para o atual estágio do FEB.

Em um primeiro teste, observando a utilização em sala de aula e os comentários dos “alunos”, foi possível analisar que todos conseguiram recuperar objetos de seu interesse, onde perceberam a diferença entre fazer a consulta em uma ferramenta de busca tradicional e no FEB, que retorna apenas objetos de aprendizagem.

8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Não é cotidianamente que se veem trabalhos acadêmicos que se aproximam de uma aplicação que de fato tem algo a oferecer ao cidadão comum. A aproximação da academia à sociedade deveria ser um pilar em muitos outros trabalhos, mas a dificuldade de se entregar trabalhos com valor científico e com desempenho, interface, aplicação realmente úteis torna esse desafio muito maior. Hoje a prova de conceito desse trabalho está sendo concretizada dentro de um projeto do Ministério da Educação e a definição do padrão de metadados tem tido cada vez uma adoção maior.

O avanço da Internet das coisas e da Web 3.0 tem provocado grandes mudanças não só na infraestrutura física da Internet, cada vez mais ubíqua e heterogênea, mas também na infraestrutura de serviços, nesse contexto o objetivo geral desse trabalho que é gerar uma **proposta de um modelo que, preparado para a "internet das coisas", viabilize a objetos educacionais legados possam ser utilizados, reutilizados ou adaptados em ambientes heterogêneos tanto de padrão quanto de dispositivo**, se justifica pois é impossível imaginar que com o avanço da Internet tudo que já foi desenvolvido seja totalmente esquecido. O resultado desse trabalho apresenta em sua prova de conceito (seção 7.1) uma proposta prática desse modelo utilizando a infraestrutura e padrão de metadados apresentados nas seções anteriores a ele.

O objetivo específico 1 "A proposta de um modelo de integração entre repositórios educacionais de modo a conferir a possibilidade real de reuso do material desenvolvido por educadores, mesmo que tenham pouca familiaridade com a computação" desse trabalho foi parcialmente atingido pelo do modelo de coleta e busca apresentado nas seções 3.5, 3.6 e 3.7. Ainda há pontos a serem explorados no tocante a facilidade de uso das ferramentas de criação de OAs, esse trabalho teve-se simplesmente a catalogação desses recursos.

O objetivo específico 2 "A proposta de uma arquitetura escalável e a qual permita a interoperabilidade de dispositivos diversos e que possibilite que usuários de uma plataforma específica sejam capazes de localizar e utilizar materiais que tenham sido desenvolvidos para ela" foi parcialmente atingido, apesar da arquitetura apresentada (seção 6.1) ser escalável e o padrão de metadados proposto oferecer a possibilidade de se criar buscas por dispositivos específicos, a prova de conceito desse trabalho não explorou essa possibilidade, pelo fato de haver muito poucos OAs específicos para dispositivos móveis e TV Digital, essa realidade ainda tende a mudar.

Para se atingir o objetivo 3 "A possibilidade que materiais criados para a dita Web 3.0 possam instanciar agentes artificiais ativamente em plataformas que sigam o padrão FIPA" deste trabalho foi desenvolvido dentro do padrão metadados OBAA, atributos específicos para a instanciação de agentes FIPA, que foram validados pela infraestrutura OBAA-MILOS apresentada na seção 6.3.

O objetivo específico 4 é permeado em diversas seções "A criação de um modelo formal de modo que agentes artificiais ou aplicações de internet das coisas tenham a possibilidade de consumir objetos educacionais legados, mesmo que esses não tenham sido desenvolvidos para a Web 3.0" teve avanços significativos nesse trabalho por meio da coleta ativa de OAs (seção 7.1.3) e do mapeamento de metadados legados (seção 6.4), a disponibilização do serviço por meio de um sistema entendível por máquina (seção 6.2) e então contemplada na seção 1.5 da infraestrutura de agentes. O modelo de busca sugerido, porém, carece de desempenho, além de ser um sistema passivo de busca, uma vez que os OAs podem ser representados por agentes como proposto no trabalho (especialmente na seção 6.3) poderia ser bem mais ativo e utilizar a infraestrutura de agentes a seu favor, a crítica ao modelo implementado está bem explícita no último parágrafo dessa seção sugerido fortemente como trabalho futuro ao grupo de pesquisa.

Para se atingir o objetivo 5 "A criação de mecanismos para permitir que objetos que possuam versões distintas, possam identificar e executar aquela que seja mais adequada para o dispositivo" desta tese foram desenvolvidos mecanismos de representação de versionamento específico para cada dispositivo, explicados na mesma seção 6.2.1.1. Ficando para trabalhos futuros a implementação e modelagem prática desse sistema de versionamento de forma automática e colaborativa.

O objetivo 6 "Formalizar conhecimento em ontologias de modo a garantir que aplicações autônomas (como os agentes) sejam capazes de se comunicar com o ambiente, mesmo sem conhecê-lo inicialmente" foi contemplado pela concepção dos metadados propostos nas seções e foi fortemente explorado em outros trabalhos do grupo como Primo (2013).

Finalmente o objetivo 7 " A criação de provas de conceito de modo a validar as sentenças supracitadas. Algumas das provas de conceito são frutos de trabalhos do grupo de pesquisa." foi explorado com o desenvolvimento do modelo apresentado nas em toda a seção 6.

REFERENCIAS

- ALLIED BUSINESS INTELLIGENCE,. More Than 30 Billion Devices Will Wirelessly Connect to the Internet of Everything in 2020. **ABI research news**, v. 9, 2013. (disponível em <https://www.abiresearch.com/press/more-than-30-billion-devices-will-wirelessly-conne/> acessado em 30/10/2015)
- ALLIED BUSINESS INTELLIGENCE,. The Internet of Things Will Drive Wireless Connected Devices to 40.9 Billion in 2020. **ABI research news**, v. 9, 2014. (disponível em <https://www.abiresearch.com/press/the-internet-of-things-will-drive-wireless-connect/> acessado em 30/10/2015)
- AMIEL, Tel. Educação aberta: configurando ambientes, práticas e recursos educacionais. **REA: Práticas colaborativas e políticas públicas**. Santana, B., Rossini, C., Preto, NL (org.) São Paulo: Casa da Cultura Digital, 2012.
- ASHTON, Kevin. That ‘internet of things’ thing. **RFiD Journal**, v. 22, n. 7, p. 97-114, 2009.
- ATENAS, Javiera; HAVEMANN, Leo. Questions of quality in repositories of open educational resources: a literature review. **Research in Learning Technology**, v. 22, 2014.
- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The internet of things: A survey. **Computer networks**, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.
- BAEZA-YATES, Ricardo et al. **Modern information retrieval**. New York: ACM press, 2011.
- BAUER, Bernhard; MÜLLER, Jörg P.; ODELL, James. Agent UML: A formalism for specifying multiagent software systems. **International journal of software engineering and knowledge engineering**, v. 11, n. 03, p. 207-230, 2001.
- BELLIFEMINE, Fabio; POGGI, Agostino; RIMASSA, Giovanni. JADE–A FIPA-compliant agent framework. In: **Proceedings of PAAM**. 1999. p. 33.
- BISQUERRA, Rafael; SARRIERA, Jorge Castellá; MARTÍNEZ, Francesc. Introdução à estatística. **Porto Alegre: Artmed**, 2004.
- BORST, Willem Nico. **Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse**. Universiteit Twente, 1997.
- BRADSHAW, Jeffrey M. et al. KAoS: Toward an industrial-strength open agent architecture. **Software agents**, p. 375-418, 1997.
- BUCKLAND, Michael Keeble. **Information and information systems**. ABC-CLIO, 1991.
- BUCKLEY, Chris. **Implementation of the SMART information retrieval system**. Cornell University, 1985.

CHAN, Lois Mai, and Marcia Lei Zeng. Metadata interoperability and standardization-A study of methodology, Part I, D-Lib Magazine 12.6 (2006-1): 3.

CHAN, Lois Mai, and Marcia Lei Zeng. Metadata interoperability and standardization-A study of methodology, Part II, D-Lib magazine 12.6 (2006-2): 4.

CLEMENTS, Kati; PAWLOWSKI, Jan; MANOUSELIS, Nikos. Why Open Educational Resources Repositories fail-Review of Quality Assurance Approaches. In: **EDULEARN14 Proceedings**. 6th International Conference on Education and New Learning Technologies Barcelona, Spain (pp. 929-939). International Association of Technology, Education and Development IATED. ISBN 978-84-617-0557-3. International Association of Technology, Education and Development IATED, 2014.

DEMAZEU, Y.; MÜLLER, J. Decentralized Artificial Intelligence. In: European Workshop on Modelling Autonomous Agentes in a Multi-agent World, 1989, Cambridge. **Anais Eletrônicos**. North-Holland: Elsevier Science Publishers, 1990. p.3-13.

DICHEVA, Darina; DICHEV, Christo. Finding Open Educational Resources in Computing. In: **Advanced Learning Technologies (ICALT), 2014 IEEE 14th International Conference** on IEEE, 2014. p. 22-24.

DUNCAN, Charles; PARK, Braehead Business. Digital repositories: e-learning for everyone. **Presented at eLearnInternational**, v. 9, p. 12, 2003.

DUNCAN, Charles; PARK, Braehead Business. Digital repositories: e-learning for everyone. **Presented at eLearnInternational**, v. 9, p. 12, 2003.

DUTRA, Renato Luís de Souza; TAROUCO, Liane Margarida R. Recursos educacionais abertos (open educational resources). **Novas Tecnologias na Educação**, v. 5, n. 1, 2007.

FABRE, Marie-Christine JM; TAMUSIUNAS, Fabricio; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Reusabilidade de objetos educacionais. **RENOTE**, v. 1, n. 1, 2003.

FERNANDES, Joao M.; BELO, Orlando. Modeling multi-agent systems activities through colored petri nets. In: **16th IASTED International Conference on Applied Informatics (AI'98)**. 1998. p. 17-20.

FIPA. FIPA - Foundation for Intelligent Physical Agents. 2009. <<http://www.fipa.org/>>.

FIPA. **FIPA00026**: FIPA Request Interaction Protocol Specification. 2002. Disponível em: <<http://www.fipa.org/specs/fipa00026/XC00026F.pdf>>. Acesso em: out/2015.

FONSECA, LCC. VICARI, RM. Um assistente pessoal de aprendizagem continuada na Web. 2009. Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Informática na Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GASEVIC, D.; DEVEDZIC, J. J.; BOSKOVIC, M. Ontologies for Reusing Learning Object Content. In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2005, Surrey, UK. **Anais Eletrônicos**. Surrey, 2005.

GIRAFFA, L.; Viccari, R. The Use of Agents Techniques on Intelligent Tutoring Systems. Proceedings of 18th International Conference of the Chilean Computer Science Society, Antofagasta, Chile: IEEE, 1998.

GOBBUR, Devendra S. Digital repositories: concepts and issues. In: **International Conference on Semantic Web and Digital Libraries. ICSD**. 2007.

GOMES, E. R.; SILVEIRA, R. A.; VICCARI, R. **Utilização de agentes FIPA em ambientes para Ensino a Distância**. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE INFORMÁTICA, nov. 2003, Montevideu, Uruguai. Anais Eletrônicos... Montevideu, 2003. Disponível em: <<http://ifm.ufpel.edu.br/iate/downloads/clei2003.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2015.

GUARINO, Nicola; OBERLE, Daniel; STAAB, Steffen. What is an Ontology?. In: **Handbook on ontologies**. Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 1-17.

HARMAN, Donna. How effective is suffixing?. **JASIS**, v. 42, n. 1, p. 7-15, 1991.

HEERY, Rachel; ANDERSON, Sheila. Digital repositories review. 2005.

HSU, Kevin Chihcheng; YANG, Fang-Chuan Ou. Toward an open and interoperable e-learning portal: OEPortal. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 11, n. 2, p. 131-148, 2008.

HULL, David A. Stemming algorithms: A case study for detailed evaluation. **JASIS**, v. 47, n. 1, p. 70-84, 1996.

IUT 2005, Internet Report, disponível em <<https://www.itu.int/net/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf>>

JOHNSON, W. Lewis; RICKEL, Jeff W.; LESTER, James C. Animated pedagogical agents: Face-to-face interaction in interactive learning environments. **International Journal of Artificial intelligence in education**, v. 11, n. 1, p. 47-78, 2000.

KALLONIS, Pavlos; SAMPSON, Demetrios G. Implementing a 3D virtual classroom simulation for teachers' continuing professional development. In: **InWorkshop Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education: ICCE2010**. 2010. p. 36.

KATASONOV, Artem et al. Smart Semantic Middleware for the Internet of Things. **ICINCO-ICSO**, v. 8, p. 169-178, 2008.

KIM, Yanghee; BAYLOR, Amy L. Research-based design of pedagogical agent roles: a review, progress, and recommendations. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, p. 1-10, 2015.

KROVETZ, Robert. Lexical acquisition and information retrieval. **Lexical Acquisition: Exploiting On-Line Resources to Build a Lexicon**, p. 45-64, 1991.

LEAL FONSECA, Diego Ernesto. Iniciativa colombiana de objetos de aprendizaje. **Apertura impresa**, n. 8, 2010.

LUTZ, Robert, The Implications of the Internet of Things for Education, **Systech corp.** 2014 (disponível em <http://www.systech.com/the-implications-of-the-internet-of-things-for-education> acessado em 30/10/2015)

MANNING, Christopher D. et al. **Introduction to information retrieval**. Cambridge: Cambridge university press, 2008.

MARTÍN GARCÍA, Victor; LOZANO DE PABLO, Víctor. Metadados de objetos educacionais. **MÉNDEZVILAS, A.; MESA GONZÁLEZ, JA; MESA GONZÁLES, J. Advances en technology-based education: towards a knowledge based society. Badajoz: Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología, p. 19222-19226, 2003.**

MATKIN, Gary. Learning object repositories: Problems and promise. **The William and Flora Hewlett Foundation Menlo Park, CA, 2002.**

MCCLELLAND, Marilyn. *Metadata standards for educational resources*. Computer 36.11 (2003): 107-109.

MEHLECKE, Querte Teresinha Conzi; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Ambientes de Suporte Para Educação a Distância. **A mediação para aprendizagem cooperativa. Disponível em:< http://www.cinted.ufrgs.br/reote/fev2003/artigos/querte_ambientes.pdf>. Acesso em, v. 29, 2011.**

MOOEM, CALVIN N. Zatoncoding applied to mechanical organization of knowledge. **Proc. IRE**, v. 37, p. 468-478, 1949.

NASH, Susan. Learning objects, learning object repositories, and learning theory: Preliminary best practices for online courses. **Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects**, v. 1, n. 1, p. 217-228, 2005.

NEVEN, Filip; DUVAL, Erik. Reusable learning objects: a survey of LOM-based repositories. In: **Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia**. ACM, 2002. p. 291-294.

NICHOLSON, Denise. LibGuides: Open Educational Resources for Humanities & Social Sciences: **Inst'l Repositories/Digital Libraries**. 2014.

O'REILLY, Meg. Aspects of openness in education. **Research in Learning Technology**, v. 22, 2014.

PRIMO, Tiago Thompsen. Método de representação de conhecimento baseado em Ontologias para apoiar Sistemas de Recomendação Educacionais. 2013. Tese de doutorando, Computação Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PRIMO, Tiago Thompsen; VICARI, Rosa Maria; BERNARDI, Kelen Silveira. User profiles and learning objects as ontology individuals to allow reasoning and interoperability in recommender systems. In: **Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE**. IEEE, 2012. p. 1-9.

ROBERTSON, S. E., WALKER, S, JONES, S., HANCOCK-BEAULIEU, M. and GATFORD, M.. Okapi at trec-3. **TREC'94**, p. 109-126, 1994.

ROBERTSON, S. E., WALKER, S. Some simple effective approximations to the 2-poisson model for probabilistic weighted retrieval. **SIGIR'94**, p. 232-241, 1994.

RODRIGUES, Rosângela Schwarz; TAGA, Vitor; VIEIRA, Eleonora Milano Falcão. Repositórios Educacionais: estudos preliminares para a Universidade Aberta do Brasil. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n. 3, p. 181-207, 2011.

ROSSINI, Carolina; GONZALEZ, Cristiana. REA: o debate em política pública e as oportunidades para o mercado. **Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas e políticas públicas**. Salvador: EDUFBA, p. 35-69, 2012.

RUSSEL, S. e NORVIG, P.; Artificial Inteligency, 2004 Editora Campus

SALTON, G. 1989. "Automatic Text Processing: The Transformation, Analysis, and Retrieval of Information by Computer. Reading" MA: Addison Wesley.

SALTON, Gerard; BUCKLEY, Christopher. Term-weighting approaches in automatic text retrieval. **Information processing & management**, v. 24, n. 5, p. 513-523, 1988.

SALVE, Guilherme Bizarro. **Modelo de planejamento para repositório de objetos de aprendizagem em organizações educacionais (MOPROA)**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANTANA, Bianca; ROSSINI, Carolina; PRETTO, Nelson De Luca. Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas e políticas públicas. In: **Recursos educacionais abertos: práticas colaborativas e políticas públicas**. Edufba; Casa da Cultura Digital, 2012.

SHIH, Wen-Chung. A Framework of Educational App Repositories with Recommendation Powered by Social Tag Mining. In: **Information Science and Applications (ICISA), 2014 International Conference on**. IEEE, 2014. p. 1-3.

SILVA, J. C. T. da. **Um modelo para avaliação de aprendizagem no uso de ferramentas síncronas em ensino mediado pela Web**. Tese (Doutorado em Informática) - Programa de Pós-Graduação em Informática, PUC-Rio, abr. 2004. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/9816122_04_cap_04.pdf>. Acesso em: 29 set. 2007.

SILVEIRA, Ederson Luiz; GLUZ, João Carlos. Sistema LINNAEUS: apoio inteligente para a catalogação e edição de metadados de objetos de aprendizagem. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. 2012.

SILVEIRA, R. A.; GOMES, E. R; VICCARI, R. M. **Intelligent Learning Objects: An Agent-Based Approach of Learning Objects**. In: Weert, Tom Van, Tatnall, Arthur (Eds.) **Information and Communication Technologies and Real-Life Learning**. Boston Springer, 1103 – 110, 2005.

SILVEIRA, R. A.; GOMES, E. R; VICCARI, R. M. **Using Intelligent Learning Objects in Adaptive Educational Portals**. In: Tatnall, Arthur (Ed.) **Encyclopaedia of Portal Technology and Applications** Idea Group Publishing, Hershey, PA , EUA, 2007.

SILVEIRA, R. A.; GOMES, Eduardo Rodrigues; VICCARI, Rosa. **Improving Interoperability Among Learning Objects Using FIPA Agent Communication Framework**. In: IFIP WORLD COMPUTER CONFERENCE, Santiago. Professional Practice in Artificial Intelligence. Berlin: Springer, 2006. p. 51-60.

SILVEIRA, Ricardo Azambuja et al. Intelligent learning objects: An agent based approach of learning objects. In: **Intelligent Tutoring Systems**. Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 886-888.

STUDER, Rudi; BENJAMINS, V. Richard; FENSEL, Dieter. Knowledge engineering: principles and methods. **Data & knowledge engineering**, v. 25, n. 1, p. 161-197, 1998.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; DA SILVA, Claraluz Camargo Gris; GRANDO, Anita. Fatores que afetam o reuso de objetos de aprendizagem. **RENOTE**, v. 9, n. 1.

TATE, Mary; HOSHEK, Darryn. A model for the effective management of re-usable learning objects (RLOs): Lessons from a case study. **Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects**, v. 5, n. 1, p. 51-72, 2009.

TEODORO, George; CARVALHO, M. B.; COMASSETTO, Liamara Scortegagna. Compartilhamento e Reusabilidade de Objetos de Aprendizagem. In: **Anais V Congresso Brasileiro de Educação Superior a Distância**. 2008.

VAN ACKER, Frederik et al. The role of knowledge sharing self-efficacy in sharing Open Educational Resources. **Computers in Human Behavior**, v. 39, p. 136-144, 2014.

VICKERY, Brian C. Ontologies. **Journal of information science**, v. 23, n. 4, p. 277-286, 1997.

W3C Standards. *XSL Transformations (XSLT)*, Disponível em <http://www.w3.org/TR/1999/REC-xslt-19991116> (acessado em 12/06/2013)

W3C. Mobile Web Best Practices 1.0, Basic Guidelines. W3C Recommendation. 2008. Disponível em <http://www.w3.org/TR/mobile-bp/>. Acesso em 28 de dezembro de 2015.

WOOLDRIDGE, Michael. **An introduction to multiagent systems**. John Wiley & Sons, 2009.

ZINI, F.; STERLING, L. **Designing Ontologies for Agents**. In: APPIA-GULP-PRODE 1999: Joint Conference on Declarative Programming. pp. 29-42. Anais Eletrônicos.