



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em
Computação Aplicada
Mestrado Acadêmico

Márcia Elis Abech

**EDUADAPT: UM MODELO DE ADAPTAÇÃO DE OBJETOS
DE APRENDIZAGEM COM FOCO EM DISPOSITIVOS
MÓVEIS**

São Leopoldo, 2014

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS — UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA
NÍVEL MESTRADO

MÁRCIA ELIS ABECH

**EDUADAPT: UM MODELO DE ADAPTAÇÃO DE OBJETOS DE
APRENDIZAGEM COM FOCO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS**

São Leopoldo
2014

Márcia Elis Abech

**EDUADAPT: UM MODELO DE ADAPTAÇÃO DE OBJETOS DE
APRENDIZAGEM COM FOCO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Dissertação apresentada como requisito
parcial para a obtenção do título de Mestre
pelo Programa de Pós-Graduação em
Computação Aplicada da Universidade do
Vale do Rio dos Sinos — UNISINOS

Orientador:
Prof. Dr. Cristiano André da Costa

São Leopoldo
2014

A138e	<p data-bbox="448 763 1386 902">Abech, Márcia Elis EduAdapt: um modelo de adaptação de objetos de aprendizagem com foco em dispositivos móveis / por Márcia Elis Abech. -- São Leopoldo, 2014.</p> <p data-bbox="504 936 799 969">118 f. : il. color. ; 30 cm.</p> <p data-bbox="448 1003 1386 1104">Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada, São Leopoldo, RS, 2014.</p> <p data-bbox="504 1104 1299 1137">Orientação: Prof. Dr. Cristiano André da Costa, Escola Politécnica.</p> <p data-bbox="448 1171 1386 1305">1.Arquitetura de computador – Educação. 2.Educação à distância. 3.Ensino auxiliado por computador. 4.Inovações educacionais. 5.Educação – Agentes inteligentes (software). 6.Educação móvel. I.Costa, Cristiano André da. II.Título.</p> <p data-bbox="1078 1339 1270 1440" style="text-align: right;">CDU 004.22:37 37.018.43 37:004.89</p>
-------	--

Catalogação na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

*À minha mãe,
Exemplo de força, coragem e dedicação,
que sempre me motivou a continuar e torceu
pelo desfecho deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, devo agradecer aos meus pais, que me deram todo o suporte e educação para que eu pudesse chegar onde estou agora.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cristiano André da Costa, pela disponibilidade, ensinamentos, orientação, incentivo e apoio neste trabalho.

A GVWise, sob o comando de Gilmar Piaia que acreditou e apoiou financeiramente o projeto para o qual este trabalho destina.

Aos colegas de pesquisa Wagner Cambuzzi, Rodrigo Moraes pelas dicas, conselhos e discussões. Neste item, também destino os meus agradecimentos aos colegas Tiago Boher, Cassiano Mendes, Marcos Schneider, Allan Barcelos e Allan Moreira.

Ao colega Leonardo Heidrich que contribuiu com as pesquisas e com o questionário online do Estilo de Aprendizagem.

Aos professores, Prof. Dr. Jorge Barbosa, Prof. Dr. Sandro Rigo e Profa. Dra. Patricia A. Jaques Maillard pelos conselhos na melhoria deste trabalho.

Aos meus colegas do PIPCA em especial ao Roberto Gomes, Vladimir Guerreiro e Felipe Noguez, professores, funcionários e a todos aqueles que colaboraram de forma direta ou indireta, na execução desta dissertação.

Obrigada!

RESUMO

O aumento da popularidade de tecnologias móveis para o acesso a informação possibilitou o alcance a conteúdos educacionais por qualquer pessoa, em qualquer momento e lugar. Contudo, a flexibilidade proporcionada por tal tecnologia exige esforços afim de manter versões do conteúdo para diversas configurações de dispositivo e adaptadas para as características de aprendizado dos alunos. Tendo em vista o crescimento do uso de dispositivos móveis e da educação a distância, o presente trabalho tem como objetivo de propor um modelo de arquitetura destinado a adaptação de objetos de aprendizagem considerando características do dispositivo, estilo de aprendizagem do aluno. O modelo proposto faz uso de ontologias e regras para assim adaptar da melhor forma os objetos de aprendizagem e proporcionar maior contato do aluno aos conteúdos educacionais. Afim de avaliar a aplicação do modelo proposto foram descritos cenários e aplicadas métricas avaliativas para a ontologia. Também foi desenvolvido um protótipo do modelo e submetido em uma turma de 20 alunos com a intenção de avaliar a usabilidade e aderência aos objetos adaptados, resultando em 78% de aceitação.

Palavras-chave: Educação Ubíqua. Educação Móvel. Adaptação. Objetos de Aprendizagem. Dispositivo móvel. Contexto.

ABSTRACT

The increased popularity of mobile technologies to access information possible reach the educational content by anyone, anytime, anywhere. However, the flexibility offered by such technology requires efforts in order to maintain content versions for different device configurations and adapted to the characteristics of student learning. With the increased use of mobile devices and distance education, this paper aims to propose an architectural model, for the adaptation of learning objects considering device characteristics and learning style. The proposed model makes use of ontologies and rules as well as the use of context and learning style of the student and features of the mobile device, to adapt in the best way the learning objects and provide greater contact with the student's educational content . In order to evaluate the implementation of the proposed model scenarios were described and evaluative metrics applied to the ontology. It has also developed a prototype of the model and submitted in a class of 20 students with the intention of evaluating the usability and adherence to objects adapted , resulting in 78% acceptance.

Keywords: u-learning. m-learning. Adaptation. Learning Objects. Mobile Device. Context.

LISTA DE FIGURAS

1	Diagramação do problema	22
2	Modelo do formato Objeto de Aprendizagem	30
3	Estrutura do metadado OBAA	31
4	Representação de propriedades	36
5	Conectando fatores de contexto ao modelo de domínio	38
6	Arquitetura de componentes utilizados no SPREADR	39
7	Arquitetura do GlobalEdu	42
8	Modelo de Contexto utilizado no Fawis	43
9	Arquitetura do modelo ODIN	45
10	Arquitetura do modelo proposto	52
11	Envio de notificações para a aplicação cliente	53
12	Fluxo do processo de adaptação de OA no EduAdapt	53
13	Modelo da arquitetura do adaptador de conteúdo	55
14	Arquitetura geral da aplicação cliente	57
15	Diagrama de Sequência ilustrando o envio de contexto	58
16	Caso de uso - Cliente/Servidor	61
17	Metodologia para desenvolvimento da ontologia	62
18	Composição da ontologia OntoAdapt	64
19	Estrutura da ontologia OntoAdapt	65
20	Regras utilizadas no OntoAdapt	65
21	Fragmento da ontologia OntoAdapt para descrever características do aluno	66
22	Fragmento da ontologia OntoAdapt para descrever características im- portantes do dispositivo	67
23	Fragmento da ontologia OntoAdapt para descrever características acerca do contexto do aluno	67
24	Fragmento da ontologia OntoAdapt para descrever os objetos de apren- dizagem	68
25	Adaptador de mídias	71
26	Telas do aplicativo Adapt	72
27	Telas do aplicativo Adapt - Recebimento de Notificação	72
28	Exemplo de possíveis tipos de mídias	73
29	Diagrama do funcionamento do sistema de obtenção de OAs	74
30	Diagrama de classes para o sistema de <i>Harvesting</i>	75
31	Fluxo utilizado para a avaliação do modelo EduAdapt	77
32	Regra <i>SWRL</i> para o cenário 1	79
33	Consulta <i>Sparql</i> para o cenário 1	79
34	Consulta <i>SWRL</i> para o cenário 2	80
35	Consulta <i>SWRL</i> para o cenário 3	81
36	Ontologia proposta por Pernas et al. (2012)	83
37	Apresentação do questionário de avaliação de estilo de aprendizagem . .	85
38	Apresentação das análise do estilo de aprendizagem através do questio- nário ILS	86
39	Distribuição de alunos em relação as dimensões do questionário de Fel- der&Silverman	86
40	Questionário avaliativo	88
41	Frequências das respostas obtidas	90

42	Valor médio entre o grupo de respostas e intervalo de confiança	91
43	Valor médio, escore-z e coeficiente de variação	91
44	Questões de 1 a 2	115
45	Questões de 3 a 5	115
46	Questões de 6 e 7	116
47	Questões de 8 a 10	116

LISTA DE TABELAS

1	Categorias do LOM	31
2	Comparação dos trabalhos relacionados	48
3	Características que serão empregadas no EduAdapt.	49
4	Informações de perfil do aluno	56
5	Informações contextuais utilizadas no modelo	56
6	Processo de construção do protótipo	69
7	Métricas aplicadas na ontologia	83
8	Comparações entre as duas ontologias	84
9	Resultados da aplicação do questionário de Felder&Silverman	87
10	Relação entre tipo de mídias e objetos de aprendizagem (FRANZONI; ASSAR, 2008)	88
11	Resumo das respostas	89
12	Comparação com os trabalhos relacionados	95

LISTA DE SIGLAS

XML	eXtensible Markup Language
WURFL	Wireless Universal Resource file
CC/PP	Composite Capcities/Preferences Profiles
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
UAProf	User Agent Profile
RDF	Resource Description Framework
W3C	World Wide Web Consortium
PDA	Personal Data Assistant
OA	Objeto de Aprendizagem
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LOR	Learning Object Repositories
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
DC	Dublin Core
JSON	JavaScript Object Notation
BIOE	Banco Internacional de Objetos Educacionais
AVI	Audio Video Interleaved
TAM	Technical Architecture Modeling
SPARQL	SPARQL Protocol and RDF Query Language
URL	Uniform Resource Locator
URI	Uniform Resource Identifier
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
LMS	Learning Management System
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MERLOT	Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching
OBAA	Objetos de Aprendizagem Suportados por Agentes
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
ILS	Index of Learning Styles
CSS	Cascading Style Sheets
JSF	Java Server Faces
J2SE	Java 2 Platform, Standard Edition
J2ME	Java 2 Micro Edition
API	Application Programming Interface
MIT	Massachusetts Institute of Technology

HP Hewlett-Packard
CPU Central Processing Unit
GPS Global Positioning System
RSSDB RDF Schema Specific Database
DLL Dynamic-link library
OAI-PMH Open Archives Initiative - Protocol for Metadata Harvesting

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Motivação	21
1.2	Caracterização do problema a ser resolvido	22
1.3	Questão de Pesquisa	24
1.4	Objetivo	24
1.5	Organização do Trabalho	24
2	A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E A TECNOLOGIA MÓVEL E UBÍ- QUA	27
2.1	Tecnologia móvel em apoio à Educação a distância	27
2.2	Objetos de Aprendizagem	29
2.3	Adaptação	32
2.4	Estilo de Aprendizagem	34
2.5	Ontologia	35
3	TRABALHOS RELACIONADOS	37
3.1	SPREADR	37
3.2	e-Sikshak	40
3.3	GlobalEdu	41
3.4	Fawis	43
3.5	Odin	44
3.6	Avaliação dos Ambientes Pesquisados	45
4	MODELO PROPOSTO	51
4.1	Arquitetura	51
4.1.1	Servidor	54
4.1.2	Cliente	57
4.2	Requisitos	59
4.2.1	Requisitos Funcionais - Gerais	59
4.3	Ontologia OntoAdapt	61
4.3.1	OntoAdapt	64
4.3.2	Aluno	65
4.3.3	Dispositivo	66
4.3.4	Contexto	67
4.3.5	Objetos de Aprendizagem	68
5	IMPLEMENTAÇÃO	69
5.1	Servidor	70
5.2	Cliente	71
5.3	<i>Harvesting</i> de Objetos de Aprendizagem	73
6	AVALIAÇÃO	77
6.1	Metodologia	77
6.2	Avaliação da Ontologia OntoAdapt	78
6.2.1	Baseada em Cenários	78
6.2.2	Métricas da Ontologia	82
6.3	Avaliação do Comportamento do EduAdapt	85

6.3.1 Experimentos Realizados	87
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
7.1 Comparação com os Trabalhos Relacionados	93
7.2 Contribuições	94
7.3 Trabalhos Futuros	96
REFERÊNCIAS	97
APÊNDICE A – QUESTÕES DE COMPETÊNCIA PARA A ONTOLOGIA ONTOADAPT	107
APÊNDICE B – LISTA DE TERMOS IMPORTANTES PARA ONTOLOGIA ONTOADAPT	109
APÊNDICE C – CÓDIGO PARA HAVERSTING DE OAS	111
APÊNDICE D – CÓDIGO PARA A CONVERSÃO DE MÍDIAS	113
APÊNDICE E – SCREENSHOTS DO QUESTIONÁRIO APLICADO	115

1 INTRODUÇÃO

O surgimento de tecnologias de informação no cotidiano trouxe inúmeras possibilidades de comunicação e obtenção de informações. Com o uso dessas tecnologias, o formato da Educação a Distância (EaD) ganhou uma nova abordagem, proporcionando aos alunos o aprendizado a distância, com interação, cooperação, interpretação, além de outros aspectos que estimulam a construção do aprendizado.

Essa nova abordagem trouxe os chamados Ambientes Virtuais de Aprendizagem - AVA (*Learning Management System* - LMS), propondo uma intermediação entre o aluno e o professor de forma virtual e promovendo a educação através de meios eletrônicos, surgindo assim o *e-learning* (*Eletronic Learning*). O LMS tem como função principal administrar o processo de aprendizado e fornecer recursos educacionais à distância. Este sistema permite que educadores criem cursos, exercícios didáticos e publiquem materiais relacionados ao curso no qual o aluno está matriculado, bem como, proporciona a interação entre alunos e professores através de fóruns de discussões e salas de *chat* (BRA; SMITS; SLUIJS, 2013). Existem vários LMS disponíveis para uso em instituições de ensino. Como exemplo temos: *Moodle*¹, *Blackboard*², *Sakai*³, *eCollege*⁴, entre outros. Dentre os LMSs existentes, um dos mais utilizados é o Moodle devido ao fato de ser *open-source* e não trazer custos para a instituição.

Com a evolução dos dispositivos móveis e a facilidade de acesso à informação, a educação ganhou uma nova forma de possibilitar conhecimento independente do momento e da localização (YAU; JOY, 2011; ZHAO; WAN; OKAMOTO, 2010). Segundo estudos do IBOPE⁵ o número de usuários de *smartphones* no Brasil alcançou 9,5 milhões em 2012. Com tantos dispositivos ao alcance da população, munidos de diversos recursos de hardware, acesso à Internet e outras características, tornam-se uma grande ferramenta para proliferação e acesso à informação. Neste aspecto, em um ambiente educacional, onde também se faz presente o uso desta tecnologia, é importante construir aplicações que tragam conteúdo educacional para esses dispositivos. Tal característica, de proporcionar conteúdo com interação fora da sala de aula através do uso de dispositivos móveis, *smartphones*, *laptops* ou *tablets*, sem a necessidade de estar em uma localização fixa é denominada *m-Learning* (*Mobile Learning*). Essa tecnologia abrange várias características do *e-learning*, sendo uma delas o conteúdo multimídia e a interação entre estudantes com diferentes contextos, em termos de tempo e localização (CHEON et al., 2012). Cheon et al. (2012) complementam com as principais características do *m-learning*, que são: i)

¹<http://moodle.org/>

²<http://www.blackboard.com/>

³<http://www.sakaiproject.org/>

⁴<http://www.ecollege.com/>

⁵<http://www.ibope.com.br/pt-br/noticias/Paginas/Mobilidade-digital-quase-dobra-entre-os-brasile.aspx> - acessado em 13/01/2014

Portabilidade: dispositivos móveis podem ser utilizados em diferentes localizações; *ii) Conectividade Instantânea*: dispositivos móveis podem ser utilizados para acessar informações em qualquer lugar e em qualquer momento através da Internet; *iii) Sensibilidade ao Contexto*: dispositivos móveis podem ser utilizados para encontrar e reunir dados reais ou simulados. A forma que o *m-learning* fornece a informação ao aluno não é adaptada às características contextuais do mesmo, sendo apenas mais um estágio no progresso do *e-learning* (SUNG, 2009).

Nesse âmbito, para aprimorar o aprendizado dos estudantes é importante considerar as informações particulares e contextuais de cada um, pois cada aluno tem diferentes métodos e preferências para receber informação e adquirir conhecimento (SU et al., 2011). Também é importante ter ciência das limitações dos dispositivos móveis utilizados pelos alunos para fornecer assim um conteúdo mais adaptado ao modo individual de aprendizagem. Essas características são encontradas no modelo *u-learning* (*ubiquitous learning*) (SU et al., 2011).

Segundo Lewis et al. (2010), a mobilidade dos alunos e a percepção dos elementos em torno deles (contexto) fazem parte do processo de aprendizagem em um ambiente ubíquo. Ainda de acordo com Lewis et al. (2010), o *u-learning* é um processo adaptável e contínuo que pode ocorrer a qualquer momento e lugar e estar integrado no cotidiano dos alunos. Além disso, o *u-learning* é caracterizado por fornecer meios intuitivos para identificar a fonte, o conteúdo adequado e os serviços levando como base o contexto como: localização e tempo; quais os recursos e serviços estão disponíveis e quais são as fontes de conteúdo (SUNG, 2009).

O *u-learning* é uma aplicação da ideia de *Computação Ubíqua*, termo que foi criado por Mark Weiser em 1991, em seu renomado artigo “*The Computer for the 21st Century*”, onde define a computação ubíqua como:

“As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas integram a vida cotidiana até o momento em que não se pode mais distingui-las” (WEISER, 1999)

Nesse sentido, o *u-learning* fornece uma arquitetura onipresente, disponível em qualquer lugar e momento, onde o aluno não necessita ter a consciência de que está em um processo de aprendizagem (JONES; JO, 2004). Com isso, provendo caminhos intuitivos para identificar as fontes de conteúdo educacionais adequadas e disponibilizando o serviço no lugar e no tempo apropriado, baseado no contexto do aluno (SUNG, 2009). A percepção dessas informações do aluno, que vem sendo denominada de Sensibilidade ao Contexto (*Context Awareness*), consistem na capacidade do sistema reagir aos dados externos que podem influenciar na aplicação (DEY, 2001). No âmbito educacional, a qual este trabalho se destina, o contexto pode ser o estado do estudante e do ambiente, caracte-

rística do dispositivo, atividades educacionais, entre outras informações (HENRICKSEN; INDULSKA; RAKOTONIRAINY, 2002). Com esse grupo de dados que compõe o contexto, o *u-learning* é capaz de detectar uma situação propícia e adaptar um conteúdo educacional às necessidades do aluno, considerando o contexto dele e fornecê-las no momento mais adequado.

Neste cenário, o presente trabalho, denominado *EduAdapt*, consiste em uma proposta de modelo com base nas características do *u-learning* capaz de adaptar um conteúdo educacional (Objeto da Aprendizagem - OA) considerando o contexto do aluno e do dispositivo utilizado, visando entregar objetos de aprendizagem adequados e adaptados à situação do aluno.

1.1 Motivação

Considerando o contexto da aplicação, pode-se citar alguns dados que motivam o presente trabalho. Em 2017 estima-se aproximadamente 3 bilhões de *smartphones* no mundo (COMMISSION et al., 2012) e até o ano de 2016 está previsto um consumo de dados, através de dispositivos móveis, na quantidade de 10.8 exabytes por mês (MOBILE, 2012). Na área de ensino a distância, o aumento de matrículas realizadas nessa modalidade demonstra a importância que o EaD vem adquirindo no ensino. De acordo com o levantamento realizado pelo *CensoEAD.BR*⁶, em 2010 o número de matrículas alcançava cerca de 2.000.000 em cursos de EaD. Já em 2011, passou a ser mais de 3.500.00 matrículas. Dentre as matrículas realizadas, 206.807 ocorrem nas áreas de Ciências Humanas e 13.966 nas áreas de Ciências da Computação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 2013). Com esses valores expressivos é importante focar em soluções que entreguem conteúdos adaptados para alunos que participam de estruturas de ensino no formato do *EaD* e que assim possam visualizar, acompanhar seus cursos e o conteúdos educacionais através do uso de dispositivos móveis.

Já levando em conta a área da pesquisa, foram encontrados na literatura modelos de adaptação de conteúdo educacional como (ZHONG; LIU; JI, 2013) e (LEWIS et al., 2010). Porém, os modelos estudados não fazem uso de objetos de aprendizagem a partir de repositórios externos e também não utilizam recursos de sistemas LMS para a dimensão das necessidades dos alunos. Recursos como notificações foram pouco observados, bem como, o uso de estilo de aprendizagem para determinar qual a mídia mais adequada ao aluno. Estes recursos auxiliam em uma maior oferta de conteúdos (pela possibilidade de utilizar objetos de aprendizagem de outros repositórios), no aviso da existência desses conteúdos (através do uso de notificações) adaptados às necessidades do aluno (através do uso dos estilos de aprendizagem e da integração com o LMS). A partir dessas lacunas, o presente trabalho propõe um modelo que adapte objetos de aprendizagem, sugerindo o

⁶<http://www.abed.org.br/site/pt/>

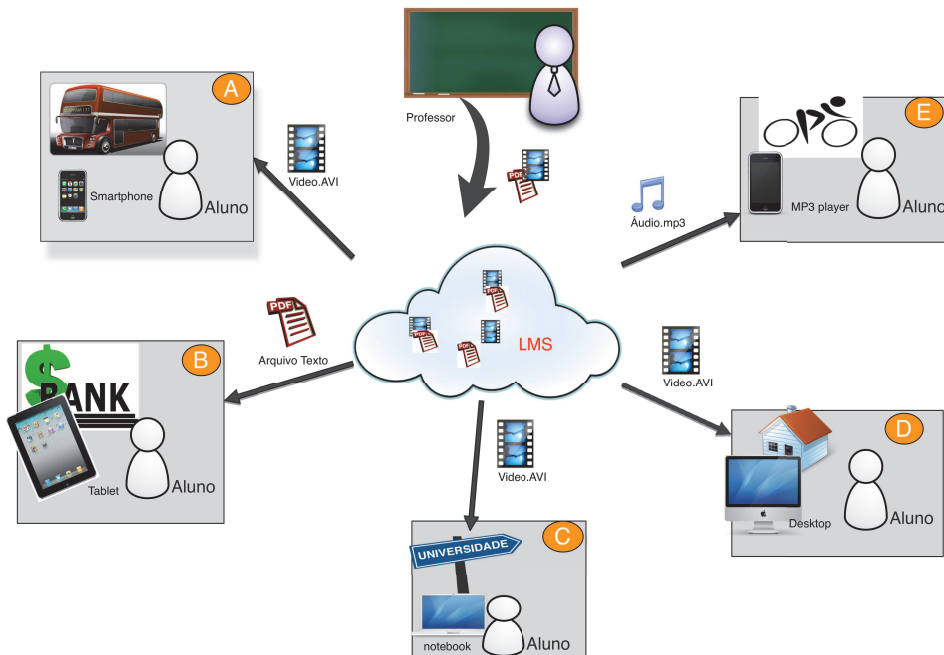
uso de recursos fornecidos pela tecnologia móvel e com a possibilidade de utilizar bases externas, notificações e integração com sistemas LMS.

1.2 Caracterização do problema a ser resolvido

O *Ubiquitous Learning* traz inúmeras vantagens no processo de aprendizagem, mas existem vários obstáculos que não permitem a total utilização dessa ferramenta de ensino (QUINTA; LUCENA, 2010). Um dos problemas citados é que os objetos de aprendizagem nem sempre estão adequados para as características dos diferentes formatos de dispositivos móveis e personalizados para os estilos de aprendizagem do aluno. Com base nessa lacuna foi elaborado o seguinte cenário (ilustrado na Figura 1):

“O professor cadastra objetos de aprendizagem que abrangem um determinado conteúdo da disciplina na qual ministra. Esses objetos, contendo um vídeo no formato *AVI* e um documento *PDF* estão disponíveis para que os seus alunos, através do uso da ferramenta LMS, possam acessar. O aluno, por sua vez, pode estar em diversos contextos e com posse de diferentes dispositivos, compatíveis ou não com o conjunto de materiais fornecidos pelo professor.”

Figura 1: Diagramação do problema



Fonte: Criado pela autora

Cada situação ou contexto pode conter adversidades que podem exigir uma adaptação de recursos para que o aluno tenha maior proveito do objeto que está sendo oferecido.

Nesse sentido, na situação **(A)**, o aluno está com um *smartphone* e em movimento (ônibus). Nesta situação, o aluno pode receber diversas mídias compatíveis com as características do dispositivo, porém o *smartphone* não pode receber ou pode ter dificuldade em apresentar determinados formatos. Com base no contexto do dispositivo e sabendo que o aluno tem o estilo de aprendizagem visual, o sistema identifica que o dispositivo não aceita objetos no formato do vídeo disponível. Esse detalhe implicará no envio de um objeto compatível e similar ou, na ausência desse objeto, ocorrerá a adaptação de formato para algo que o aluno poderá visualizar. A situação seguinte **(B)**, descreve um aluno em uma fila de banco. Com a posse de um dispositivo do tipo *tablet*, o aluno poderia acessar o sistema e receber o vídeo que o professor disponibilizou. Porém, a conexão WiFi não está disponível (apenas a conexão 3G, no entanto a velocidade da conexão é reduzida). Nessa situação, o sistema disponibiliza um arquivo, em formato PDF, que contém o conteúdo adequado ao aluno e em um formato menos oneroso.

As situações **(C)** e **(D)** são diferentes das demais e se ajustam perfeitamente com a estrutura proposta pelo *e-learning*. O aluno nas duas situações não está em movimento, está na faculdade ou na sua casa, acessando o conteúdo através de um computador ou *notebook* que possui maiores recursos para visualizar o conteúdo. Nestas situações o dispositivo do aluno geralmente é compatível ou possui ferramentas para visualização deste formato. Porém, na situação **(D)**, o usuário tem preferência por ler o conteúdo. Nesse caso, é enviado o documento de texto.

E por fim, a situação **(E)** demonstra um problema de compatibilidade com o contexto em que o usuário está inserido. Neste cenário, iremos supor que o aluno está andando de bicicleta. Com esta atividade, o usuário, poderia estar ouvindo algum conteúdo sobre as disciplinas na qual está matriculado na escola/universidade. Assim, o sistema percebendo esse contexto, extrai o áudio do vídeo e envia um arquivo compatível com o sistema do dispositivo do aluno, ou então, localiza um áudio sobre o mesmo conteúdo para ser entregue.

Apesar da vasta existência de recursos digitais para auxiliar o processo de aprendizagem, ainda prevalecem os recursos destinados apenas para *desktop* contendo mídias que não são possíveis de serem convertidas para os dispositivos móveis (ZERVAS et al., 2011). A possibilidade de criação de novos objetos de aprendizagem adequados para os diversos dispositivos, envolvendo contexto e adaptados para o perfil do aluno, demandaria muito tempo, exigiria conhecimento específico e maior esforço dos educadores (QUINTA, 2011). Neste cenário, com a dificuldade de acessar esses recursos a partir de dispositivos móveis (JEONG; HONG, 2012), percebe-se a necessidade de um modelo que adapte recursos educacionais (OAs) para os dispositivos que os alunos possuem, levando em consideração não somente as características do dispositivo, mas também observando o estilo de aprendizagem, bem como informações na qual o aluno está imerso.

1.3 Questão de Pesquisa

Com base na caracterização do problema apresentado na seção anterior, a questão de pesquisa que este trabalho busca responder é:

“*Como adaptar objetos de aprendizagem considerando o contexto do estudante?*”.

Dessa forma, o desafio desse trabalho encontra-se em desenvolver um modelo que obtenha o contexto do aluno para a adaptação de objetos de aprendizagem, afim de que ele possa ter maior aproveitamento das disciplinas disponibilizadas no formato EaD. As informações que permeiam o aluno são peças chave na adaptação e consistem em dados estáticos e dinâmicos. Estáticos pois possuem a identificação do aluno perante o sistema, preferências e estilo de aprendizagem que não se alteram constantemente. Já informações contextuais que podem ser obtidas através da utilização do dispositivo móvel, como nível de bateria, tipo de conexão, dificuldades que o aluno encontra em alguma disciplina, localização, entre outras, são caracterizados como dados dinâmicos. Tantos dados estáticos como dinâmicos alimentarão uma base de conhecimento que auxiliará a adaptação de objetos de aprendizagem para as necessidades e perfil do aluno.

1.4 Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo, chamado *EduAdapt*, que permite adaptar objetos de aprendizagem considerando o contexto do aluno. Para que esse objetivo seja alcançado, o modelo proposto faz uso de tecnologias móveis, objetos de aprendizagem e métodos de coleta de contexto via dispositivo móvel. O contexto citado abrange informações do aluno como estilo de aprendizagem, características do dispositivo e necessidades ao longo das suas atividades em sistemas LMS. Com as informações contextuais coletadas, serão fornecidos ao aluno, através do dispositivo móvel, objetos de aprendizagem adaptados às suas necessidades. Por fim, espera-se fornecer um modelo e verificá-lo através da implementação de um protótipo (WAINER, 2007). Como resultado final espera-se que este modelo possa proporcionar ao aluno maiores artefatos para aprimorar seu aprendizado.

1.5 Organização do Trabalho

O presente trabalho está organizado na seguinte sequência. O capítulo 2 apresenta os conceitos básicos que são essenciais para a compreensão do modelo proposto. O capítulo 3 traz uma lista com os principais trabalhos acadêmicos que buscam realizar, dentro dos seus respectivos interesses, inovações na área de educação móvel, de onde se observa a adaptação de recursos. No capítulo 4 descreve o modelo que envolve a adaptação de objetos de aprendizagem de acordo com o contexto do aluno. O capítulo 5 apresenta a

implementação inicial do protótipo que representa o modelo, com amostras da aplicação para o dispositivo do aluno (chamado *Adapt*) e servidor, este último responsável pela adaptação. Neste capítulo, também é apresentada a ontologia *OntoAdapt*, que auxilia o processo de adaptação de objetos de aprendizagem. O capítulo 6 descreve uma avaliação do modelo proposto e da ontologia *OntoAdapt*, utilizando para isto, métricas que avaliam a qualidade e fidelidade da ontologia com os termos na qual ela se propõe a representar. Para finalizar, são apresentados no capítulo 7 o desfecho e as contribuições desta pesquisa.

2 A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E A TECNOLOGIA MÓVEL E UBÍQUA

Neste capítulo serão apresentados os principais temas envolvidos na pesquisa, com a finalidade de elucidar todos os conceitos compreendidos na construção do objetivo final. A ordem dos conceitos apresentados segue a evolução natural da área de educação móvel e ubíqua, com uma introdução dos assuntos que posteriormente serão abordados com maiores detalhes.

A partir da popularização de tecnologias da Web que suportam a comunicação entre as pessoas e o compartilhamento de informações, a *educação a distância* tornou-se virtual. Os conteúdos educacionais estão disponíveis em diversos formatos e possíveis de serem acessados por diferentes recursos tecnológicos.

Esses conteúdos, no qual destacam os *Objetos de Aprendizagem*, possibilitam o acesso à informação através de vários formatos eletrônicos de educação, como o *e-learning*, o *m-learning* e *u-learning*. Este último, surgiu a partir de conceitos fundados na *Computação Ubíqua e Sensível ao Contexto*.

Para que sistemas ubíquos tenham o mínimo de intervenção do usuário, sua estrutura de software deve permitir dados sensíveis ao contexto, isto é, utilizando informações do ambiente e do próprio usuário e adaptar ao seu comportamento, afim de melhor satisfazer suas expectativas (GOMES, 2007). Essas informações contextuais (como por exemplo, o estilo de aprendizagem) são importantes para identificar características que possam levar a adaptação de conteúdo educacional adequado ao aluno (ZAINA; BRESSAN, 2012). A adaptação, por sua vez, pode fazer uso de *Ontologias* para descrever o aluno, seu dispositivo e informações contextuais, para com isso, executar as modificações nos objetos de aprendizagem (TONG; LIU; LIU, 2010).

Nas seções a seguir cada tema envolvido na pesquisa será discutido detalhadamente.

2.1 Tecnologia móvel em apoio à Educação a distância

Com o surgimento das redes sem fio e a popularização dos dispositivos móveis com acesso à Internet, a mobilidade pode ser estendida para as áreas de ensino, afim de facilitar o processo de aprendizagem. A aplicação de tecnologia no ensino é chamado de *e-learning* e envolve o uso intensivo de informação e comunicação para servir, facilitar e favorecer o aprendizado (QUINTA, 2011).

Atualmente são conhecidos dois modelos de ensino. O primeiro, mais tradicional, é realizado em um ambiente físico e em horários fixos, com a presença de um professor que ministra a aula e atribui atividades aos alunos (GEORGIEV; GEORGIEVA; SM-RIKAROV, 2004). O segundo modelo, conhecido como ensino a distância, permite que professor e alunos estejam separados por tempo e localização, ou ainda, os alunos podem estar reunidos em uma sala enquanto o professor pode estar fisicamente distante (EL-

GHAREEB, 2009). Com o avanço de tecnologias como a Internet, o ensino a distância se tornou mais ágil, facilitando o aprendizado e a interação com o professor. Esse modelo de aprendizagem passou a ser eletrônico (*e-learning*) e agora o professor e os alunos continuam distantes e separados temporalmente, porém, se comunicam através da Internet (MIKIC; ANIDO, 2006).

Geralmente, a comunicação entre professor e alunos em um modelo de aprendizagem *e-learning*, juntamente com o gerenciamento do processo educacional, é realizada através de Sistemas de Gestão de Aprendizado (Learning Management System - LMS). O LMS é composto pelas seguintes funcionalidades: publicar, montar e gerenciar o conteúdo educacional, bem como, distribuir esses conteúdos para os alunos cadastrados, além de possuir ferramentas de *chat* e listas de discussões.

O aumento significativo de dispositivos móveis proporcionou o surgimento do que é chamado de *Mobile Learning* ou *m-Learning*. O *m-Learning* é caracterizado pelo uso de dispositivos móveis como *tablets*, *notebooks*, *smartphones*, celulares e qualquer outro dispositivo que possa estar conectado à uma rede sem fio, e que traga mobilidade no transporte e facilidade na utilização (MIKIC; ANIDO, 2006; REVEIU; SMEUREANU; DARDALA, 2008; OZDAMLI; CAVUS, 2011). Em um cenário onde o *m-learning* se faz presente, o dispositivo sempre está com o estudante, eliminando as distâncias geográficas e provendo colaboração com outros grupos de estudantes. Dentre as características importantes do *m-learning* são destacadas: interatividade, colaboração e a informação instantânea (BATISTA et al., 2011).

Mesmo com a potencialidade do *e-learning* e a mobilidade proporcionada pelo *m-learning*, existe a necessidade do dispositivo e aplicação considerarem informações que estão disponíveis no ambiente do aprendiz para que o conteúdo a ser fornecido para o aluno seja o mais adequado, levando em conta o contexto e as suas características educacionais (CLAUDIO; MILTON; NETO, 2011). Com esta visão, surge o *Ubiquitous Learning* ou *u-learning* com o propósito de auxiliar o aprendizado do aluno de forma transparente em qualquer lugar, em qualquer momento e situação. Tendo base nos fundamentos de Weiser (1999), o *u-learning* é caracterizado como uma inovação na área da educação (TSAI; TSAI; HWANG, 2011). Tais inovações que esta tecnologia proporciona incluem mobilidade, sensibilidade à localização, adaptabilidade, imediatismo e acessibilidade (TSAI; TSAI; HWANG, 2011). Em um sistema *u-learning*, os alunos não estão somente visualizando o conteúdo disponível no LMS, como ocorre no caso do modelo de aprendizagem *m-learning*, mas sim estão considerando as características que estão presentes no mundo real através da sensibilidade do contexto. *Contexto*, de acordo com Dey, Abowd e Salber (2001) é definido como:

“Qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de entidades que são consideradas relevantes para a interação entre o

usuário e uma aplicação, incluindo o usuário e a própria aplicação.”

O contexto é composto por informações presentes no cotidiano e no ambiente do usuário, capturado com ajuda de sensores e manipulado por sistemas sensíveis ao contexto. Sensibilidade ao contexto habilita as aplicações a automaticamente adaptar-se à aspectos de contexto como a localização, tempo e atividades do usuário (SATYANARAYANAN, 2001; HENRICKSEN; INDULSKA, 2006).

Para *u-learning*, o sistema deve estar baseado em três fundamentações: aluno, conteúdo e conhecimento de contexto (BARBOSA; HAHN; RABELLO, 2007). Em relação ao aluno, deve-se identificar os conhecimentos que o aluno possui e os interesses do mesmo em termos de aprendizado. Quanto ao conteúdo é necessário que estes estejam acessíveis em qualquer lugar e momento, disponíveis em diversos formatos de mídia. E por fim, o contexto é composto por qualquer informação acerca do aluno, informação esta, que pode ser utilizada para caracterizar a situação de um indivíduo, lugar ou objeto considerado importante para o aprendizado do mesmo (HERVÁS et al., 2006).

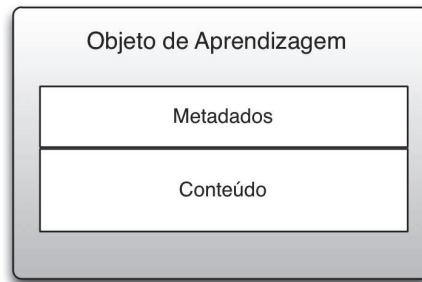
Nesse sentido, o contexto se faz útil para auxiliar a adaptação de objetos de aprendizagem às características do dispositivo que o usuário utiliza.

2.2 Objetos de Aprendizagem

Existem muitas definições para os objetos de aprendizagem (OA). Os trabalhos de Wiley (2000), Duval, Tom e Hodgins (2002) e Chikh (2014), são exemplos dessas definições. Todas as definições encontradas nesses artigos evidenciam um ponto em comum, a característica que justifica o uso de objetos de aprendizagem: a reusabilidade. Esse ponto em comum é uma característica que garante que um bloco de conteúdo digital possa ser utilizado e aplicado à diversos propósitos educacionais, como lições, módulos, cursos ou disciplinas em diferentes configurações. Nesse sentido, um OA pode ser um pequeno objeto que contenha um simples parágrafo, explicando um determinado assunto ou um grande arquivo de conteúdo escrito, mídia (animações, áudio, vídeo, software, *Applets*), que pode ser reutilizado em uma composição com outros objetos afim de transformar em um único objeto. Para que o aluno tenha acesso aos OAs, educadores e desenvolvedores de materiais de ensino devem criar esses objetos e disponibilizar (em sistemas destinados para tal, como o LMS, ou repositórios específicos) para seus alunos ou para a comunidade em geral, como forma de complementar o aprendizado.

Afim de facilitar a consulta a identificação, o armazenamento e o conhecimento da composição do OA é necessário utilizar *metadados* (Figura 2). Os metadados para os OAs são estruturas externas de informação que indicam, basicamente, a descrição da unidade de aprendizagem (conteúdo do OA), o propósito/objetivo e para quais plataformas o OA pode ser utilizado (LOPEZ et al., 2012). Além de descrever o OA, o metadado proporciona

Figura 2: Modelo do formato Objeto de Aprendizagem



Fonte: Criado pela autora

interoperabilidade, identificação, compartilhamento, integração, utilização, reutilização, gerenciamento e recuperação (VICARI et al., 2010a). Para que esses metadados sejam compartilhados entre diversos ambientes de aprendizagem, como os LMS, é necessário que sejam padronizados, afim de possibilitar a troca de informações. Existem diversos padrões de metadados para OA. A literatura destacam os seguintes padrões (VICARI et al., 2010b; MENOLLI; REINEHR; MALUCELLI, 2012):

- **LOM (Learning Objects Metadata):** Criado pela *IEEE*¹, esse modelo possui cerca 80 elementos para descrever os objetos de aprendizagem;
- **Dublin Core Metadata:** Define apenas 15 elementos. Pode ser utilizado por qualquer recurso digital, não se restringindo apenas aos objetos de aprendizagem ²;
- **CanCore:** É um subconjunto do LOM, que tem como objetivo diminuir a complexidade e a ambiguidade, que são um grande problema do formato LOM (ROBERTS; FRIESEN; FISHER, 2002);
- **SCORM - (Sharable Content Object Reference Model):** Consiste em uma coleção de padrões e especificações destinadas ao *e-learning*. Este modelo introduz a ideia de sequenciamento, que consiste em um conjunto de regras que especificam a ordem na qual o aprendiz terá contato com o conteúdo (MENOLLI; REINEHR; MALUCELLI, 2012).

Dentre os padrões citados, o LOM é o mais utilizado (BROOKS; MCCALLA; WINTER, 2005). Com uma estrutura hierárquica que inclui elementos como nomes, definições, tipos de dados, taxonomias, vocabulários, entre outros, o padrão LOM, define mais de 70 atributos agrupados em nove categorias (DUVAL; TOM; HODGINS, 2002). Essas categorias são apresentadas na Tabela 1, seguidas de uma breve descrição do que cada uma comporta.

¹http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf

²Dublin Core Metadata - <http://dublincore.org>

Tabela 1: Categorias do LOM

Categoria	Descrição
General	Contém a informação geral do recurso.
Lifecycle	Esta categoria está relacionada com o histórico e o estado corrente do recurso.
Meta-metadata	Contém as informações sobre o metadado em si.
Technical	Categoria que contém as características e requisitos técnicos do recurso.
Educational	Define as características educacionais e pedagógicas do recurso.
Rights	Contém as informações sobre os direitos e propriedade intelectual no uso do recurso.
Relation	Define o relacionamento com outros objetos de aprendizagem.
Annotation	Notas ou comentários sobre o uso educacional do objeto.
Classification	Categoria que é geralmente utilizada para indicar uma composição de um OA com outros objetos de aprendizagem.

Fonte: Adaptado de (DUVAL; TOM; HODGINS, 2002)

Devido à quantidade de categorias e elementos que compõe o padrão LOM ele se torna o mais completo metadado para descrever um OA. Porém, devido a essa quantidade de informações é considerado muito difícil de ser utilizado (VICARI et al., 2010b).

Ainda entre os padrões de metadados, vale citar o padrão OBAA (*Agent Based Learning Objects*), que é a primeira iniciativa brasileira de padronização de OA. Com o objetivo de estabelecer um padrão de especificação técnica e funcional para produção, edição e distribuição de OAs através da Web, dispositivos móveis e televisão digital.

Figura 3: Estrutura do metadado OBAA



Fonte: (VICARI et al., 2010b)

A estrutura do OBAA (Figura 3), consiste em uma extensão do modelo LOM com a adição de quatro categorias que propõe a adequação do modelo em termos de tecnologia, educação, acessibilidade e segmentação. A vantagem do uso desse padrão de OA é a compatibilidade com outros padrões de metadados como o LOM, Dublin Core e o MPEG-7 além da interoperabilidade e suporte a novas tecnologias.

Os padrões vistos aqui auxiliam na descrição do objeto e ajudam na identificação das características do objeto em si, como o assunto que engloba o tipo de mídia, o estilo cognitivo na qual o objeto é mais adequado, entre outros.

2.3 Adaptação

Na Computação Ubíqua, a adaptação é compreendida como um processo reativo causado por um evento específico ou um conjunto de eventos em um contexto, com o objetivo de aprimorar a qualidade do serviço percebido pelo usuário final (KAKOUSIS et al., 2010). Por sua vez, Satyanarayanan (1996), diz que a *adaptação* é a chave para a mobilidade e se faz necessária, tendo em vista, que a maioria dos recursos disponíveis na Internet são destinados a computadores fixos e não preparados para dispositivos móveis. Kakousis et al. (2010) define ainda que um sistema adaptável ao conteúdo deve possuir a habilidade de se alterar e se auto-reconfigurar, como resultado de modificações contextuais para entregar o mesmo serviço de diferentes formas quando requisitados em diferentes contextos e em pontos no tempo. Sendo assim, o processo de adaptação de contexto é definido em três fases: seleção, geração e modificação. Essas fases devem ocorrer de forma invisível e não obstrutiva entregando ao usuário o conteúdo personalizado (QUINTA, 2011). Com a seleção de conteúdo definido, o sistema deve analisá-lo em todos os aspectos do contexto recebido, para assim formular uma estratégia de adaptação adequada ao usuário e finalmente entregar o objeto a ele.

Para a adaptação de objetos de aprendizagem, algumas questões devem ser analisadas. O método de entrega do conteúdo deve ser o menos oneroso, tanto em questões de tempo (*Exemplo: quanto tempo o conteúdo adaptado vai estar disponível para o usuário?*), o local em que esse conteúdo vai ser processado, como será armazenado, entre outras questões que podem resultar ao modelo vantagens e/ou desvantagens.

Afim de esclarecer essas questões, Fox e Clarke (2009) definiram 4 tipos de adaptações:

- **Estática:** São adaptações que ocorrem antes das requisições. Esse tipo de adaptação demanda um maior processamento do servidor e maior alocação de espaço físico, mas de certa forma é mais vantajosa para o usuário, já que a conversão estará pronta no servidor. Esta forma de adaptação é adequada para os contextos grandes que podem prejudicar a experiência do usuário;
- **Dinâmica:** Na adaptação dinâmica, a conversão ocorre durante o processo de requisição realizada pelo usuário. Este tipo de estratégia demanda um tempo maior de resposta, podendo necessitar de maior poder de processamento para minimizar a espera do usuário;
- **Paramétrica:** Esta técnica é obtida através de ajustes predefinidos em entidades de software, tais como componentes, serviços ou métodos. Isso torna a configuração

inflexível devido a uma dependência de valores e parâmetros pré-definidos;

- **Composicional:** Esta técnica utiliza inserções e substituições de unidades funcionais. Essas unidades funcionais são componentes ou conjuntos de componentes e serviços.

A localização onde a adaptação ocorre também deve ser levada em consideração. De acordo com Reveiu, Smeureanu e Dardala (2008), os locais de adaptação são classificados como:

- **Fornecedor (Servidor):** O servidor recebe recursos com os parâmetros para o processamento do contexto a ser retornado. Porém, o fato de ser unificado no servidor pode causar lentidão graças a inúmeras requisições momentâneas;
- **Receptor (Cliente):** De acordo com o autor, não é muito recomendado resolver a adaptação no cliente pois a adaptação poderia gerar erros, visto que o dispositivo pode não ter capacidade para o processamento necessário ou talvez não haja rede suficiente para a atividade;

Em alguns casos, devido às restrições de desempenho ou de software, conversões são necessárias e, em outros casos, a versão adaptada do conteúdo já existe e não faz sentido desperdiçar processamento e/ou armazenamento. Para a decisão da necessidade de conversão, existem duas alternativas: a trivial e a não trivial (QUINTA, 2011). A alternativa trivial leva em conta a existência ou não da versão adequada para o contexto do usuário. Se a versão existe é simplesmente entregue, caso contrário a conversão é realizada. Na versão não trivial são utilizados algoritmos de decisão, como árvores de decisão, para o auxílio da indicação da melhor forma de entrega do conteúdo para o usuário final.

Com o objeto escolhido e com a necessidade de efetuar a adaptação é necessário responder à seguinte pergunta: “Como será realizada a adaptação de mídia?”. Quinta (2011) descreve os tipos de adaptações possíveis, tais como: *Alteração de Escala*, *Alteração de formato* e a *Alteração de Modo*. A *Alteração de Escala* é praticamente a redução ou ampliação do conteúdo sem alterar o mesmo. A *Alteração de Formato* é a transformação de conteúdo em uma dada codificação para outra, compatível com as aplicações destino. E por fim, a *Alteração de Modo* consiste em transformar o arquivo em algum outro ou na união de vários arquivos. Esta é uma adaptação complexa pois pode haver a necessidade de intervenção humana.

Para a adaptação ao contexto, vários trabalhos fazem o uso de *Ontologias* como forma de modelar o contexto do aluno e ambiente. Os trabalhos de Yarandi, Jahankhani e Tawil (2012), Tong, Liu e Liu (2010), Poveda-villalón, Suárez-figueroa e García-castro (2010) e Soyly et al. (2011) são exemplos da emprego da ontologia em sistemas de adaptação. Nesse sentido, os modelos baseados em ontologia seguem uma representação de conhecimento

complexa e proveem uma semântica formal para o contexto, favorecendo o compartilhamento e/ou a integração de informações contextuais (POVEDA-VILLALÓN; SUÁREZ-FIGUEROA; GARCÍA-CASTRO, 2010).

2.4 Estilo de Aprendizagem

O estilo de aprendizagem, base de estudos de Felder e Silverman (1988), propõe um modelo que classifica os processos de recepção e processamento da informação, e classificam estilos que caracterizam as diferentes formas de perceber, processar e reter a informação (KURI, 2006). Através do uso desse modelo, educadores podem compreender melhor o processo de aprendizagem de seus alunos e com isso procurar formas de aperfeiçoamento de metodologias de ensino. Para identificar o estilo de aprendizagem do aluno é aplicado o Índice de Estilos de Aprendizagem (*Index of Learning Styles - ILS*) elaborado por Solomon e Felder (2013). O ILS é um questionário composto por 44 questões divididas em 4 dimensões com 11 questões cada. Segundo trabalhos que aplicam o questionário (SENRA, 2009; SANTOS; MOGNON, 2010; MACHADO et al., 2001) e principalmente dos próprios desenvolvedores (SOLOMAN; FELDER, 2013), cada dimensão tem o seguinte significado:

- **Ativo e Reflexivo:** Os alunos ativos tendem a compreender melhor as informações discutindo ou aplicando conceitos ou explicando-as para outros. Já alunos reflexivos necessitam de um tempo para refletir sobre a informação;
- **Sensorial e Intuitivo:** Alunos sensoriais preferem aprender fatos, solucionar problemas com métodos bem estabelecidos sem complicações e surpresas e que estejam relacionados ao mundo real. Os Intuitivos preferem conceitos, abstrações, fórmulas matemáticas, problemas que exigem raciocínio inovador e não apreciam repetições;
- **Visual e Verbal:** Esta dimensão reflete a forma de captação da informação. Alunos visuais relembram melhor o que viram - figuras, diagramas, fluxogramas, filmes e demonstrações; enquanto os alunos verbais possuem mais facilidade com explicações orais e escritas;
- **Sequencial e Global:** Determina como deve ser a ordem de apresentação de um conteúdo. O aluno com o estilo predominante sequencial prefere que as informações sejam apresentadas de forma progressiva. Já o global prefere ter uma visão do todo, absorvendo o conteúdo aleatoriamente sem visualizar as conexões para, então, “compreender” tudo repentinamente.

Na literatura existem outras propostas para analisar os estilos de aprendizagem dos alunos (FELDER; BRENT, 2005). Porém, foi escolhido o questionário de Felder e Silverman por ser o mais aplicado pela comunidade acadêmica (AKBULUT; CARDAK, 2012).

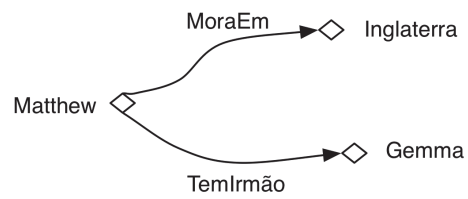
Em âmbito nacional, o questionário de Felder e Soloman não possui uma versão oficial traduzida para o português, porém, trabalhos nacionais realizaram a tradução e aplicam o questionário em diversos cenários (DUNCAN, 2012; SANTOS; MOGNON, 2010; CATHOLICO; NETO, 2008; MACHADO et al., 2001; ROSÁRIO, 2006). Quanto a validação do questionário, Felder e Spurlin (2005) apresentam estudos que concluem que o questionário é válido e confiável. Porém, para versões não nativas do inglês, o questionário deve ser aplicado com cuidado já que algumas das questões podem gerar dúvidas (devido a tradução) e não apresentarem resultados confiáveis (SANTOS; MOGNON, 2010).

2.5 Ontologia

Devido a existência de um grande número de dados esparsos na Internet, torna-se importante a utilização de técnicas para aprimorar o tratamento e a disposição destes dados. As informações estão, por muitas vezes, dispersas em diversos recursos e o meio para resgatar essas informações é através de motores de busca. Contudo, esses motores de busca não retornam dados com informações semânticas. Retornam apenas listas de recursos/dados que dependem da classificação manual realizada pelo usuário. Para incorporar semântica e organização nos dados é que se tem empregado ontologia. O termo ontologia, introduzido por Aristóteles, tem origem na Filosofia. Nessa área, a ontologia tenta responder questões sobre a natureza do ser e da metafísica. Na Computação, o termo foi adotado pelas comunidades de Inteligência Artificial, para descrever ou representar áreas de conhecimento. A ontologia, de acordo com Gruber (1993) e Hilera e Ruiz (2006), é uma especificação explícita de uma conceitualização, ou seja, uma representação de um domínio de conhecimento. A ontologia é formada pelos seguintes itens:

- **Classes:** Representam o conceitos do domínio.
- **Instâncias:** (também conhecidos como *Indivíduos*) Consiste na associação de exemplos concretos com cada conceito. Na Figura 4, Matthew, Inglaterra e Gemma são exemplos de instâncias ;
- **Propriedades:** São relações binárias entre indivíduos. A Figura 4 ilustra duas propriedades: *MoraEm* que ligam os indivíduos **Matthew** e **Inglaterra** e *TemIrmão* que liga os indivíduos **Matthew** e **Gemma**.
- **Axiomas:** São restrições aplicadas a certos elementos da ontologia, são necessárias para especificar completamente o domínio de conhecimento.

Figura 4: Representação de propriedades



Fonte: Adaptado de (HORRIDGE, 2009)

O uso de ontologias traz vantagens como: *i*) compartilhamento de conhecimentos comuns da estrutura da informação entre pessoas ou agentes de software; *ii*) reutilização de conhecimento do domínio; *iii*) utilização para fazer inferências sobre domínio; *iv*) auxílio na separação do conhecimento do domínio e dos conhecimentos operacionais; *v*) forma de análise do conhecimento acerca do domínio (NOY; MCGUINNESS et al., 2001).

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta cinco modelos voltados à educação ubíqua que visam a adaptação de conteúdos educacionais através do uso de contexto do usuário em ambientes móveis. As características utilizadas para a escolha dos trabalhos foram as seguintes:

- Quanto ao emprego de contexto;
- Quanto aos mecanismos utilizados para realizar a adaptação;
- Quanto ao uso de dispositivos móveis;
- Quanto ao uso de objetos de aprendizagem preferencialmente de bases externas;

Nas seções seguintes serão apresentados cada um dos trabalhos relacionados, bem como, uma análise comparativa destacando as principais lacunas identificadas.

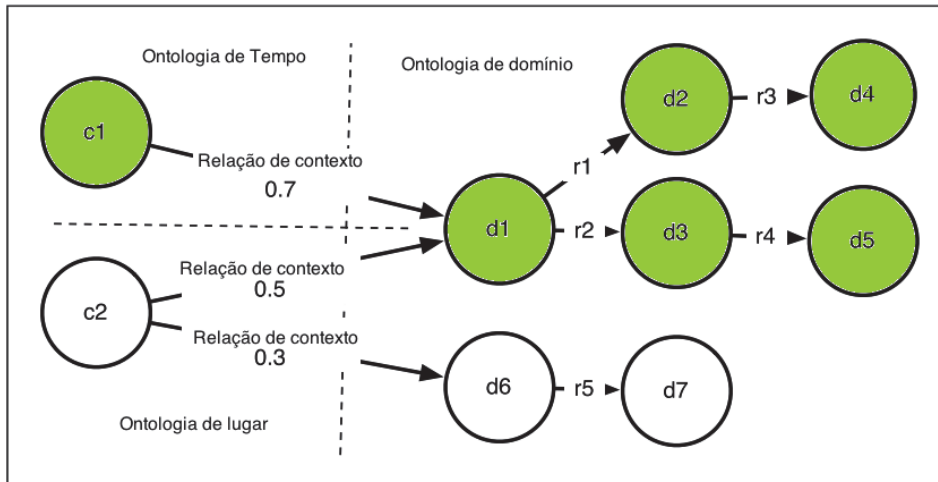
3.1 SPREADR

O artigo escrito por Hussein e Westheide (2005) apresenta o *SPREADR* (*Spreading Activation Driven Reasoning*). O SPREADR consiste em um mecanismo integrado de adaptação para aplicações web que faz uso de ontologias para representar o contexto do usuário como a localização e histórico. Para a construção do SPREADR, os autores modelam o contexto utilizando cinco categorias:

- **Usuário e Regras:** Usuários individuais ou grupos de usuários são definidos de acordo com suas diferentes regras;
- **Tarefas:** Tarefas orientadas ao contexto;
- **Localização:** Localização física ou virtual do usuário;
- **Tempo:** Dia da semana ou hora;
- **Dispositivo:** Informações sobre dispositivo do usuário.

A ideia principal do modelo SPREADR é que todos os itens de domínio estão semanticamente ligados uns aos outros em uma ontologia. Esses itens, com adição do contexto, são aplicados em uma rede chamada *Spreading Activation*, onde cada nodo possui um valor de ativação, que representa o grau de importância na rede. Através do grau de importância de um determinado nodo e sua ativação, é possível realizar vários tipos de adaptação dentro de uma aplicação web, como por exemplo: organização do menu de navegação de acordo com o histórico de uso do usuário; recomendação de itens ou simplesmente, ajuste de cores de acordo com o contexto (HUSSEIN; ZIEGLER, 2008). A

Figura 5: Conectando fatores de contexto ao modelo de domínio



Fonte: (HUSSEIN; ZIEGLER, 2008)

Figura 5 exibe um exemplo de ativação de um fator de contexto e os modelos de domínio acionados.

Para o SPREADR fatores de contexto são dependentes do domínio da aplicação. Podem incluir localização, tempo, regras do usuário ou qualquer outra informação contextual importante. A técnica utilizada para adaptação no modelo SPREADR é conhecida como Adaptação por *Spreading Activation* (HUSSEIN; WESTHEIDE, 2005).

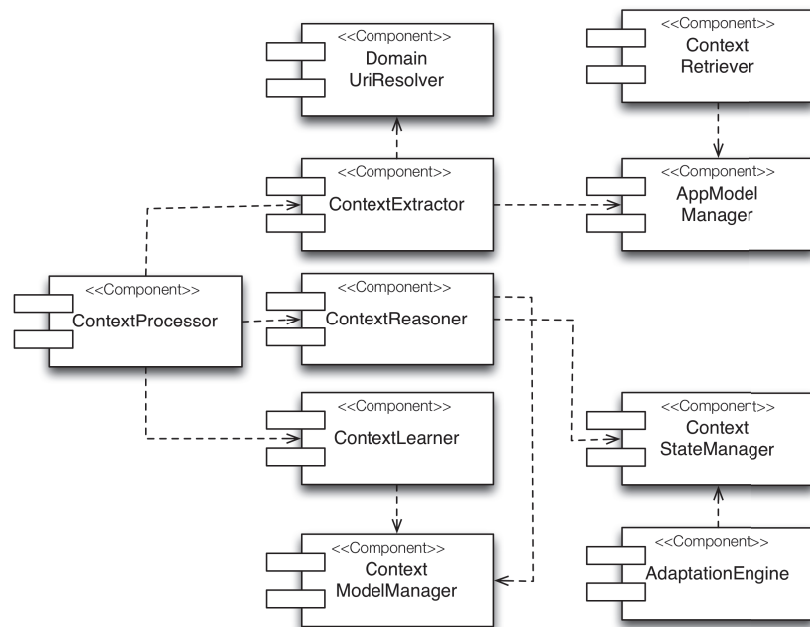
Spreading Activation é um conceito que surgiu em 1975 e visa a utilização de uma rede associativa em busca do melhor nó (DELL, 1986). No sistema apresentado, a ativação se espalha dentro do modelo de domínio, começando com itens que estão relacionados com os fatores de contexto atualmente ativados. Dessa forma, é possível explorar as relações existentes no domínio e reduzir a complexidade da busca. Utilizando o conceito de relacionamentos entre nós e *nodos contextuais* e aplicando isso em uma rede, é possível gerar recomendações adaptadas ao contexto. Para elaborar essa rede é utilizado o algoritmo *branch-and-Bound* que é, de acordo com os autores, o algoritmo que traz o maior desempenho. A rede funciona da seguinte forma: quando uma nova sessão tem início, a rede é inicializada. A rede inicialmente é igual para todos os usuários, estruturalmente e semanticamente; a individualização ocorre pela soma da importância de um determinado item de acordo com o perfil do respectivo usuário. Para uma relação r entre dois nós i e j com um valor de importância elevado indica que essa relação é muito importante para o usuário; para os demais essa relação pode não vir a ser tão relevante.

Inicialmente cada nó tem um valor de ativação inicial em 0. Ao selecionar o conteúdo de um determinado nó e através de fatores de contexto, os nós de ativação são inicializados. Mediante,sa a uma solicitação de adaptação de conteúdo os contextos capturados são armazenados nos nós iniciais (folhas) e a partir disso, é inicializado o processo de ativação do espalhamento de valores de ativação (*Spreading Activation*).

Como resultado, certos conceitos e instâncias que são importantes podem vir a serem utilizadas para efeito de adaptação e outros que não são importantes são armazenados para possíveis futuras adaptações.

Hussein e Westheide (2005) propuseram um *framework* que realiza a tarefa de adaptação de conteúdos. O Framework tem como foco no reconhecimento, raciocínio e aprendizado sobre o contexto promovendo assim serviços de adaptação. A Figura 6 ilustra a arquitetura proposta pelos autores.

Figura 6: Arquitetura de componentes utilizados no SPREADR



Fonte: (HUSSEIN; WESTHEIDE, 2005)

Cada componente tem a seguinte função:

- **Context Processor:** É responsável por inicializar e controlar o processamento de contexto de uma requisição;
- **Context Extractor:** Tem como função principal, extrair a informação de contexto que são disponibilizados em um objeto *HttpServletRequest*. A informação extraída é utilizada como fator de contexto. Cada fator é atribuído a uma categoria (usuário e regras, tarefas, localização, tempo e dispositivo) com um nível de ativação no intervalo $[0,1]$;
- **Context Reasoner:** Esta classe é responsável por ativar fatores de contexto adicionais, baseados em decisões passadas e nas atuais;
- **Context State Manager:** Este componente manipula o estado de contexto passado e atual de um usuário;

- **Context Model Manager:** É responsável pela gestão de um modelo de contexto específico para um determinado usuário. Ele analisa possíveis mudanças no contexto podendo adaptá-lo ou reutilizá-lo para algum outro usuário, utilizando para isso o componente *Context Learner*;
- **Context Learner:** É acionado pelo *Context Model Manager* podendo ser opcionalmente inicializado pelo *Context Processor* para armazenar o modelo de contexto atualizado.

Para a adaptação de contexto os seguintes componentes são utilizados:

- **Domain URI Resolver:** Consiste em um componente utilitário que resolve as URIs para um item ou para algum conceito da ontologia;
- **Content Retriever:** Componente especial que possui as regras que determinam como deve ser desenvolvida a aplicação web;
- **Adaptation Engine:** Provê conteúdo e serviços para os componentes que são responsáveis pela criação da página web.

3.2 e-Sikshak

Com o objetivo de fornecer um conteúdo adaptado para dispositivos móveis, baseado nas capacidades do dispositivo, no perfil do usuário voltado para o *u-learning* foi desenvolvido um modelo chamado e-SikShak (PARUPALLI; NELATURU; JAIN, 2011). Os autores consideram a adaptação de conteúdo como um processo de seleção, geração ou modificação de conteúdo. Esse conteúdo pode ser do tipo texto, vídeo ou animação. A adaptação, além de poder ser aplicada nos formatos de arquivos, pode ocorrer também dentro das próprias mídias. Por exemplo, o modelo permite a redução de tamanho ou resolução podendo ser aplicada em toda a mídia ou em partes específicas. No modelo são utilizadas as tecnologias como CC/PP (*Composite Capcities/Preferences Profiles*) e WURFL (*Wireless Universal Resource file*) que auxiliam na adaptação e na negociação de conteúdo.

A negociação de conteúdo, para os autores, significa uma troca de informações levando a uma seleção apropriada na transferência de recursos de dados. Isso ocorre pelo uso do protocolo HTTP que possui mecanismos de negociação (armazenado no cabeçalho da mensagem do protocolo HTTP) de conteúdo, no qual o navegador indica os tipos de informações permitidas e o servidor envia o conteúdo com base nas informações recebidas do navegador. Dados do navegador e usuário podem ser enviados junto com os cabeçalhos de solicitação HTTP para melhor compor o conteúdo enviado. Embora seja uma alternativa interessante e que já está amplamente propagada, carece de informações de contexto e características do dispositivo, além de ser um formato limitado para enviar informações.

Os formatos de descrição (CC/PP e UAProf (*User Agent Profile*)) utilizados no modelo, são baseados em RDF (*Resource Description Framework*) e são eficientes por serem leves no envio em redes *Wireless* com pouca largura de banda (PARUPALLI; NELATURU; JAIN, 2011). O CC/PP é um formato criado pela W3C (World Wide Web Consortium) que visa manter a descrição de dispositivo e descrição do usuário. Esta mesma propriedade (descrição de usuário e dispositivo) é também encontrada no formato UAProf, porém, UAProf é mantido pela *Open Mobile Alliance - (OMA)* e complementa o vocabulário encontrado no CC/PP.

Quanto ao processo de adaptação, os autores citam o trabalho de (RACCUGLIA et al., 2008), trabalho que descreve um *framework* para web, que suporta a linguagem *Extensible Presentation Language (XPL)* para adaptação de conteúdo para contextos diferenciados. Esse *framework* recebe as informações de contexto e armazena em um *profiler system* (sistema de perfil). A linguagem XPL é utilizada para criar a página web que será adaptada seguindo regras determinadas no sistema *Java Expert System Shell* que utiliza contexto de preferências e usuário no formato CC/PP e UAProf. É também utilizado para renderização das mídias, a biblioteca *DELI*, construída pela *HP Labs*.

Como protótipo da pesquisa, os autores desenvolveram um *middleware* para LMS para transformar conteúdos de aprendizagem para diferentes dispositivos. O sistema de gerência de conteúdo de aprendizagem utilizada é o *e-sikshak* que consiste em uma aplicação para vários idiomas semelhante ao *Moodle*. Para adaptar a interface de acordo com o contexto, é utilizado o *Mobile JSF*.¹

O Mobile JSF, é um *framework* que utiliza o JSF (*JavaServer Pages*) que tem como principal vantagem a habilidade de ter diferentes *renderkits*² que renderizam os componentes em diversas linguagens de marcação, como por exemplo a WML (*Wireless Markup Language*) ou a XHTML (*XHTML Mobile Profile*).

3.3 GlobalEdu

O GlobalEdu (BARBOSA, 2007) segue uma proposta pedagógica construtivista e interacionista que compreende o conhecimento como um processo em permanente construção, se transforma na interação do sujeito com o meio e a partir da ação do estudante sobre o conteúdo educacional. Como objetivo, o GlobalEdu pretende propiciar condições necessárias para que o aluno (no modelo denominado de Aprendiz) desenvolva conhecimento em qualquer lugar e momento, de forma adaptada ao seu perfil e contexto. Para isso, é considerado que o aprendiz é parte do processo, e ser autônomo responsável pela sua aprendizagem através dos conteúdos fornecidos (BARBOSA, 2007).

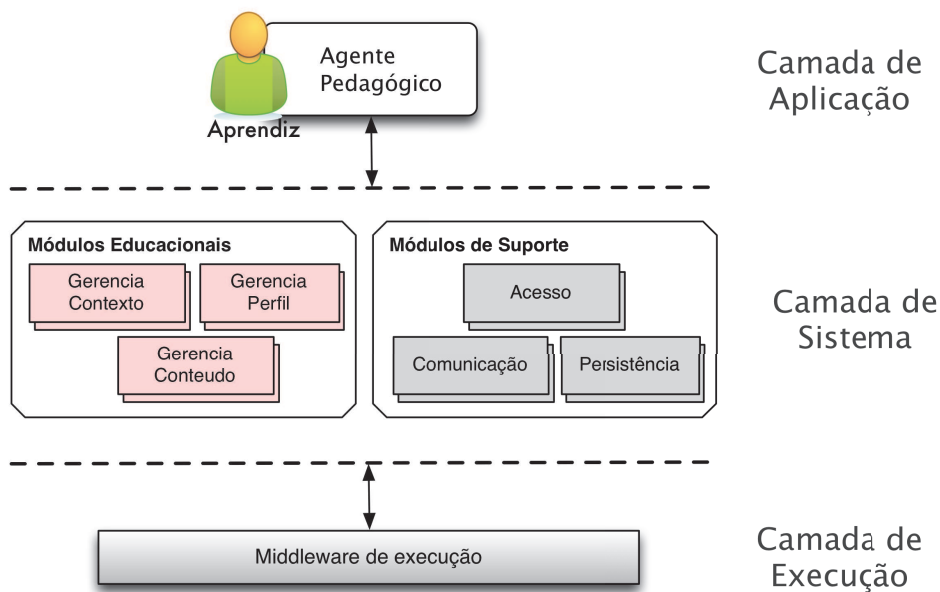
A atuação do GlobalEdu ocorre em duas frentes. Primeiramente, podendo enviar ob-

¹<http://mobiforge.com/book/mobile-jsf>

²Conjunto de elementos que possuem a habilidade de renderizar um conjunto de componentes para um tipo particular de cliente.

jetos de aprendizagem e promovendo o estímulo de interação entre os alunos (BARBOSA et al., 2013). Quanto a interação, o GlobalEdu proporciona ao aluno dois tipos de interação: por interesses similares e por interesses complementares. A interação do tipo tem como função encontrar alunos com interesses semelhantes com o mesmo contexto, e assim, proporcionar a interação entre eles. Na interação complementar, o GlobalEdu localiza alunos com interesses semelhantes para auxiliar entre si, de forma que um aluno possa ensinar algum conteúdo para outro aluno (BARBOSA et al., 2013).

Figura 7: Arquitetura do GlobalEdu



Fonte: Adaptado de (BARBOSA, 2007)

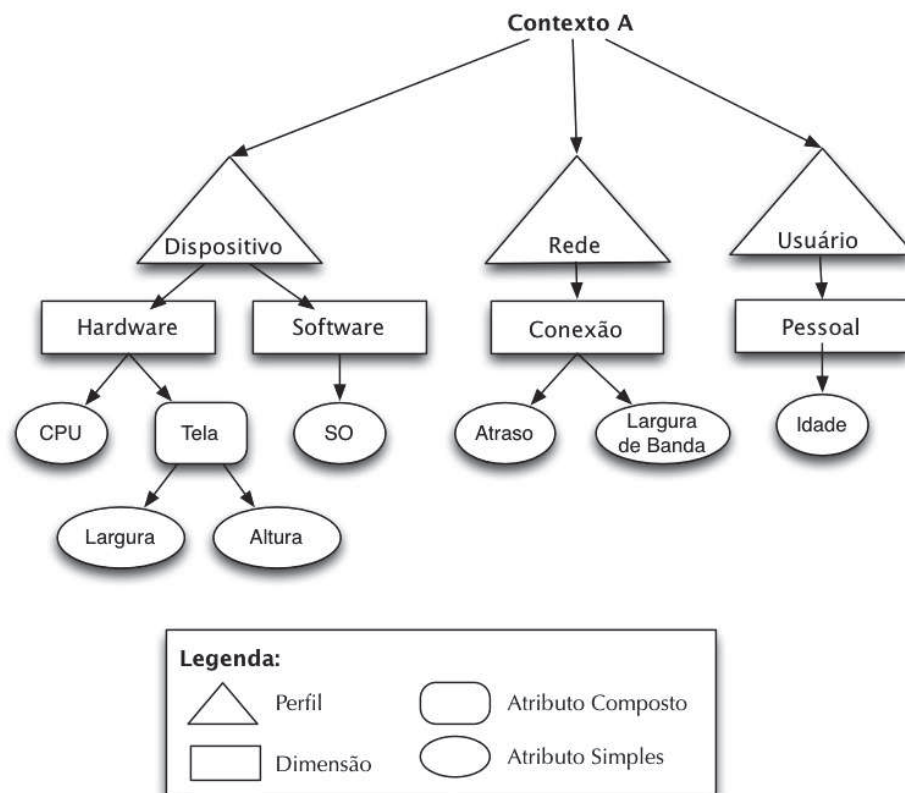
A arquitetura do GlobalEdu é composta por uma estrutura de 3 camadas, como apresentado na Figura 7. A camada de aplicação, representada por um Agente Pedagógico, tem como objetivo auxiliar a interação do aprendiz no ambiente. A camada seguinte, a Camada de Sistema, é composta por módulos que auxiliam o processo educacional do aprendiz no ambiente ubíquo. Esta camada é também responsável por manipular o contexto e perfil aluno, conteúdos educacionais, além de elementos que auxiliam a execução do Agente Pedagógico e dos recursos que ele manipula. A Camada de Sistema é subdividida em módulos Educacionais e de Suporte. Os módulos educacionais são responsáveis por armazenar as informações manipuladas no GlobalEdu e gerência-las, executando atividades relacionadas ao perfil do aprendiz, conteúdo e contexto. A camada de sistema também é responsável por informar o agente pedagógico sempre que uma informação relevante está disponível. Os Módulos de Suporte são responsáveis pelos elementos que auxiliam a comunicação do GlobalEdu com o *middleware* de execução, promovendo assim uma maior portabilidade para o GlobalEdu.

3.4 Fawis

O trabalho de De Virgilio, Torlone e Houben (2006) descreve uma técnica baseada em regras que pode ser utilizadas para especificar, em um modo declarativo, um modo de construir uma configuração que satisfaça os requerimentos de adaptação para um determinado perfil contextual. Duas noções são importantes para a pesquisa realizada: *perfil* e *configuração*. O *perfil* é utilizado para modelar uma variedade de contexto e suas características. A *configuração* descreve como construir os vários níveis de uma aplicação web (conteúdo, navegação e apresentação).

A configuração e o perfil são utilizados através de uma regra que especifica, em um modo declarativo, como construir uma configuração satisfazendo requerimentos de adaptação de um dado perfil. Essa técnica auxilia a combinação entre os contextos e regras, e garante uma extensa variedade de contextos. Para o *Perfil*, os autores utilizam uma representação gráfica para modelar as informações capturadas do contexto. Esta representação apresentada em De Virgilio e Torlone (2006) é chamada de *General Profile Model* (GPM) que procura conter características de outros modelos como CC/PP e RDF's.

Figura 8: Modelo de Contexto utilizado no Fawis



Fonte: Adaptado de (De Virgilio; TORLONE; HOUBEN, 2006)

A Figura 8 exhibe a modelagem de contexto que representa o perfil do usuário, do dispositivo e da rede. Um importante diferencial do *framework* apresentado é a possibilidade

de realizar comparações entre os perfis. Para isso é utilizado o símbolo \triangleleft que indica que um perfil é mais rico em detalhes que o outro. Por exemplo, $P1 \triangleleft P2$ indica que $P2$ é mais detalhado que $P1$, onde $P1$ e $P2$ são perfis do mesmo tipo.

O sistema proposto possui regras pré-definidas que são encarregadas por gerar as configurações adequadas, para que assim, seja gerado um conteúdo adequado. O formato de uma regra é dado por: $P_r : C_d \Rightarrow C_f$ onde P_r é o perfil do cliente (composto por características do dispositivo, perfil do usuário e perfil de rede) e C_d é uma condição verificada para gerar a configuração C_f , a qual contém os parâmetros que devem ser seguidos para gerar o conteúdo adaptado.

Para minimizar as verificações de regras, e assim ter um sistema mais ágil, é utilizado a técnica de *Clustering*. Onde cada *cluster* representa uma classe de regras que combinam os requisitos de contextos similares. O Clustering é organizado em uma árvore onde a raiz representa o perfil mais genérico. A Avaliação dos nodos é realizada através da pesquisa do nodo mais completo, ou seja, o perfil mais completo.

Com todas as técnicas descritas, os autores desenvolveram uma aplicação chamada *Flexible Adaptation of Web-based Information Systems - FAWIS*. O FAWIS possui um repositório de informações de dispositivos móveis utilizando a base de dados do WURF. Foi desenvolvido em JAVA e JENA³.

3.5 Odin

O *Odin*, consiste em uma ferramenta para adaptação de objetos de aprendizagem para diferentes dispositivos tanto móveis como dispositivos estáticos como TV digital ou *Desktop*(QUINTA; LUCENA, 2010). A adaptação ocorre através da conversão de arquivos, que pode ser realizada via agente humano ou computacional.

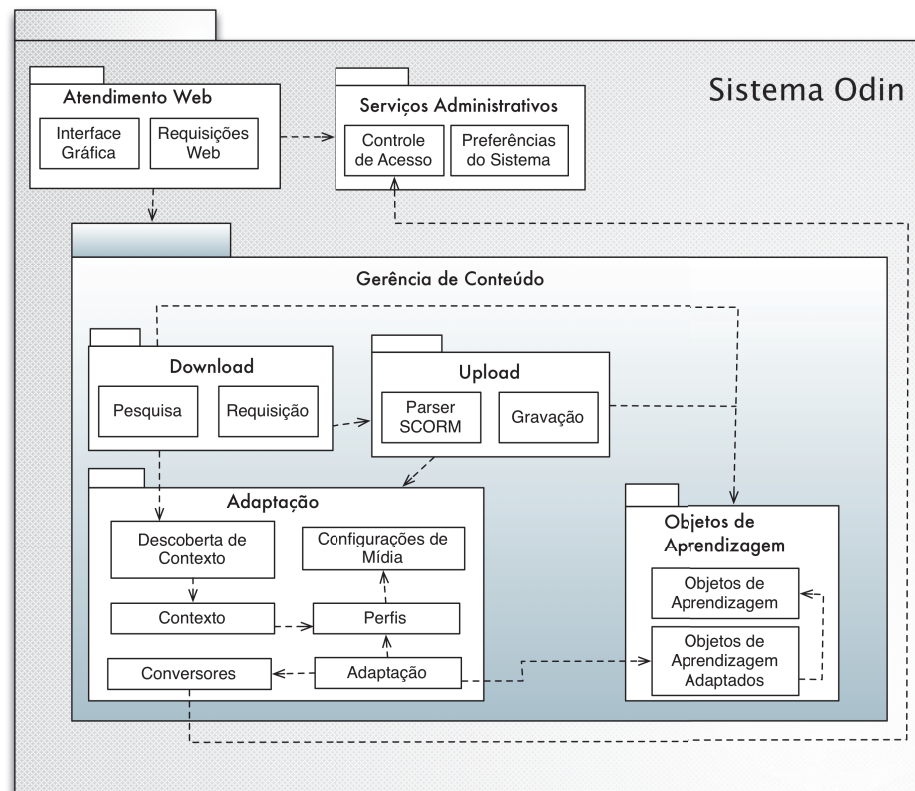
A ferramenta tem como objetivo fornecer conteúdo educacional para o aluno sem a necessidade de uma intervenção do professor/tutor. Para isto, trabalha com a ideia de descoberta de contexto e a conversão de objetos para os dispositivos previamente homologados.

O modelo prevê que o professor disponibilize um objeto educacional (objeto de aprendizagem) para o sistema de gerenciamento de ensino. Posteriormente, o Odin captura esse objeto e gera diferentes versões para os dispositivos homologados. Esse modelo de conversão permite uma transparência para o professor e para o aluno. Porém o dispositivo deve ser conhecido previamente pelo sistema. Com várias versões do objeto de aprendizagem o aluno simplesmente deve executar uma requisição, através de algum software no dispositivo, para que o Odin escolha a melhor versão a ser entregue.

O modelo Odin também leva em consideração o contexto do usuário que é constituído por informações do dispositivo que está requisitando o conteúdo educacional, bem como,

³jena.sourceforge.net

Figura 9: Arquitetura do modelo ODIN



Fonte: Adaptado de (QUINTA, 2011)

informações sobre a localização do aprendiz e outras informações acerca do mesmo. Para essa descoberta de contexto, o Odin possui duas abordagens. A primeira via cabeçalho HTTP contém as informações do dispositivo que está solicitando a requisição e a segunda através de *Web Services*, onde as informações adicionais de contexto são enviadas para o servidor afim de personalizar o objeto de aprendizagem. A Figura 9 detalha todos os componentes presentes na arquitetura do sistema Odin.

3.6 Avaliação dos Ambientes Pesquisados

A Tabela 2 apresenta um comparativo dos trabalhos relacionados. As seguintes características foram utilizadas para a comparação:

- **Tipo de Contexto:** Neste item é verificado se a aplicação captura itens de contexto como:
 - **Localização:** Ponto geográfico em que o dispositivo se encontra. Informação obtida através de captura de dados de GPS;
 - **Tempo:** Captura de contexto temporal. Como por exemplo: hora, data, histórico de sincronização;

- **Característica do Dispositivo:** Captura informações de hardware como memória, capacidade de armazenamento, tamanho de tela, tipo do dispositivo (PDA, *smartphone*, *mobile phone*, etc.);
 - **Rede:** Determina o tipo de conexão que o dispositivo do aluno utiliza. Se é WiFi, 3G, 4G, Wap, largura de banda, etc;
 - **Ambiente:** Aspectos do ambiente físico. Geralmente essas características são capturadas por sensores. Exemplo: Iluminação, velocidade, temperatura, etc;
 - **Perfil do Usuário:** É uma representação da interação do usuário com a aplicação. Por exemplo: linguagem, atividades, etc;
 - **Estilo de Aprendizagem:** Se o modelo apresentado utiliza como recurso, com propósito de aperfeiçoar o conteúdo, o estilo de aprendizagem do aluno.
- **Forma de Aquisição:** Para manipular o contexto é necessário ter conhecimento da melhor maneira para capturá-lo. No artigo de Malek, Laroussi e Derycke (2006) o tipo de contexto é organizado por:
 - **Explícito:** O elemento contextual é diretamente adquirido. A aquisição explícita é dividida em *Automático* e *Manual*. A *aquisição explícita automática* ocorre na presença de sensores que capturam informações contextuais. Já na *aquisição explícita manual*, a informação é feita pelo usuário da aplicação final;
 - **Implícito:** Os elementos contextuais são inferidos a partir de outros elementos armazenados;
 - **Modo de Aquisição:** Nesse item é verificado a frequência de captura de contexto:
 - **Instantâneo:** O elemento contextual é adquirido somente uma vez no início da interação;
 - **Contínuo:** Os elementos contextuais são capturados continuamente durante toda a execução da aplicação coletora de contexto.
 - **Modo de Armazenamento:** Nesse item é verificado se a aplicação avaliada utiliza Ontologias ou banco de dados para armazenar contexto.
 - **Adaptação:** Neste quesito, as seguintes características foram verificadas:
 - **Adaptação da Aplicação:** Este tipo de adaptação é mais comum em sistemas web onde o estilo CSS e a forma em que o conteúdo é apresentado é adaptado ao contexto do usuário;
 - **Adaptação do Conteúdo:** Algumas aplicações apresentadas adaptam o conteúdo de acordo com o contexto capturado. Por exemplo, ao detectar um

dispositivo com limitação de tela apresentam conteúdo com texto em fontes menores;

- **Método de Adaptação:** Consiste na tecnologia utilizada nos trabalhos indicados, como solução para adaptação de conteúdo.

O processo de entrega do produto final da adaptação é também um passo importante. Segundo Fox e Clarke (2009) são classificados em três tipos: Estática, Dinâmica e Composicional. Os detalhes de cada item podem ser observados na seção 2.3.

Os últimos itens (indicados pelo quesito “outros”) são relacionados ao uso de dispositivos móveis na arquitetura do sistema, se a aplicação é destinada a Web, se o trabalho informa que existe uma integração com sistemas LMS e, por fim, se o sistema envia notificações para o usuário.

Tabela 2: Comparação dos trabalhos relacionados

Quesito	Característica	Detalhame	Spreadr	eSikShak	GlobalEdu	Fawis	Odin
Contexto	Tipo de Contexto	Localização	✓	✗	✓	✗	✓
		Tempo	✓	✗	✓	✗	✓
		Carac. do Dispositivo	✓	✓	✓	✓	✓
		Rede	✓	✓	✓	✓	✓
		Ambiente	✗	✗	✓	✗	✓
		Perfil do Usuário	✓	✓	✓	✓	✓
		Estilo de Aprendizagem	✗	✗	✓	✗	✗
	Forma de Aquisição	Explícito	✗	✗	✓	✗	✓
		Implícito	✓	✓	✗	✓	✓
	Modo de Aquisição	Instantâneo	✓	✓	✗	✓	✓
		Contínuo	✗	✗	✓	✗	✗
	Modo de Armazenamento		Ontologia	não Especificado	Não Especificado	Banco de Dados	Banco de Dados
Adaptação	Adaptação da Aplicação		✗	✓	✓	✗	✗
	Adaptação do Conteúdo		✓	✓	✓	✓	✓
	Método de Adaptação		Regras determinadas pelo usuário e uso de Spreading Activation Network	Mobile JSF	✗	Regras com JADE	Regras
	Tipo de Adaptação	Estática	✗	✗	✗	✗	✓
		Dinâmica	✓	✓	✓	✓	✗
Composicional		✓	✗	✗	✗	✗	
Outros	Aplicação Web		✓	✓	nativa	nativa	✓
	Integração LMS		✗	✓ ^a	✗	✗	✗
	Notificação		✗	✗	✓	✗	✗
	Utiliza Objetos de Aprendizagem		✗	✗	✓	✗	✗
	Haversting de Objetos de Aprendizagem		✗	✗	✗	✗	✗

✗: Indica que o requisito não se aplica no modelo. ✓: Indica que o requisito se aplica ao modelo.

Fonte: Elaborada pela autora.

^aO sistema se comporta como um LMS adaptável

Em relação ao quesito **contexto**, todos os trabalhos apresentam módulos de captura de contexto, porém nem todos os trabalhos observados utilizam localização ou tempo. Rede e perfil do usuário são as informações utilizadas por todos os objetos apresentados. Quanto a forma/modo de Aquisição de contexto, a maioria dos trabalhos utiliza o modo implícito e instantâneo. O armazenamento do contexto é realizado através do uso de banco de dados. Para o quesito **adaptação**, as regras são pré-definidas na maioria dos modelos e não por algum modelo de aprendizagem adaptativa exceto o SPREADR. Alguns modelos realizam a adaptação da aplicação, em outros, a adaptação ocorre apenas no conteúdo do objeto. Outros quesitos importantes levado em consideração, é se a aplicação é web, que no caso ocorre na maioria dos modelos apresentados. Com base nas avaliações realizadas, foi elaborado a Tabela 3 com os requisitos que o EduAdapt irá apresentar.

Tabela 3: Características que serão empregadas no EduAdapt.

		Características	EduAdapt
Contexto	<i>Tipo de Contexto</i>	Localização	✓
		Tempo	✓
		Carac.do Dispositivo	✓
		Rede	✓
		Perfil do Usuário	✓
		Estilo de Aprendizagem	✓
Adaptação	Forma Aquisição	Explícito	✓
	Modo Aquisição	Instantâneo	✓
	Adaptação	Conteúdo	✓
Adaptação	Tipo de Adaptação	Estática	✓
	Método de Adaptação	Regras com o uso de ontologias	✓
Outras	Integração com LMS		✓
	Notificação		✓
	Utiliza Objetos de Aprendizagem		✓
	Haversting de Objetos de Aprendizagem		✓

Fonte: Criado pela autora

4 MODELO PROPOSTO

Este capítulo apresenta o modelo que compõe este trabalho, denominado *EduAdapt*, com ênfase nos componentes da arquitetura e na descrição dos artefatos integrantes do sistema em geral. Inicialmente, será apresentada a arquitetura do modelo *EduAdapt*, detalhando os componentes das camadas *cliente* e *servidor*, seguido pela descrição dos requisitos do modelo e casos de uso. Na sequência, será apresentada a estrutura da ontologia *OntoAdapt*, utilizada para a representação do conhecimento envolvido na adaptação de objetos de aprendizagem para dispositivos móveis.

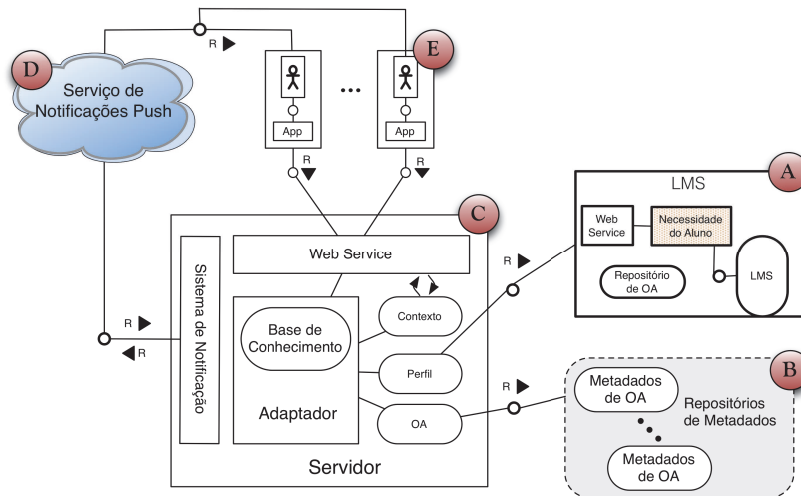
4.1 Arquitetura

A adaptação de OAs proposta nesse modelo leva em consideração o contexto na qual ele está inserido como localização, tempo, características do dispositivo no qual o aluno faz uso e perfil do aluno. Para este modelo foi considerado o perfil do aluno como determinado por Brusilovsky e Millán (2007). Os autores consideram que o perfil do aluno (também chamado “modelo do usuário”) como uma representação da informação sobre um usuário individual que é essencial para um modelo adaptativo realizar a adaptação tendo em consideração que este tem um comportamento específico para os usuários. Esta informação sobre o aluno pode compreender conhecimentos, interesses, objetivos, traços individuais e o ambiente em que ele se encontra (BRUSILOVSKY; MILLÁN, 2007). A arquitetura do *EduAdapt* foi criada com o propósito de prover uma estrutura de software e serviços para ambientes de computação ubíqua em que a adaptação de objetos de aprendizagem fosse facilitada e adequada ao aluno em um ambiente *u-learning*. O método para demonstrar a arquitetura utiliza uma abordagem *top-down*, onde os módulos gerais da arquitetura são apresentados inicialmente e os detalhamentos da composição desses módulos são mencionados na sequência. A Figura 10 exibe a arquitetura geral do modelo proposto. O diagrama utilizado para demonstrar a arquitetura, faz uso da notação *Technical Architecture Modeling (TAM)* (SAP AG, 2007). A notação *TAM* possui modelos de diagramas que procuram facilitar o entendimento da lógica do sistema de forma simplificada.

O modelo da arquitetura exibe quatro blocos que se comunicam afim de efetuar a captação e análise de contexto, resultando na entrega de OA adaptados. Inicialmente, o aluno deve estar cadastrado em disciplinas sob o regime do EaD, com acesso ao LMS e vinculado a alguma instituição de ensino. No LMS, o aluno realiza postagens de dúvidas em *chats* ou fóruns, bem como, visualiza materiais pertencentes ao conteúdo da disciplina juntamente com atividades propostas para analisar o conhecimento adquirido pelo aluno.

O modelo *EduAdapt* suporta uma conexão com o LMS, como apresentado no módulo A. Esta integração permite que mecanismos inseridos no componente “Necessidade do

Figura 10: Arquitetura do modelo proposto



Fonte: Criado pela autora

Aluno” possam auxiliar na identificação das necessidades. O componente “Necessidade do aluno” utiliza a base de *logs*, existente na plataforma LMS. Nessa base de dados todas as informações são monitoradas (armazenadas em banco de dados) (ZAINA et al., 2011). Esses dados auxiliam na busca por palavras-chave dentro das mensagens em fóruns ou *chats* que podem indicar uma dúvida ou uma necessidade de esclarecimento de um determinado assunto. Com a seleção das palavras-chave pode-se propor OAs com uma maior precisão, pois nos repositórios de objetos de aprendizagem os objetos são cadastrados com as palavras que identificam o assunto abordado. Este componente será um item a ser trabalhado futuramente, pois depende de esforços em processamento em linguagem natural (PLN).

A partir do conhecimento das necessidades educacionais, é importante possuir repositórios de objetos de aprendizagem diversificados. Isto se faz necessário, pois quanto maior é a quantidade de OAs disponíveis, maior será a abrangência da cobertura de necessidades do aluno, contemplando, assim, o propósito desta aplicação. Para isso é realizada uma integração com diversos repositórios de OAs para se ter uma quantidade expressiva de conteúdos à serem entregues ao aluno. Na arquitetura proposta (Figura 10) essa integração é simbolizada através do bloco *Repositórios de Metadados* (módulo **B**), esse bloco realiza a comunicação com um banco de dados onde existem metadados de OAs, obtidos através do uso da técnica OAI-PMH (Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting)¹. Após a detecção da necessidade de entrega de conteúdo educacional para o aluno, e por consequência a verificação da existência de objetos educacionais para as suas necessidades, o servidor emite uma notificação através do *Sistema de Notificação* (módulo **C**), responsável por enviar para o dispositivo do aluno um aviso indicando a dis-

¹<http://openarchives.org>

ponibilidade de conteúdo de uma determinada disciplina. O serviço de notificações *push* (ou *Push Notification Service*) segue o fluxo exibido na Figura 11.

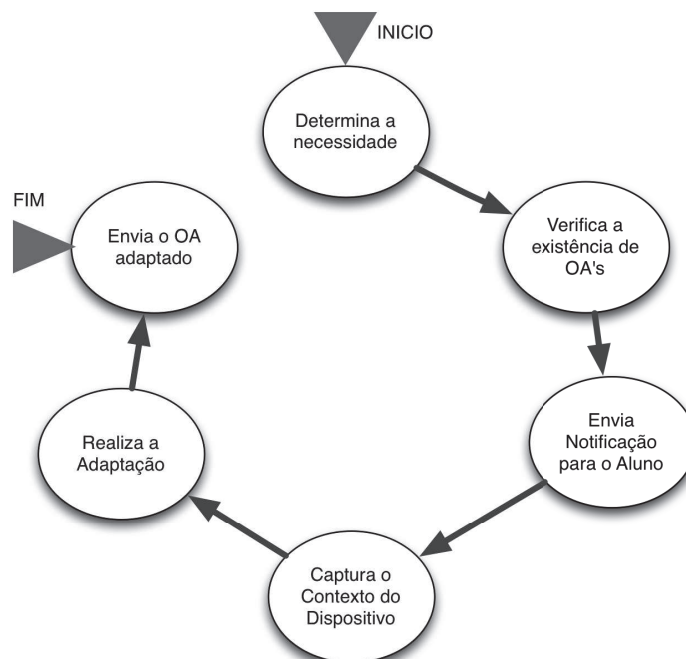
Figura 11: Envio de notificações para a aplicação cliente



Fonte: Adaptado de (APPLE INC., 2013)

A notificação segue o fluxo em apenas uma direção. O servidor é responsável por empacotar a mensagem e o *token*² do dispositivo que irá recebê-la e enviá-la para o PNS (*Push Notification Service*) em (módulo D). Por sua vez, o PNS envia a notificação para a aplicação instalada no dispositivo. Este mecanismo tem como vantagens a segurança e a possibilidade de receber as notificações no dispositivo independente da aplicação (cliente “App”) estar ou não em execução, pois esta funcionalidade é executada em segundo plano (*background*). Com o recebimento da notificação, o aluno acessa em seu dispositivo o aplicativo cliente (simbolizado pelo módulo “E” na Figura 10). Essa aplicação tem como objetivos coletar o contexto do dispositivo e algumas informações do aluno, como por exemplo, as preferências de mídias a serem visualizadas, bem como, exibir os OAs adaptados.

Figura 12: Fluxo do processo de adaptação de OA no EduAdapt



Fonte: Criado pela autora

²Token: é o identificador do dispositivo que é utilizado unicamente para habilitar recebimento de notificações Push.

O contexto extraído do dispositivo é enviado para o servidor (via *web services*). Essas informações contextuais, extraídas pelo dispositivo; pelo LMS; e informações dos OA, abastecem uma base de conhecimento definida por uma ontologia (o modelo da ontologia pode ser observado na seção 4.3) que irá determinar, através de regras, qual o melhor objeto a ser enviado para o aluno e, se necessário, irá executar a adaptação de tipo de mídia ou formato disponibilizando em seguida para o dispositivo do aluno. De forma resumida, a Figura 12, exibe as etapas que esse modelo propõe executar. Essas etapas serão demonstradas nas subseções seguintes afim de proporcionar um melhor entendimento do funcionamento do modelo apresentado.

4.1.1 Servidor

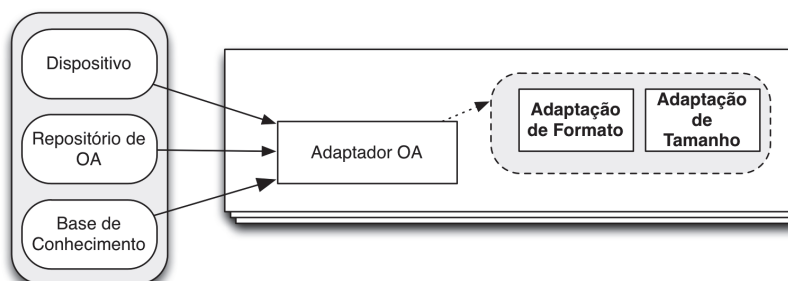
O modelo do servidor é apresentado no módulo “D” da figura na Figura 10. O servidor do *EduAdapt* deve conhecer o contexto do estudante, o perfil educacional (obtido através do LMS) e os OAs disponíveis para o aluno. Com posse dessas informações de contexto e OA é realizada a carga desses dados em um banco RDF (*RSSDB- RDF Schema Specific Database*). Este tipo de banco mantém uma ontologia no formato RDF com suporte a *reasoner*, regras e consultas SPARQL. As consultas SPARQL permitem interrogar diversas fontes de dados se estas estiverem em formato RDF³ A partir da utilização da ontologia e execução de suas regras é iniciado o processo de adaptação. A ontologia é responsável por determinar o assunto que o objeto de aprendizagem escolhido deve abordar e qual as características do dispositivo móvel⁴. Através dessas informações é realizada uma busca no repositório de OA por um objeto que atenda aos requisitos de apresentação no dispositivo. O processo de adaptação ocorre por dois modos: escala ou formato. *Adaptação por escala* consiste na alteração de resolução do formato do material que está sendo processado. Esta técnica é utilizada para adaptação de vídeos e imagens para que se adequem ao tamanho da tela do dispositivo. *Adaptação de formato* ocorre quando o objeto de aprendizagem contém um documento não suportado pelo dispositivo, nesse caso a adaptação seria a conversão do material de um formato para o outro. Por exemplo, um arquivo no formato **.doc* para o formato **.pdf*. Para efetuar a adaptação, o módulo responsável deve ter acesso ao repositório de objetos de aprendizagem para verificar anteriormente se há realmente a necessidade de realizar a adaptação. Esse processo é necessário, pois se existe um objeto semelhante (que possua o conteúdo de acordo com as palavras-chaves), não será necessário desperdiçar tempo no processo de adaptação de formato ou escala. Por isso, na Figura 13, onde é apresentado o modelo de adaptação, existe a representação de repositório de OA que tem a função armazenar os objetos adaptados. A mídia adaptada é armazenada em uma área delimitada para o armazenamento desses objetos, aguardando o *download*

³<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

⁴A ontologia responsável por determinar o assunto do objeto será abordada no 4.3

para o dispositivo do aluno.

Figura 13: Modelo da arquitetura do adaptador de conteúdo



Fonte: Criado pela autora

Os repositórios de OA, têm como objetivos armazenar, classificar e disponibilizar os OAs (KEMCZINSKI et al., 2011). Com o foco em ser uma plataforma genérica e padronizada, foi criado um software chamado *DSpace*⁵ que auxilia na implementação e padronização da estrutura do repositório, gerenciamento do acervo digital e na manutenção do material por longo tempo. Criado pelo MIT e pela HP suporta vários formatos de mídias como vídeos, áudios, teses, dissertações, etc. O DSpace tem como objetivo armazenar, preservar e distribuir os OAs e, por isso, necessita prover meios de interoperabilidade. Para isso, a *Open Archives Initiative* (OAI) desenvolveu um protocolo que tem como objetivo facilitar o acesso à estes repositórios de objetos. O protocolo de coleta de metadados OAI-PMH tem como proposta facilitar a interoperabilidade entre os repositórios digitais, para construir portais de buscas de metadados (LAGOZE et al., 2008). O OAI-PMH introduz o conceito de *Metadata Harvesting*, com o propósito de buscar metadados em um provedor de dados (LAGOZE et al., 2008). Para que esta busca se realize são enviadas requisições baseadas em HTTP para provedores de dados. Nesses provedores de dados existem repositórios onde as buscas pelos metadados acontecem. O retorno da requisição HTTP consiste em um documento XML que contém o metadado do repositório. Nota-se que a base de dados responsável por armazenar o contexto sofre frequentes atualizações (como demonstrado na Figura 10). Diferentemente das outras bases (perfil e OA), o contexto é mutável e sofre alterações tanto na detecção de necessidades do aluno como na coleta de contexto, enquanto que as outras bases de dados não necessitam de atualizações tão frequentes. Na Tabela 4 são apresentadas as informações que compõe o contexto do aluno.

⁵<http://www.dspace.org/>

Tabela 4: Informações de perfil do aluno

Perfil Educacional	
Tipo	Descrição
LMS (Moodle)	<ul style="list-style-type: none"> • As disciplinas cursadas pelo aluno • Palavras-chaves da disciplina que irão auxiliar na busca de OAs
Aluno	<ul style="list-style-type: none"> • Estilo de Aprendizagem capturado através do uso do questionário - ILS • Idioma nativo do aluno e demais idiomas que ele domina • Necessidades/Dúvidas capturadas através de análises textuais no Moodle. • Informações cadastrais do aluno

Fonte: Criado pela autora

As informações contextuais são coletadas de dois modos: Um obtido através do dispositivo do usuário (vide Tabela 5) e outro obtida através de dados do LMS (vide Tabela 4). Essas informações contextuais são armazenadas no mesmo banco de dados (banco semântico).

Tabela 5: Informações contextuais utilizadas no modelo

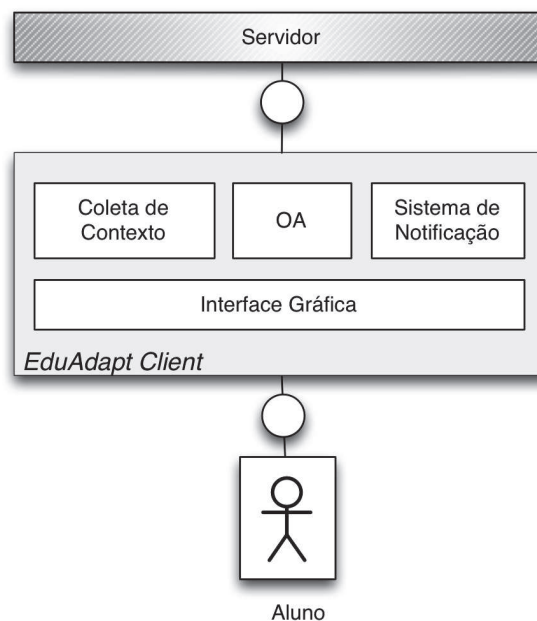
Contexto do Dispositivo		
Tipo	Descrição	Motivo
Objetos de Aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo utilizado no acesso dos OAs 	Através do aplicativo cliente, tentar monitorar o tempo que o aluno utiliza na visualização do OA.
<i>TimeStamp</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Data e hora atual da coleta do contexto 	Capturar o momento em que o usuário mais acessa a aplicação e para determinar a validade de dados contextuais.
Dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo do Dispositivo • Nível de bateria • Tipo de Rede • Tamanho de tela • Capacidade de armazenamento disponível • Versão e Tipo do sistema operacional 	Informações necessárias para determinar se o dispositivo tem capacidade de receber OAs e as preferências de recebimento de OA pelo aluno.
Preferência	<ul style="list-style-type: none"> • Mídia • Tempo • Localização 	<p>Para alguma preferência que o aluno tenha no envio de objetos de aprendizagem</p> <p>Preferência de horário para recebimentos de notificação de OAs</p> <p>Preferência para receber notificações de disponibilidade de OA quando o usuário estiver em um determinado local.</p>

Fonte: Criado pela autora

4.1.2 Cliente

A arquitetura proposta para a camada *cliente*, como mostrado na Figura 14 é composta pelos seguintes módulos: *Coleta de Contexto*, *OA* e a *Interface Gráfica*. Com a aplicação cliente instalada no dispositivo do usuário, o contexto ao que se refere as características de hardware é facilmente obtido. Informações sobre o modelo do dispositivo, nível de bateria, capacidade e versão de sistema operacional são de suma importância na escolha da mídia que compõe o objeto de aprendizagem no modelo, pois se o dispositivo possuir limitações entre capacidade de armazenamento, por exemplo, não faz sentido enviar um objeto de tamanho que não poderá ser armazenado no dispositivo do usuário.

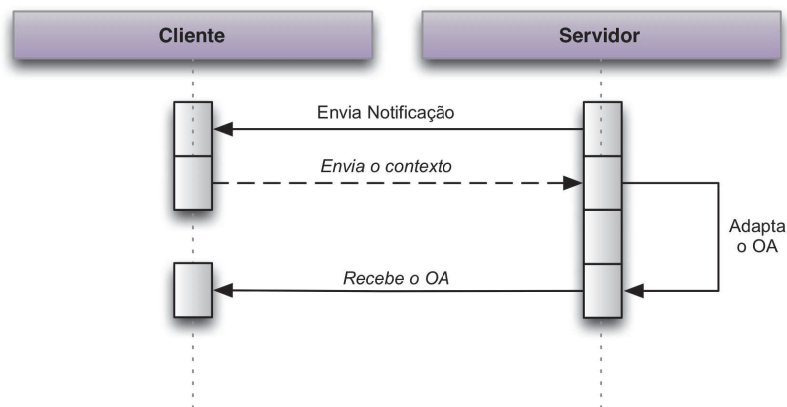
Figura 14: Arquitetura geral da aplicação cliente



Fonte: Criado pela autora

O contexto dinâmico, como a localização ou características do dispositivo que está sendo utilizado no momento, que podem ser alterado durante o constante uso do dispositivo é capturado no momento que o aluno recebe a notificação da existência de um objeto de aprendizagem, como ilustrado na Figura 15.

Figura 15: Diagrama de Sequência ilustrando o envio de contexto



Fonte: Criado pela autora

Após o conhecimento das informações contextuais pelo servidor é realizada a adaptação do objeto e na sequência é realizado o envio do OA para o aluno. A coleta de contexto também captura informações de preferência do usuário. As preferências são informações estáticas que auxiliam na escolha da mídia e no melhor momento para enviar uma notificação para o usuário. As preferências podem ser aplicadas no seguinte cenário ilustrativo:

O aluno possui dificuldades na disciplina de cálculo, mais precisamente, no assunto “Integrais”. O sistema de adaptação encontrou dois OAs sobre esse assunto, um em formato de texto e outro em formato de vídeo, com explicações sobre o assunto. Com a preferência do aluno por vídeo e o estilo de aprendizagem visual, foi enviado uma notificação no horário configurado anteriormente (na instalação da aplicação cliente) para o dispositivo do aluno. A partir do acesso a notificação o contexto é novamente enviado com as últimas informações sobre o estado e o dispositivo que o aluno está utilizando para receber o OA. Com essas informações e como os recursos do dispositivo estão de acordo, é enviado então o OA em formato de vídeo.

Essas preferências são formadas pela mídia preferida dos aluno, preferência em horário de estudo e locais para receber notificações de OA. Essas informações de preferência do aluno, apresentadas na Tabela 5, são capturadas a partir da aplicação cliente armazenada no dispositivo móvel do aluno. A notificação enviada para o usuário é um recurso necessário para avisá-lo que existe um OA, e que esse OA é importante para ele. Esse recurso de notificações está presente nos *smartphones* mais utilizados como é o caso do *Apple iPhone®* e *Google Android®*. Com o auxílio desta característica no aplicativo cliente é importante saber como processar essas informações (Métodos de encapsulamento da notificação) e como exibi-las para o aluno. Esse processamento tem como responsável o

módulo *Sistema de Notificação*. As notificações recebidas pelo dispositivo do usuário possuem um *link* que o direciona ao OA que deve ser visto. Para exibir o OA no dispositivo do aluno é necessário ter métodos e softwares que poderão interpretar o formato do objeto enviado e exibi-lo para o aluno. Para este fim, o módulo *OA* tem os recursos necessários para exibir o OA utilizando os softwares nativos do dispositivo para tal operação. E por fim, a interface gráfica tem como responsabilidade manipular as telas que irão interagir com o aluno.

4.2 Requisitos

O processo de Engenharia de Requisitos tem como função proporcionar a compreensão do problema e do ambiente para definição de funcionalidades que comportam as necessidades apresentadas. As atividades que envolvem esse processo incluem a compreensão do domínio, identificação dos interessados e a captura de requisitos. Para isso, nas seções seguintes, será definido os requisitos *funcionais* que atenderão ao propósito desse trabalho, além disso, serão apresentados os casos de uso que representam o relacionamento entre os requisitos e os atores envolvidos.

4.2.1 Requisitos Funcionais - Gerais

Os requisitos funcionais descrevem as funções que o produto irá realizar. A seguir é detalhado os requisitos que o EduAdapt é capaz de efetuar:

- **Login no sistema/Acessar a aplicação:** O sistema cliente deve ser apto a identificar o aluno no LMS (Referente ao caso de uso UCC00 e UCC02);
- **Exibir a lista de cursos:** O sistema deve exibir a lista de cursos na qual o aluno está matriculado (Referente ao caso de uso UCC04);
- **Exibir a lista de disciplinas que o aluno está cursando:** O sistema deve exibir a lista de disciplinas de cada curso no qual o aluno está matriculado (Referente ao caso de uso UCC05);
- **Recolher o contexto e enviá-lo para o servidor:** O sistema deve ser capaz de obter o contexto de localização e de preferências, além de informar as características presentes no dispositivo e enviar para o servidor (Referente ao caso de uso UCC03);
- **Receber notificações de OA disponíveis:** O dispositivo do cliente deve ser capaz de receber notificações de OA disponíveis e exibir ao usuário em um determinado tempo e local. (Referente ao caso de uso UCC01);

- **Visualizar/Acessar o OA:** Após receber a notificação, o dispositivo deve ser capaz de receber o OA e permitir a visualização deste ao usuário (Referente ao caso de uso UCC06);
- **Configurar o Aplicativo/Definir Preferências:** O sistema deve permitir aos usuários meios de configuração e de definição de preferências como localização, intervalo de tempo e preferência de mídia para receber notificações, preferências de mídia (Referente ao caso de uso UCC07);
- **Consultar OA visualizados:** Permitir que o aluno possa consultar os OA anteriormente visualizados (Referente ao caso de uso UCC08);
- **Receber o Contexto:** O servidor da aplicação *EduAdapt* deve ter recursos para receber arquivos contendo o contexto do usuário e analisá-los (Referente ao caso de uso UCS01);
- **Processar Ontologias:** O servidor da aplicação *EduAdapt* deve ter recursos para processamento das ontologias para que, com as execuções de regras possa determinar as características que o objeto de aprendizagem deve possuir para assim ser enviado para o aluno (Referente ao caso de uso UCS02);
- **Consultar os OAs disponíveis:** Conhecendo as necessidades dos alunos e tendo acesso aos repositórios de OAs, é necessário determinar quais objetos estão aptos a serem disponibilizados ao aluno (Referente ao caso de uso UCS03);
- **Enviar a notificação:** Quando um OA que esteja de acordo com as necessidades do aluno for localizado, uma notificação ao aluno será enviada (Referente ao caso de uso UCS04);
- **Efetuar a adaptação:** Após a identificação da necessidade de fazer a adaptação a partir do contexto, é realizada a adaptação de formato ou em outras características (Referente ao caso de uso UCS05);
- **Disponibilizar o OA para o Aluno:** Este caso de uso é responsável por disponibilizar uma URL onde o aluno possa realizar o *download* do OA (Referente ao caso de uso UCS06).

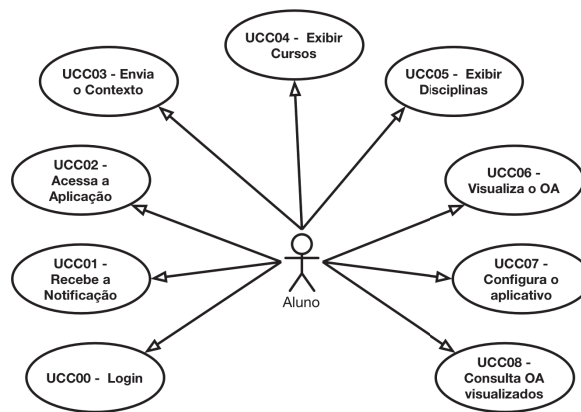
Com os requisitos acima levantados o escopo do sistema *EduAdapt* se resume em:

“O *EduAdapt* é um modelo que propõe uma ferramenta de adaptação de Objetos de Aprendizagem para diferentes dispositivos. Esta ferramenta envia OAs adaptados ao dispositivo do aluno de acordo com o contexto atual do aluno. Os objetos de aprendizagem são disponibilizados pelas plataformas de ensino existentes e, além disso, pode haver importação de

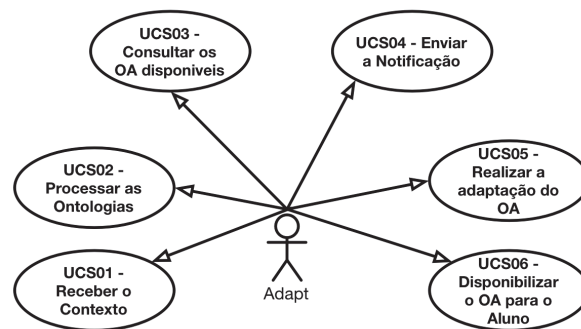
conteúdos educacionais de outros repositórios de ensino. Essa aplicação desonera o professor ou o criador de conteúdos educacionais na tarefa de criar vários formatos de OAs para diferentes dispositivos e proporciona ao aluno maior interatividade educacional. O foco do sistema proposto é adaptar o formato da mídia, excluindo a adaptação de interface ou adaptação do conteúdo educacional do objeto. ”

A Figura 16 apresenta os casos de uso levantados a partir dos requisitos propostos. Na Figura são representados os diagramas de casos de uso para a aplicação cliente e servidor respectivamente.

Figura 16: Caso de uso - Cliente/Servidor



(a) Cliente



(b) Servidor

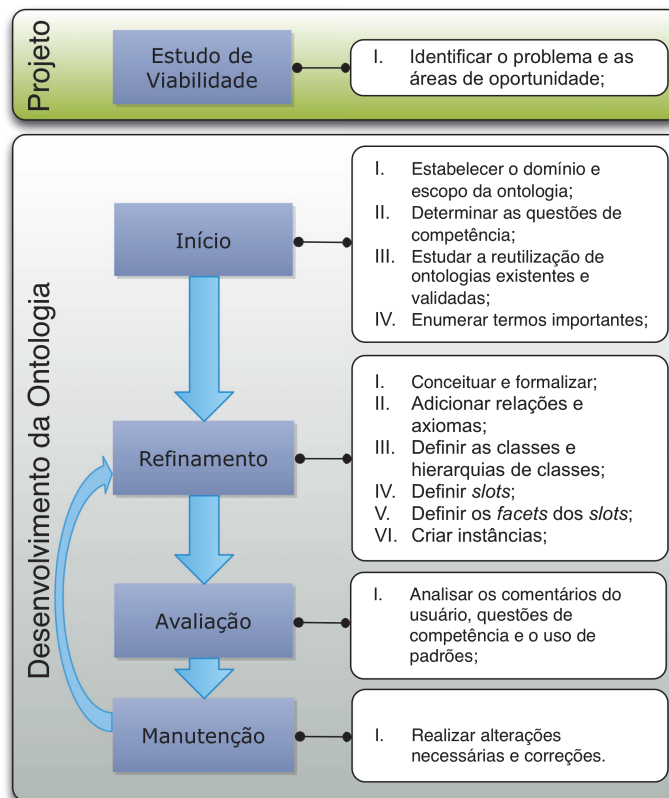
Fonte: Criado pela autora

4.3 Ontologia OntoAdapt

Para auxiliar a escolha de objetos de aprendizagem de acordo com o perfil do aluno, contexto e características do dispositivo, foi definida uma ontologia que tem como principal objetivo funcionar como ferramenta para a escolha de objetos de aprendizagem de acordo

com os itens citados acima. Para isso, é descrito nessa seção o modelo de ontologia que recebeu o nome de *OntoAdapt*. No decorrer do processo de construção da ontologia foi também adaptada, com base em outras propostas, uma metodologia apresentada na Figura 17, que tem como propósito auxiliar e parametrizar o desenvolvimento da ontologia proposta.

Figura 17: Metodologia para desenvolvimento da ontologia



Fonte: Adaptado de (STAAB; STUDER, 2001; NOY; MCGUINNESS et al., 2001)

A metodologia utilizada tem como base duas metodologias apresentadas nos trabalhos Staab e Studer (2001) e Noy, McGuinness et al. (2001). A primeira abordagem tem foco no desenvolvimento da ontologia visando a estrutura de classes, atributos e indivíduos (STAAB; STUDER, 2001). A segunda metodologia visa a organização do projeto da ontologia (NOY; MCGUINNESS et al., 2001). A junção destas duas metodologias, focando nos pontos fortes de cada uma, resulta em um processo de construção de ontologia guiada pela organização, especificação e projeto.

A metodologia utilizada para a construção da ontologia *OntoAdapt* é composta por 5 estágios descritos a seguir:

- **Estudo de Viabilidade** - Estágio onde são estabelecidas as razões para a construção da ontologia, com base nos problemas e oportunidades;

- **Início** - Consiste na inicialização do processo de construção da ontologia. Neste passo é criada uma lista de questões de competência na qual a ontologia se propõe a responder e uma lista de termos principais. Neste estágio é realizada a análise de reuso de outras ontologias existentes;
- **Refinamento** - Consiste em concretizar a informação gerada no estágio anterior;
- **Avaliação** - Neste estágio são realizados testes para verificar a aderência da ontologia em relação as questões de competência;
- **Manutenção** - Reflete nas possíveis alterações que podem ocorrer ao longo do tempo de vida da ontologia.

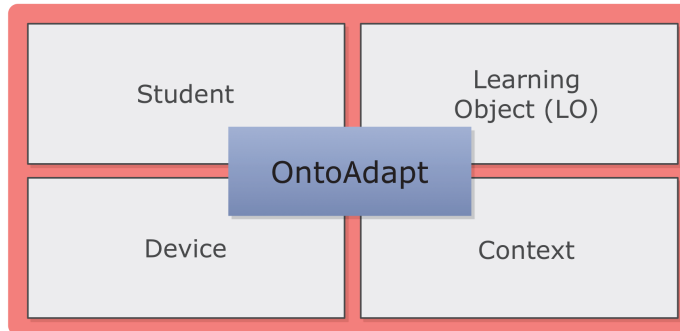
Utilizando os estágios anteriormente apresentados, foi desenvolvido um modelo de ontologia para descrever o contexto. A aplicação de cada etapa e o seus respectivos resultados são apresentados na lista a seguir:

- **Estudo de Viabilidade** - Nesta etapa foi identificada a necessidade de concentrar as informações necessárias para realizar a adaptação de objetos de aprendizagem;
- **Início** - Nesta etapa foram determinados o escopo da ontologia e realizado um estudo de outras ontologias existentes que poderiam ser úteis para a OntoAdapt, como *FOAF*, *CoBrA* e *LOM* (As ontologias reutilizadas são explicadas com maiores detalhes ao longo deste capítulo). Também nesta etapa foram elaboradas as questões de competência que esta ontologia se propõe a responder. Estas questões são apresentadas no apêndice A. Outro artefato que faz parte da metodologia proposta para a construção da OntoAdapt é a lista de termos importantes apresentado no apêndice B;
- **Refinamento** - Nesta etapa foram construídos os diagramas que representam a estrutura da ontologia, também foram elaboradas as regras para auxiliar o processo de inferência;
- **Avaliação** - A avaliação, importante para esta fase, foi inicialmente realizada a partir de métricas descritas com maiores detalhes na seção 6;
- **Manutenção** - Durante a construção da ontologia houve a necessidade de realizar a manutenção e a reavaliação da ontologia, como previsto no decorrer da metodologia demonstrada.

4.3.1 OntoAdapt

A ontologia OntoAdapt segue a perspectiva apresentada na Figura 18. A OntoAdapt é dividida em quatro grupos. Esses grupos são compostos por informações contextuais que são necessárias para o serviço de adaptação.

Figura 18: Composição da ontologia OntoAdapt



Fonte: Criado pela autora

O conteúdo de cada grupo será listado à seguir:

- **Student (Aluno):** Contém todas as informações sobre o perfil do aluno;
- **Learning Object (OA):** Contém as informações necessárias sobre os objetos de aprendizagem;
- **Device (Dispositivo):** Contém as características do dispositivo móvel;
- **Context (Contexto):** É composto por informações contextuais do aluno.

Após a construção, importação de ontologias externas e definição de regras escritas na linguagem *SWRL*, foi obtida a estrutura, como apresentada na Figura 19(b) e a lista das importações (vide Figura 19(a)).

As regras que são utilizadas para a escolha dos OAs são exibidas na Figura 20.

Cada grupo da ontologia será explicado brevemente nas subseções a seguir. Os diagramas apresentados nas Figuras demonstram a composição da ontologia construída para o modelo EduAdapt. O modelo de desenho utilizado nos diagramas, tem como base os diagramas apresentados nos trabalhos de Henze, Dolog e Nejdl (2004).

Figura 19: Estrutura da ontologia OntoAdapt



Fonte: Criado pela autora

Figura 20: Regras utilizadas no OntoAdapt



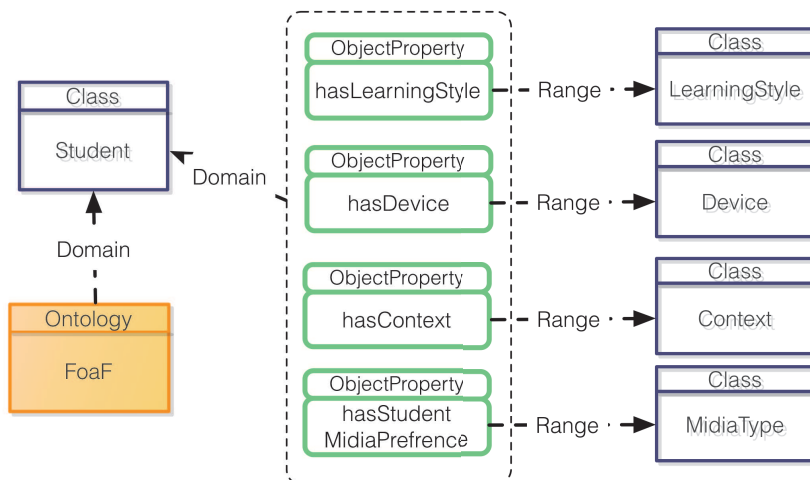
Fonte: Criado pela autora

4.3.2 Aluno

Para que um objeto de aprendizagem disponibilizado ao aluno seja o mais útil possível, é importante conhecer o estilo de aprendizagem e a informação acerca do conhecimento do aluno. Para o modelo proposto foram escolhidas algumas informações que podem ser obtidas através do sistema *Moodle* e outras que podem ser adicionadas nas posteriores atualizações da aplicação. As informações importantes sobre o aluno consistem nas preferências do aluno, tipo de estilo de aprendizagem e palavras chaves que representam as dúvidas durante o período de aprendizagem.

A ontologia apresentada na Figura 21 utiliza informações sobre o estilo de aprendi-

Figura 21: Fragmento da ontologia OntoAdapt para descrever características do aluno



Fonte: Criado pela autora

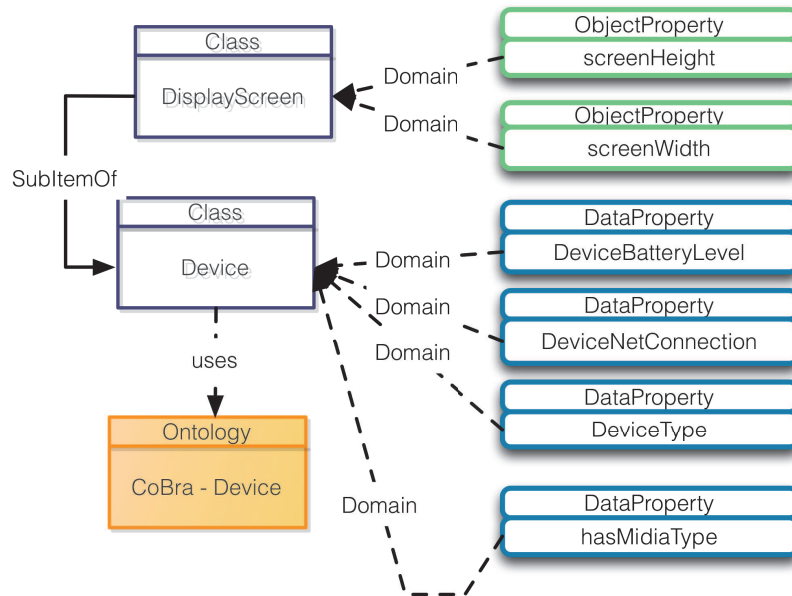
zagem (propriedade *hasLearningStyle* - de acordo com os estilos apresentados na seção 2.4), dispositivo (*hasDevice*), contexto (*hasContext*) e preferências (*hasStudentMidiaPreference*). Essas propriedades auxiliam na descoberta de objetos de aprendizagem que atendam a um determinado contexto, a um estilo de aprendizagem, que pode ser visualizado em um determinado dispositivo móvel e que esteja de acordo com a preferência de mídia que o usuário possa ter pré determinado para visualizar o objeto de aprendizagem. As classes *Device*, *Context*, bem como, a utilização das classes *MidiaType* e *LearningStyle* serão melhor detalhadas nas seções seguintes.

4.3.3 Dispositivo

Para o EduAdapt é necessário ter o conhecimento das características do dispositivo, para fornecer objetos de aprendizagem adaptados à ele. Com isso a ontologia deve ter conhecimento para auxiliar na escolha do OA. A Figura 22 exhibe as principais classes e relações sobre o dispositivo (*Device*). A classe *Device* é utilizada para descrever o dispositivo como as dimensões da tela (classe *DisplayScreen*), nível de bateria (*DeviceBatteryLevel*), tipo de conexão (*DeviceNetConnection*) e o tipo do dispositivo (Se é classificado como *smartphone*, *tablet* ou *desktop* - propriedade *DeviceType*) e a lista de mídias aceitas (*hasMidiaType*).

A partir do uso destas classes e propriedades é possível responder se é necessário adaptar um objeto de aprendizagem de uma determinada mídia para as características específicas do dispositivo que o aluno possui, em um determinado momento.

Figura 22: Fragmento da ontologia OntoAdapt para descrever características importantes do dispositivo

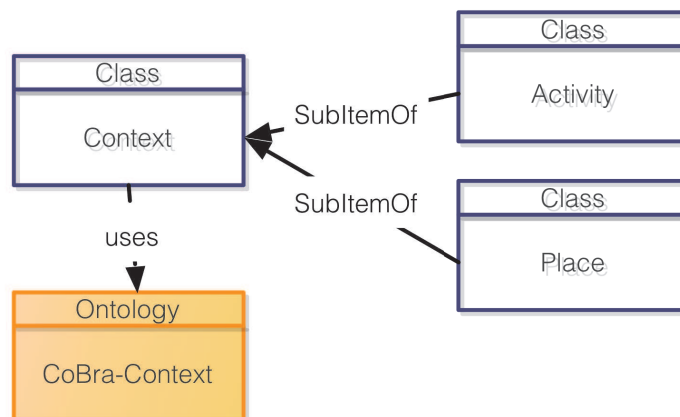


Fonte: Criado pela autora

4.3.4 Contexto

Na OntoAdapt foi desenvolvido uma classe que especifica o ambiente do usuário. A classe *Context* está representada na Figura 23.

Figura 23: Fragmento da ontologia OntoAdapt para descrever características acerca do contexto do aluno



Fonte: Criado pela autora

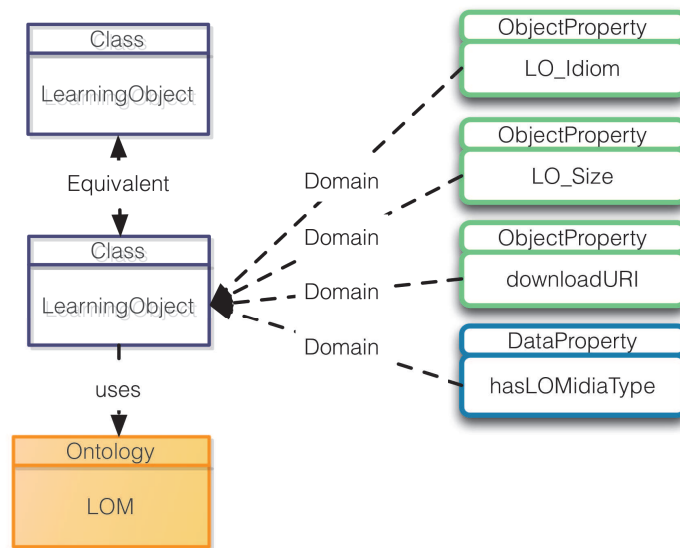
Nessa classe se faz uso da ontologia *CoBra* (CHEN; FININ; JOSHI, 2003), que define um conjunto de vocabulários utilizado para descrever lugares, pessoas e eventos de apresentação. Atualmente para OntoAdapt 'é utilizada apenas a classe para representação de

lugares (*Places*). Esta classe inclui algumas propriedades, tais como coordenadas geográficas e seus respectivos rótulos. Na *OntoAdapt* também foi adicionado a classe *Activity*. Essa classe é responsável por armazenar o tipo de atividade que o usuário está executando em um determinado momento. Essas atividades são classificadas em: correndo/caminhando (*ActivityRunning*) e parado (*ActivityStationary*). Através dessas definições de contexto, a adaptação pode oferecer objetos de aprendizagem audíveis aqueles que estão se locomovendo e mídias visuais para quando o aluno estiver em uma localização fixa.

4.3.5 Objetos de Aprendizagem

Para a escolha e adaptação do conteúdo mais apropriado para um aluno, é necessário ter uma representação para os objetos de aprendizagem. A Figura 24 exibe as principais classes para representar os OA sugeridos.

Figura 24: Fragmento da ontologia *OntoAdapt* para descrever os objetos de aprendizagem



Fonte: Criado pela autora

Uma das principais iniciativas para tornar padrão a descrição de OA é o *Learning Object Metadata* (LOM) desenvolvido pelo *Learning Technology Standard Committee of Institute and Electronic Enginners* (IEEE) (DUVAL; TOM; HODGINS, 2002). O modelo de dados LOM especifica aspectos de um objeto de aprendizagem para garantir que o conteúdo de uma plataforma possa ser utilizada em outra (BERGNER; BAUMGARTNER, 2003). Por isso, a ontologia LOM é reutilizada neste modelo. Cada OA cadastrado no sistema necessita possuir como atributo o endereço de onde está armazenado, o idioma na qual o conteúdo foi desenvolvido/criado, o tipo de mídia e o tamanho do arquivo. Essas informações são armazenadas nas propriedades *downloadURI*, *LO_idiom*, *hasLOMidiaType*, *LO_Size*, respectivamente.

5 IMPLEMENTAÇÃO

Esta seção apresenta a implementação do protótipo que abrange itens do modelo proposto apresentado nos capítulos anteriores. Nela são apresentadas as ferramentas utilizadas para a construção do protótipo e uma listagem dos principais artefatos produzidos.

Para a construção do projeto foi utilizado o processo de Engenharia de Software *Rational Unified Process* (RUP) (KROLL; KRUTCHTEN, 2003). O processo é dividido em 4 fases que auxiliam na gerência do projeto e determinam o ciclo de vida da aplicação.

- **Concepção:** Determina a fase de início do projeto de construção do protótipo. Nessa fase os requisitos essenciais são listados, assim como os objetivos, a arquitetura e o planejamento do produto.
- **Elaboração:** É a fase responsável pelo levantamento e documentação de casos de uso.
- **Construção:** Consiste em desenvolver a codificação da aplicação definida nas fases anteriores e realizar testes de validação.
- **Transição:** Nesta fase ocorre a entrega da aplicação, elaboração e verificação da qualidade do software.

Na Tabela 6 as fases, a descrição do quê foi construído em cada fase, os artefatos e as ferramentas utilizadas são listadas.

Tabela 6: Processo de construção do protótipo

Fase	Descrição	Artefatos	Ferramentas
Concepção	Levantamento de Requisitos	Diagrama de Casos de Uso	Omnigraffle Professional for Mac
Elaboração	Documentação e análise do sistema	Diagrama da Arquitetura do Sistema e UML	Omnigraffle Professional for Mac, Astah Community 6.6.3
Construção	Desenvolvimento do protótipo	Ontologia, <i>Havers-ting</i> de OA, cliente Adapt for iPhone	Protegé Editor 4.2, Microsoft Visual Studio 2012 (CSharp), IDE XCode 5 (Objective C)
Transição	Disponibilização do software	Instalação dos web-services e instalação do aplicativo no dispositivo iOS	Apple XCode 5, Microsoft Visual Studio 2012 e Amazon EC2

Fonte: Criado pela autora

A seguir serão apresentados alguns dos componentes que foram construídos para avaliar o modelo: Servidor de OAs; cliente para a plataforma *Apple IOS*; e o sistema de coleta de OAs de repositórios externos.

5.1 Servidor

O protótipo do servidor EduAdapt tem três objetivos principais: receber o contexto do aluno, encontrar um objeto de aprendizagem adaptado ao contexto do aluno e enviá-lo. Para que isto ocorra, o servidor possui uma infraestrutura capaz de armazenar este contexto e a partir dele inferir, através do uso de ontologia, o objeto mais adequado para o aluno. Para isto, o protótipo do EduAdapt é composto por quatro serviços: um responsável por receber o contexto e outro que envia objetos de aprendizagem para o dispositivo do aluno:

- **Authenticate:** faz a autenticação do usuário utilizando os serviços (*webservices*) do Moodle e os serviços do *EduAdapt*;
- **FireObjects:** Envia objetos adaptados para os alunos a partir da detecção de uma necessidade;
- **SaveLearningObjectinOntology:** Salva os metadados de objetos de aprendizagem na ontologia;
- **GetObjectbyContext:** O contexto do aluno é enviado e salvo na ontologia. A partir de regras, existentes na ontologia, objetos são adaptados e, então, são enviados uma notificação e o objeto de aprendizagem adaptado.

Os serviços listados acima foram armazenados em uma instância *EC2*¹, bem como os objetos de aprendizagem.

A plataforma EC2 utiliza a tecnologia de *Cloud Computing*, nas palavras de Fernando, Loke e Rahayu (2013) a *cloud*, pode ser definida como :

“Uma agregação de computadores como um utilitário e software como um serviço, onde as aplicações são entregues como serviços sobre a internet e hardware e os sistemas de software em data centers provêem esses serviços.”

Na *cloud* foram disponibilizados os serviços citados, ademais, foi necessário instalar um banco de dados com suporte a RDF. Para isso, foi escolhido o banco de dados *Stardog*³.

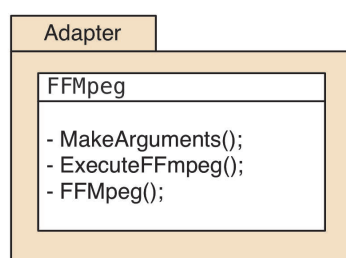
¹Instância do tipo t1.micro, com sistema Operacional (Microsoft Windows 2008) da *Amazon*²

³<http://stardog.com/>

Esta ferramenta, proporciona métodos de manipulação de RDF para os dados, *Sparql* para *queries* e utiliza OWL para o *reasoning*⁴. Com isso os serviços do EduAdapt podem acessar e manipular os dados na ontologia *OntoAdapt* através de um banco de dados semântico de forma mais simples e rápida. Os dados são inseridos através dos *webservices* e os metadados que descrevem os objetos de aprendizagem são coletados e armazenados na ontologia através do aplicativo de *Harvesting de Objetos de Aprendizagem*. Um trecho do código utilizado para fazer o download dos metadados pode ser visualizado no Anexo C.

Para a adaptação de mídias foi utilizada uma ferramenta para a conversão de mídias chamada *FFmpeg*⁵. Esta ferramenta realiza diversas operações na mídia como extração de áudio, adaptação de dimensão do vídeo para um determinado tamanho de tela e conversão de formatos. Para esta ferramenta ser utilizada dentro da aplicação, foi construída uma *.Dll* que segue o diagrama exibido na Figura 25.

Figura 25: Adaptador de mídias



Fonte: criado pela autora

Praticamente os métodos listados na Figura 25 são úteis para a adaptação de uma mídia em outra. Em termos práticos, a aplicação recebem um tipo de mídia e converte em outros formatos. Por exemplo: A aplicação recebe um arquivo *.FLV (animações) e ,se for determinado por parâmetro, pode extrair o áudio do arquivo transformando-o em *.MP3. Maiores detalhes do código utilizado para construir este adaptador pode ser encontrado no Anexo D.

5.2 Cliente

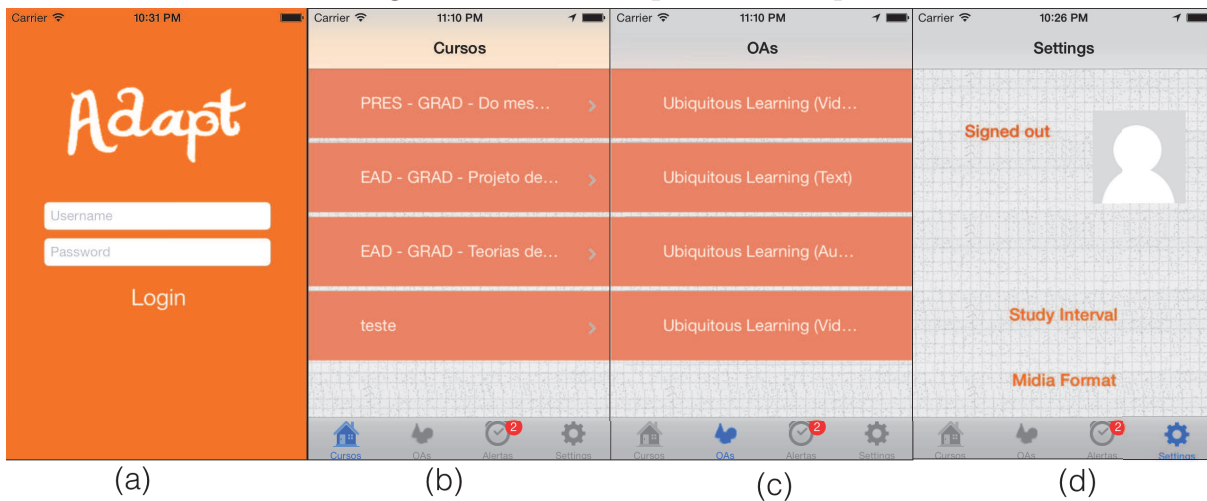
O protótipo do aplicativo cliente, chamado *Adapt*, foi desenvolvido, inicialmente, para o sistema operacional *Apple iOS*. Para o desenvolvimento do protótipo, foi utilizada a linguagem *Objective-C* no ambiente integrado de desenvolvimento *Apple XCode*. O resultado desta fase de construção pode ser observado na Figura 26, onde são exibidas as telas do login ((a)), a tela de cursos que o aluno frequenta (este recurso é obtido através

⁴<http://stardog.com> - Acessado em 13/jan/2014

⁵<http://www.ffmpeg.org/>

dos *webservices* disponibilizados no *Moodle*), a tela de objetos adaptados de acordo com o estilo de aprendizagem do aluno (tela (c)) e a tela para configurações (d).

Figura 26: Telas do aplicativo Adapt



Fonte: criado pela autora

A tela de login consiste na validação da identificação do aluno perante o sistema. Após a validação do login, é realizada a coleta do contexto. Essas informações contextuais são enviadas para o servidor e armazenadas no banco semântico (estruturado pela ontologia *OntoAdapt*).

Com o login validado, o aplicativo solicita ao servidor objetos de aprendizagem e notifica o aluno da existência de um objeto encontrado (vide Figura 27) exibindo-os conforme a Figura 26 (c).

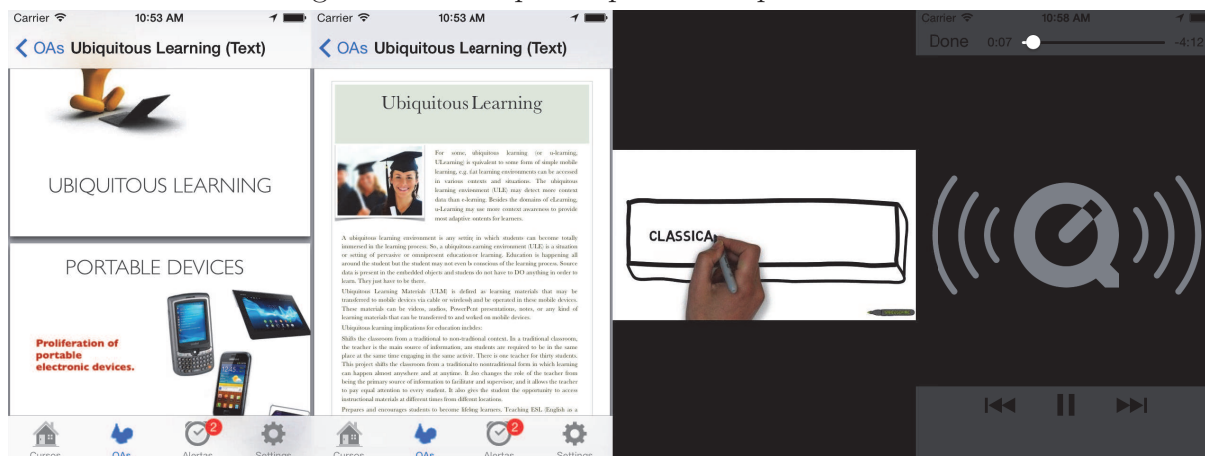
Figura 27: Telas do aplicativo Adapt - Recebimento de Notificação



Fonte: criado pela autora

Cada objeto listado no aplicativo pode ser visualizado no próprio dispositivo do aluno. A Figura 28 apresenta objetos de aprendizagem, visualizados no aplicativo em formatos *ppt*, *pdf*, *mp4* e *mp3* respectivamente.

Figura 28: Exemplo de possíveis tipos de mídias



Fonte: criado pela autora

5.3 *Harvesting* de Objetos de Aprendizagem

Para que o sistema possa ter mais alternativas para recomendar objetos para os alunos, é necessário ter uma integração com outros repositórios de OAs. Para isso, foi desenvolvido um protótipo funcional que tem como propósito extrair metadados de repositórios de OAs, que implementem o protocolo OAI-PMH. Existem diversos repositórios que implementam o protocolo OAI-PMH, tais como: **Ariadne**⁶ e **Merlot**⁷. Estes repositórios permitem localizar e obter esses objetos. No Brasil, os objetos de aprendizagem são disponibilizados no repositório **Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE)**⁸. O BIOE será utilizado como principal repositório de OAs na prototipação, pois todos os OAs estão disponibilizados em português e são constantemente atualizados. O BIOE é visualizado por aproximadamente 2.623.320 pessoas, onde 892.019.2 fazem downloads de objetos e desses downloads 73% são realizados por brasileiros (MEC, 2008).

Esses repositórios utilizam o software *DSpace*⁹ para implementação de sua estrutura. Essa ferramenta auxilia o gerenciamento do acervo digital e na manutenção do material por longo tempo. Criado pelo MIT e pela HP suporta vários formatos de mídias como vídeos, áudios, teses, dissertações, etc. O DSpace, tem como objetivo armazenar, preservar e distribuir os OA, e, por isso, necessita prover meios de interoperabilidade. Para isso, a *Open Archives Initiative* (OAI), desenvolveu um protocolo que tem como objetivo facilitar

⁶<http://www.ariadne-eu.org/>

⁷<http://www.merlot.org>

⁸<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>

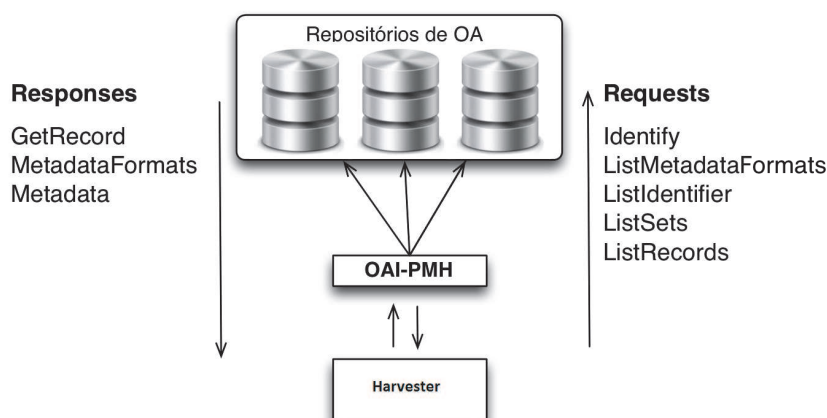
⁹<http://www.dspace.org/>

o acesso a estes repositórios de objetos. O protocolo de coleta de metadados OAI-PMH (Open Archives Initiative - Protocol for Metadata Harvesting), tem como proposta facilitar a interoperabilidade entre os repositórios digitais para construir portais de buscas de metadados (LAGOZE et al., 2008). O OAI-PMH introduz o conceito de *Metadata Harvesting* com o propósito de buscar metadados em um provedor de dados (LAGOZE et al., 2008). Para que esta busca se realize, são enviadas requisições baseadas em HTTP para provedores de dados. Nesses provedores de dados existem repositórios onde as buscas pelos metadados ocorrem. Como resposta da requisição *HTTP* é gerado um documento XML que contém o metadado contido no repositório.

O protocolo OAI-PMH é composto por 6 tipos de requisição (LAGOZE et al., 2008):

- *Identify*: É utilizada para recuperar informação sobre o repositório;
- *ListMetadataFormats*: Utilizada para recuperar os formatos disponíveis de um repositório;
- *ListIdentifier*: É uma abreviação do comando *ListRecord* que retorna somente os cabeçalhos ao invés de dados;
- *ListSets*: Usada para recuperar o conjunto de estruturas do repositório;
- *ListRecord*: É utilizada para coletar dados de um repositório;
- *GetRecord*: Recupera um metadado de um repositório;

Figura 29: Diagrama do funcionamento do sistema de obtenção de OAs



Fonte: Adaptado de <http://www.oaforum.org/tutorial/english/page3.htm>

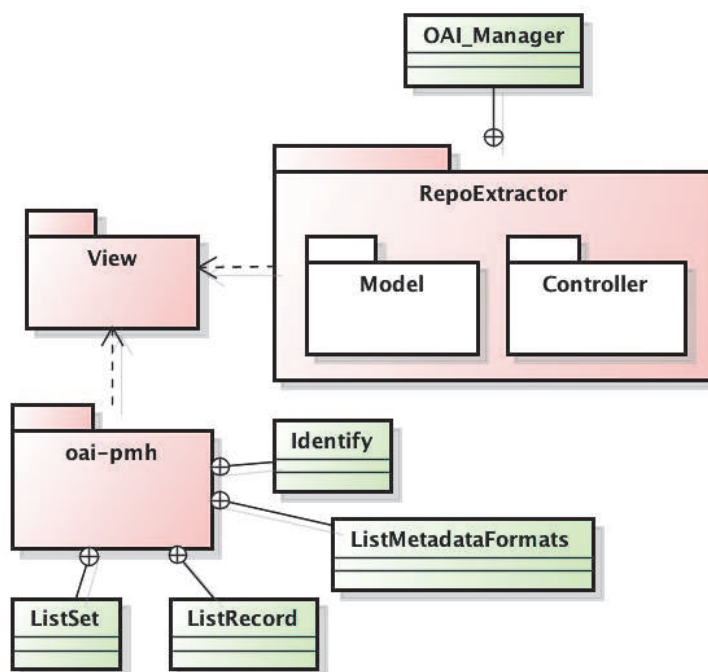
Os metadados do OAI-PMH seguem o padrão *Dublin Core* (DC) que é composto por 15 elementos que descrevem o conteúdo e que tem sido estabelecidos por um grupo de profissionais de várias áreas interdisciplinares (Dublin Core Metadata Initiative, 2013).

Os 15 elementos que compõe o metadado DC descrevem o material encontrado pelo OAI-PMH. Alguns exemplos desse metadados são: título, identificador, linguagem, direitos, descrição, formato, entre outros. Através do OAI-PMH é possível extrair dados de repositórios e com isso criar uma base de metadados com a finalidade de integrar os repositórios de objetos de aprendizagem.

A Figura 29 exibe um resumo do processo que extrai os metadados através do repositórios de objetos de aprendizagem.

Com o uso do protocolo OAI-PMH foi construído um software que implementa as operações de extração de OA e uma base de dados para armazenar os metadados de OAs. Como apresentado na Figura 30, o protótipo que gera a colheita de metadados é composto por três pacotes:

Figura 30: Diagrama de classes para o sistema de *Harvesting*



Fonte: criado pela autora

- **RepoExtractor:** Pacote com as classes que manipulam as requisições feitas através do protocolo OAI-PMH e manipulam os resultados obtidos armazenando em um banco de dados com os metadados de OAs;
- **View:** Pacote que apresenta a tela para a inserção do endereço do repositório alvo;
- **oai-pmh:** Pacote que possui as classes (Identy, ListMetadataFormats, ListSets, ListRecord, entre outras) que auxiliam na obtenção de dados dos repositórios.

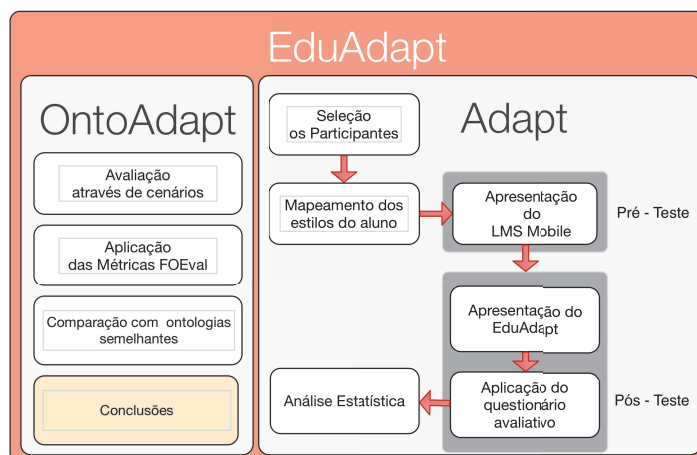
6 AVALIAÇÃO

Nesta seção são apresentadas as avaliações pelas quais este trabalho foi submetido juntamente com os resultados obtidos. Para isso, este capítulo será dividido de forma a exibir as metodologias utilizadas para a avaliação do modelo, da ontologia *OntoAdapt*, bem como, a avaliação do protótipo do modelo *EduAdapt*.

6.1 Metodologia

O processo de avaliação deste trabalho é dividido em duas etapas. A primeira consiste no processo de avaliação da ontologia com a aplicação de uma metodologia de avaliação por cenários e estudos de caso conforme Dey (2001) e Satyanarayanan (2001). Também na primeira etapa, foi aplicado o processo de avaliação da ontologia nos aspectos que tangem a qualidade da mesma frente aos conceitos chaves, métricas e comparações com ontologias que trabalham com conceitos similares. Na segunda etapa, a avaliação foi realizada através de um experimento com uma amostra por conveniência (TRIOLA, 2008) de 12 alunos¹ pertencentes ao curso de graduação em Computação da UNISINOS, onde foi apresentado o protótipo do aplicativo *EduAdapt* com objetos de aprendizagem relativos à disciplina, adaptados ao dispositivo e ao estilo de aprendizagem do aluno conforme apresentado na Figura 31.

Figura 31: Fluxo utilizado para a avaliação do modelo EduAdapt



Fonte: criado pela autora

Para a avaliação da ontologia *OntoAdapt* é aplicado inicialmente, a avaliação utilizando os conceitos de cenários com o objetivo de demonstrar a aplicação da ontologia em cenários possíveis de atuação da aplicação. Logo após, são demonstradas algumas métricas para ilustrar as características da *OntoAdapt*, seguindo por uma avaliação com uma

¹O perfil amostral dos respondentes é formada em 80% pelo sexo masculino.

ontologia semelhante. A segunda etapa, como demonstrado na figura 31, será constituído por uma seleção de amostra para avaliação do aplicativo Adapt. Com este grupo amostral, é efetuado a aplicação do questionário ILS (*Index of Learning Style*) para determinar os estilos de aprendizagem desta amostra. Em um momento inicial os participantes serão submetidos ao uso da ferramenta convencional de LMS. Após, é apresentado o aplicativo EduAdapt e em seguida é solicitado que os participantes respondam um questionário que avalia a qualidade e usabilidade da aplicação. Por fim, o processo da avaliação é finalizado com a aplicação de análises estatísticas.

6.2 Avaliação da Ontologia OntoAdapt

A avaliação da ontologia consiste em um passo importante no processo de construção de uma ontologia reutilizável e é uma parte importante para o processo de construção da mesma (QADIR, 2010). Conforme a metodologia utilizada (vide Capítulo 4) após as fases de *Início* e *Refinamento* (como apresentado na Figura 17) da ontologia é necessário avaliar.

Embora existam propostas para a avaliar ontologias (DORAN et al., 2008; OH; AHN, 2009; ARUNA; SARANYA; BHANDARI, 2011) não existe um método padronizado e simples para a avaliação e comparação (OUYANG et al., 2011). Afim de avaliar a ontologia *OntoAdapt* quanto a qualidade e a aderência ao modelo descrito foram selecionadas duas alternativas para avaliação: A primeira baseada em cenários, ilustrando a aplicação de regras na ontologia; A segunda, através de medições das características da ontologia em relação a qualidade e cobertura de conceitos, procurando salientar as qualidades da ontologia *OntoAdapt* frente a aplicação proposta. Nas subseções 6.2.1 e 6.2.2 estes conceitos serão abordados com maior detalhamento.

6.2.1 Baseada em Cenários

A comunidade científica tem utilizado cenários como método para avaliação de ambientes sensíveis ao contexto (SATYANARAYANAN, 2010; DEY, 2001; BARBOSA et al., 2011; SILVA et al., 2010). Com essa ideia, foram propostos três cenários para ilustrar e avaliar o comportamento da ontologia proposta. O primeiro cenário procura demonstrar o uso da aplicação *Adapt* e como o sistema envia o OA para o dispositivo do usuário:

“João está sentado em um banco de praça com o seu *smartphone*. O dispositivo possui uma carga de bateria considerável boas e está com uma boa conexão de rede WiFi. O estilo de aprendizagem do João é Visual-Verbal e no seu dispositivo está marcada como preferência a visualização de vídeos. Em uma análise dos testes do *Moodle*, foi constatado que João tem dificuldades em um conteúdo específico em uma das disciplinas que ele cursa. Sabendo disso o

sistema envia um objeto de aprendizagem adequado ao estilo de aprendizagem do João e ao dispositivo que ele possui.”

A regra que atende ao cenário 1, utilizada para obter o OA adequado, é descrita na Figura 32.

Figura 32: Regra *SWRL* para o cenário 1

```
LearningObject(?OBJ), Student(?Aluno), hasActivity(?Aluno, ?Act), hasDevice(?Aluno, "smartphone"), hasDifficulty-
Keyword(?Aluno, ?KW), hasKeyword(?OBJ, ?KW), hasLOMediaType(?OBJ, ?Media), hasLearningStyle(?Aluno, ?Style),
hasLearningStyle(?OBJ, ?Style), hasMediaType(?Act, ?Media), hasStudentMidiaPreference(?Aluno, ?Media), CanSendHigh-
Battery(?Media, "True"), CanSendHighConnections(?Media, "True"), CanSendToSmartphone(?Media, "True"), DeviceNetCon-
nection(?Device, "WiFi"), DeviceType(?Device, "smarphone") -> ChosenObject(?OBJ), hasObjectChosenToStudent(?Aluno,
?OBJ)
```

Fonte: criado pela autora

Através da propriedade *hasActivity* é definido o tipo de atividade que o aluno está executando no momento. Essas atividades são obtidas através das informações proveniente de sensores que os dispositivos móveis mais recentes possuem (acelerômetros, giroscópio e compasso). A propriedade *hasDifficultyKeyword* possui as palavra-chave que indicam os assuntos que o aluno tem dificuldades ou que necessita ter uma atenção maior. A partir do conhecimento dessas palavra-chaves que o sistema irá buscar objetos de aprendizagem que atendam a estas palavra-chaves, para isso a propriedade *hasKeyword* possui as palavra-chave que o OA atende. Com isso, a propriedade *ChosenObject* recebe o objeto escolhido e, através de uma busca SPARQL, é obtido o objeto adaptado ao contexto. A consulta para obter o OA (independente da regra) pode ser observado na Figura 33.

Figura 33: Consulta *Sparql* para o cenário 1

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX onto: <http://www.owl-ontologies.com/OntoAdapt2.owl#>
SELECT ?Title ?Link WHERE {onto:ID
    onto:hasObjectChosenToStudent ?obj.
    ?obj onto:LO_Link ?Link.
    ?obj onto:LO_Title ?Title.}
```

Fonte: criado pela autora

A consulta exibida na Figura 33 primeiramente, declara cinco prefixos. Na linguagem SPARQL os prefixos são utilizados para abreviar as URIs. Logo após a definição dos prefixos é definida a clausula de consulta. Para o propósito da *OntoAdapt* a consulta

realiza uma busca, verificando se a propriedade *hasObjectChosenToStudent* possui um objeto. Se a propriedade possuir o objeto, o resultado da consulta retornará o *link* para o repositório do objeto e o título.

Para demonstrar uma situação em que o usuário está se locomovendo é apresentado o cenário 2:

“Felipe está praticando esportes com o seu *smartphone*. O dispositivo possui boa carga de bateria e está utilizando a conexão 3G. O estilo de aprendizagem do Felipe é também *Visual-Verbal*. Em uma análise dos testes do *Moodle*, foi constatado que Felipe tem dificuldades em um conteúdo específico em uma das disciplinas que ele cursa. Por causa disso, o sistema envia um objeto de aprendizagem adequado ao estilo de aprendizagem do Felipe e ao dispositivo que ele possui. Porém, como Felipe está se locomovendo é enviado um áudio ao invés de um vídeo.”

A regra que descreve esse cenário é apresentada na Figura 34.

Figura 34: Consulta *SWRL* para o cenário 2

```
LearningObject(?OBJ), Student(?Aluno), hasActivity(?Aluno, ?Act), hasDevice(?Aluno, ?Device), hasDifficultyKeyword(?Aluno, ?KW), hasKeyword(?OBJ, ?KW), hasLOMediaType(?OBJ, ?Media), hasLearningStyle(?Aluno, ?Style), hasLearningStyle(?OBJ, ?Style), hasMediaType(?Act, ?Media), hasStudentMediaPreference(?Aluno, ?Media), CanSendLowConnections(?Media, "True"), CanSendToSmartphone(?Media, "True"), DeviceNetConnection(?Device, "3G"), DeviceType(?Device, "smartphone") -> ChosenObject(?OBJ), hasObjectChosenToStudent(?Aluno, ?OBJ)
```

Fonte: criado pela autora

Para esta regra a propriedade *CanSendLowConnections* é executada com a função de verificar se a mídia selecionada para o envio está adequada para o tipo de conexão do aluno no caso 3G. A propriedade *CanSendToSmartphone* é acionada através *DeviceType* que indica o tipo de dispositivo é *smartphone*. Com isso a classe *ChosenObject* e *hasObjectChosenToStudent* recebe os objetos de aprendizagem que aceitam as características impostas pela regra e através de consultas Sparql (veja a Figura 33) o objeto é selecionado e enviado para o dispositivo do usuário.

Por fim, o cenário 3 difere dos outros apresentados pois apresenta um dispositivo fixo.

“Amanda está na faculdade em uma das salas do laboratório de informática. Ela está utilizando o computador da universidade e seu estilo de aprendizagem é *Sensitivo e Intuitivo*. Amanda tem dificuldades em um conteúdo

de Algoritmos. Sabendo disso o sistema envia um objeto de aprendizagem adequado ao estilo de aprendizagem e ao dispositivo (no caso o *Desktop*). ”

A regra utilizada para este cenário é apresentada na Figura 35. Neste caso, as inferências são aplicadas e são indicados OAs que atendam ao estilo “Sensitivo e Intuitivo”, conexão do tipo WiFi e principalmente as duvidas do aluno, neste caso algoritmos.

Figura 35: Consulta *SWRL* para o cenário 3

```
LearningObject(?OBJ), Student(?Aluno),hasDevice(?Aluno,"Desktop"), hasDifficultyKeyword(?Aluno, "Algoritmos"), hasKeyword(?OBJ,"Algoritmos"), hasLOMedia
Type(?OBJ, ?Media), hasLearningStyle(?Aluno, "Sensitivo_Intuitivo"), hasLearningStyle(?OBJ, ?Style), hasMediaType(?Act, ?Media), DeviceNetConnection(?Device, "WiFi"), DeviceType(?Device, "Desktop") -> ChosenObject(?OBJ),
hasObjectChosenToStudent(?Aluno, ?OBJ)
```

Fonte: criado pela autora

Nesta regra, o dispositivo em questão é um *desktop* e por possuir uma conexão do tipo WiFi, é possível que a velocidade seja maior. O aluno está com dificuldade em Algoritmos, possui um estilo de aprendizagem Sensitivo e Intuitivo. Com essa informação, o *reasoner* tentará procurar por objetos que contenham em sua descrição palavras chaves “algoritmos” e que sejam adequados a pessoas com estilo de aprendizagem Sensitivo_Intuitivo. Com essas definições combinadas, o objeto é armazenado nas propriedade *ChosenObject* e *hasObjectChosenToStudent*.

Esses três cenários demonstram basicamente aplicações que podem ser realizadas através do uso da ontologia *OntoAdapt*. Outros arranjos de informações podem ser construídos, utilizando os indivíduos presentes na ontologia ou criando outros a partir da aplicação.

A justificativa da utilização de ontologias ao invés do uso de banco de dados convencional se deve a capacidade de execução de regras, aplicação de inferências e semântica entre os conceitos. Estas características trazem facilidades que não estão presentes na arquitetura usual de bancos de dados. Uma delas é o uso de *reasoner* para inferências. Os *reasoners* determinam quais instâncias pertencem a ontologia, dependendo no entanto, de que todas as restrições para isto estejam adequadas (MARTINEZ-CRUZ; BLANCO; VILA, 2012). Outro ponto importante de diferença entre as duas abordagens é que os *reasoners* podem fornecer novas informações independentemente se os dados estão definidos. Em contraponto, nos bancos de dados convencionais, são fornecidas novas informações utilizando tuplas ou através de esquema² ou partes de outros esquema(MARTINEZ-CRUZ; BLANCO; VILA, 2012).

²Em bancos relacionais os *schemes* definem todos os elementos presentes em um banco de dados

6.2.2 Métricas da Ontologia

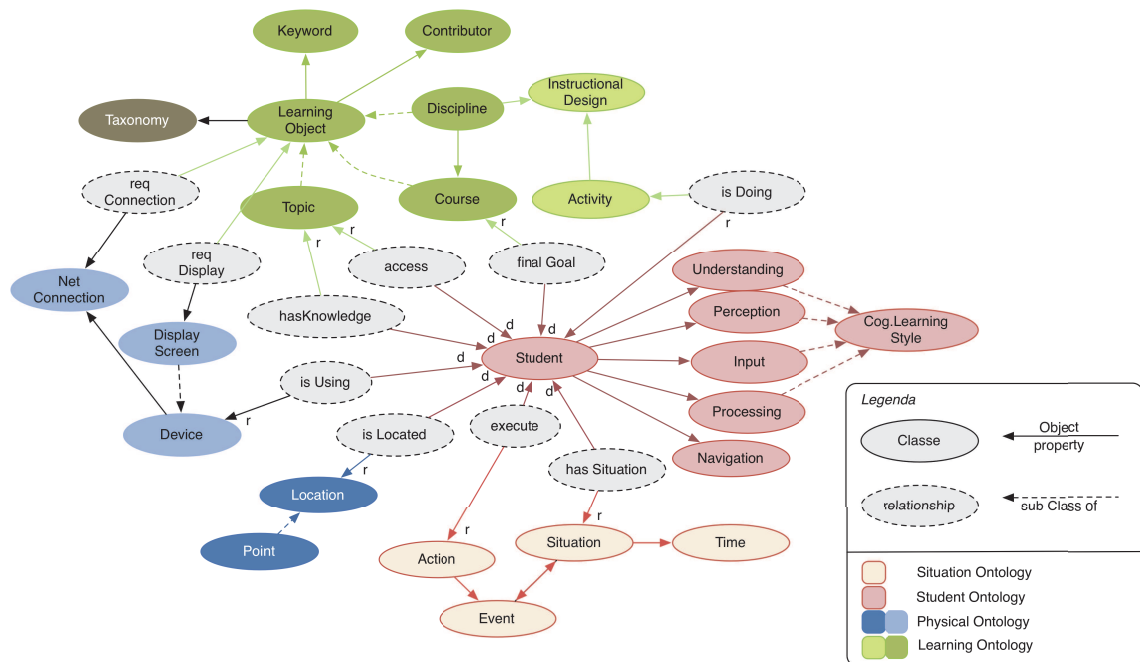
Para a avaliação através do uso de métricas, foi utilizado o modelo de avaliação chamado *FOEval* (“*Full Ontology Evaluation*”) descrito no trabalho de Bachir Bouiadjra e Benslimane (2011). O *FOEval* consiste em métricas que auxiliam na verificação de ontologias locais ou remotas. Para verificar a ontologia, foram utilizadas métricas de *cobertura*, *riqueza* e *nível de detalhe* propostas no *FOEval*. Essas métricas fornecem pesos que auxiliam na escolha entre ontologias para uma aplicação específica.

Com o propósito de avaliar a ontologia mostrando a aplicação das métricas apresentadas foi utilizado a ontologia exposta no trabalho de Pernas et al. (2012). A escolha desde trabalho de referência se deu em virtude da semelhança em propósito e em conceitos utilizados. A ontologia de Pernas et al. (2012) é destinada a adaptação de sistemas web considerando o contexto do estudante afim de reagir de acordo com as necessidades da situação que o estudante apresenta. Essa ontologia aborda 5 conceitos: Objeto de aprendizagem, perfil do Estudante e o seu Estilo de Aprendizagem, Situação, Localização e Dispositivo. Estes conceitos auxiliam encontrar a situação atual dos estudantes quando eles estão navegando em um sistema de *e-learning* (PERNAS et al., 2012). As classes e conexões abordadas na ontologia são apresentadas na Figura 36.

A Tabela 7 exhibe métricas da ontologia *OntoAdapt* e da ontologia descrita no trabalho de Pernas et al. (2012). Estas métricas foram extraídas através do software *Protégé* automaticamente ou com o auxílio de consultas escritas com a linguagem *SPARQL*. Com a extrações das métricas das duas ontologias através do software *Protégé* foram obtidos os valores apresentados na Tabela 7. Nesta tabela, são apresentadas algumas características da ontologia. A métrica Lógica de Descrição (LD) consiste em um formalismo para representar o conhecimento sob um domínio. Existem várias LDs que são definidas por classes, propriedades e construtoras de axiomas que elas suportam. Para as duas ontologias analisadas a LD foi a mesma *SHOIN(D)*, isso indica que as ontologias construídas possuem regras transitivas, hierarquias (a partir do uso de subpropriedades *rdfs:subPropertyOf*), nominais, propriedades inversas, restrições cardinais e o uso de propriedades de dados (HORRIDGE et al., 2012). As anotações são elementos livres de semântica, utilizadas para descrever qualquer recurso ou axioma em uma ontologia. As propriedades de objetos são elementos que indicam o relacionamento de instâncias entre duas classes, já as propriedades de dados são as relações entre instâncias de classes e literais de RDF e tipos de dados XML. Propriedades que possuem um domínio específico ou uma faixa específica indicam que as propriedades não permitem serem utilizadas com outros domínios ou tipos de literais a não ser aquelas pelas quais foram determinadas inicialmente. A métrica número de classes e subclasses constituem na quantidade que esses elementos são encontrados nas duas ontologias comparadas.

A partir dos dados obtidos no Protégé foi possível calcular as métricas propostas na

Figura 36: Ontologia proposta por Pernas et al. (2012)



Fonte: Pernas et al. (2012)

Tabela 7: Métricas aplicadas na ontologia

Métrica	OntoAdapt	(PERNAS et al., 2012)
Lógica de Descrição	SHOIN(D)	SHOIN(D)
Anotações	7	7
Propriedades de Objeto	15	71
Propriedades de Dados	25	39
Propriedades com o domínio específico	18	98
Propriedades com faixa específica	7	59
Número total de classes	28	52
Número total de subclasses	2	31

Fonte: Criado pela autora

metodologia FOEval. A métrica **Riqueza de Relações** (RR) reflete a diversidade de relações e colocações de relações na ontologia. A ontologia que possui mais relacionamentos (composição), em vez de heranças (especializações), é considerada mais rica do que a taxonomia com a característica oposta. O cálculo do RR é definido como a razão entre o número de quaisquer relações hierárquicas e o número de todos os relacionamentos da ontologia. A métrica de **Riqueza de Atributos** (AR) é utilizada para designar a quantidade de informação armazenada pela ontologia. Isso determina que quanto mais atributos são definidos na ontologia, melhor será o conhecimento representado. O cálculo para de-

terminar o valor de AR é definido como a razão entre o número de atributos definidos para todas as categorias e a quantidade de classes na ontologias. Os resultados para a OntoAdapt foram 0,88 pontos para RR e 0,89 para AR. Estes dois resultados indicam que é mais rica a ontologia proposta em atributos do que em relações. Adicionando as duas métricas (RR+AR) podemos obter a Riqueza da Ontologia (RO), que é de 1,77 pontos. Esta medida pode ser utilizada na comparação com outras ontologias, a fim de determinar o quanto o valor de RO é significativo. Outra métrica importante para demonstrar como a ontologia proposta é dividida, isto é, como ocorre a distribuição da ontologia, é a *Riqueza de Subclasse* (RS) ou *Riqueza de Heranças* (HR). Esta métrica reflete a distribuição de informações entre os diferentes níveis da ontologia indicando assim como o conhecimento é agrupado em diferentes categorias e subcategorias na ontologia (BACHIR BOUIADJRA; BENSLIMANE, 2011). O cálculo do RS é composto pela razão entre o número de subclasses e da soma entre classes e subclasses. Este cálculo, para o OntoAdapt, resultou em 0,06 pontos. Este valor indica que a OntoAdapt tende a ser vertical, porque o valor de RS não é muito elevado. A Tabela 8 resume as métricas de acordo com o modelo FOEval para as duas ontologias mencionadas.

Tabela 8: Comparações entre as duas ontologias

Métrica	OntoAdapt	(PERNAS et al., 2012)
RR	0,88	0,69
AR	0,89	3,0
RO	1,77	3,69
RS	0,06	0,37

Fonte: Criado pela autora

Quanto a ontologia descrita no trabalho (PERNAS et al., 2012) os valores apresentados foram mais significativos se comparado à ontologia OntoAdapt realçando o potencial descritivo na qual a ontologia se propõe. A quantidade de relacionamentos da OntoAdapt é maior, porém o valor de RR não é um fator relevante para a escolha entre as duas ontologias. Em contraponto, o valor RO é determinante para afirmar que a ontologia comparada é mais rica e mais informativa (por conter mais atributos e relações) do que a proposta neste trabalho. Considerando que o escopo do trabalho é a adaptação de OA para contexto e estilo de aprendizagem e que os resultados para RO indicam 1,77, é possível concluir que a OntoAdapt é adequado. Por fim, avaliou-se a cobertura da ontologia. Este cálculo consiste em avaliar se um conjunto de termos comuns e variados em um campo específico está presente na ontologia proposta. A cobertura pode ser avaliada através do uso de determinadas palavras-chave relacionadas ao assunto principal. Para esta avaliação foram selecionadas 10 palavras-chave: Estilo de aprendizagem, Objeto, Local, Hora, Desempenho do aluno, Dispositivo, Atividade, Contexto, Aluno, Conexão. A escolha destas palavras se deu através da seleção de 10 termos que são citados em artigos que envolvem os conceitos empregados em ontologias propostas. Os artigos escolhidos

(YARANDI; JAHANKHANI; TAWIL, 2012; MENOLLI; REINEHR; MALUCELLI, 2012; HAN; GAO; WANG, 2010) envolvem a adaptação ou recomendação de objetos de aprendizagem. Com as palavras-chave escolhidas foram realizadas comparações com as classes existentes na ontologia. Os resultados apresentaram que a ontologia proposta corresponde plenamente com todos os termos selecionados. Com este resultado, é possível afirmar que a ontologia tem uma boa cobertura de elementos em termos de domínio.

Quanto a estrutura da ontologia, de acordo com Vrande et al. (2010), as métricas ainda não são bem definidas. Alguns métodos procuram verificar a profundidade da hierarquia das classes, porém se deparam nas propriedades com os seus domínios e relações tornando essa tarefa complexa. A expressividade da linguagem utilizada para modelar a ontologia define um limite superior nas complexidades que são aplicadas nas tarefas do *reasoner*. A partir de uma avaliação que a ferramenta Protégé possui, resulta que tanto a OntoAdapt quanto a ontologia utilizada para comparação correspondem a descrição $SHOIN(\mathcal{D})$ possibilitando a verificação do *reasoner* em um tempo satisfatório e em uma complexidade exponencial (VRANDE et al., 2010).

6.3 Avaliação do Comportamento do EduAdapt

Nesta etapa da pesquisa foi realizada uma avaliação com uma turma de alunos do curso de graduação da disciplina de ***EAD - GRAD - Ubiquitous and Mobile Computing*** (disponibilizada em formato EaD na UNISINOS). Primeiramente, os alunos, foram submetidos a um teste para detectar o estilo de aprendizagem de cada um. Este teste, composto por 44 questões, de acordo com o questionário de Solomon e Felder (2013) foi integrado ao ambiente *LMS Moodle* utilizado pela disciplina. O questionário disponibilizado ao aluno possui a interface visual como apresentada na Figura 37. Após responder as 44 questões que compõe o questionário de estilo de aprendizagem, o aluno tem acesso aos resultados da análise conforme exibido na Figura 38.

Figura 37: Apresentação do questionário de avaliação de estilo de aprendizagem

UNISINOS
Olá, MÁRCIA ELIS ABECH | Sair

Quando tenho que trabalhar em um projeto em grupo, eu prefiro que se faça primeiro

um debate (brainstorming) em grupo, onde todos contribuem com idéias

um brainstorming individual, seguido de reunião do grupo para comparar as idéias

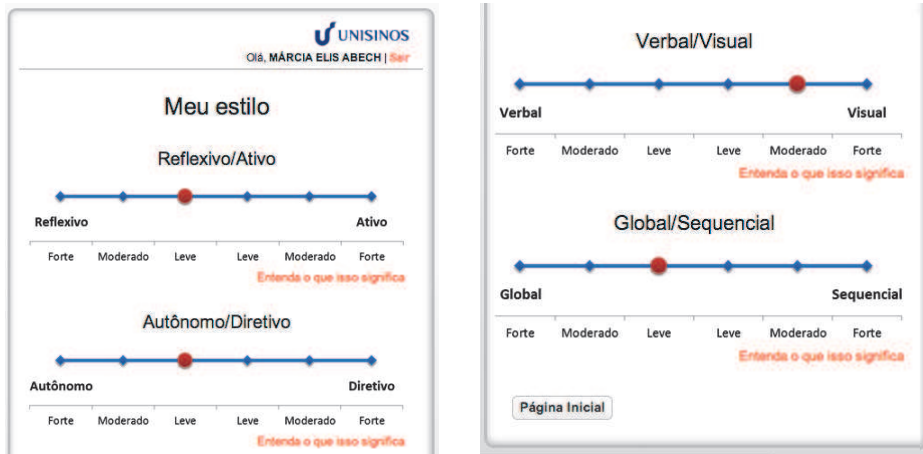
Anterior Próximo Salvar e Sair

33 de 44

Fonte: Questionário desenvolvido por Leonardo Heidrich

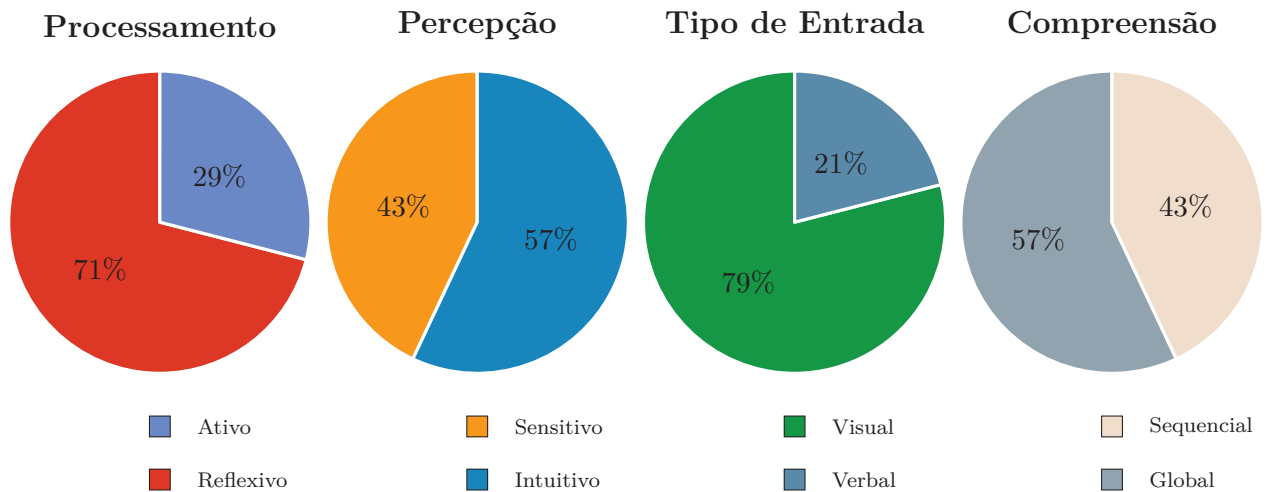
Os resultados da análise do questionário, demonstram que os alunos da disciplina ***EAD - GRAD - Ubiquitous and Mobile Computing*** são, preferencialmente, Re-

Figura 38: Apresentação das análise do estilo de aprendizagem através do questionário ILS



flexivos, Intuitivos, Visuais e Globais. Essa conclusão pode ser visualizada na Figura 39.

Figura 39: Distribuição de alunos em relação as dimensões do questionário de Felder&Silverman



Fonte: Criado pela autora

O intervalo de confiança para os dados referentes aos estilos de aprendizagem dos alunos, com 95% confiança de que a média está no intervalo, é demonstrado na Tabela 9. Após a definição dos estilos de aprendizagem, conforme metodologia apresentada na seção 6.1, foi realizado o experimento, dividido em pré-teste e pós-teste. A próxima seção detalha esta etapa.

Tabela 9: Resultados da aplicação do questionário de Felder&Silverman

Dimensão	Intervalo de Confiança	Margem de Erro
Processamento	[2.35 ; 0.098]	1.07
Percepção	[2.34;-0.009]	1.18
Tipo de Entrada	[1.8;-0.52]	0.64
Compreensão	[2.29;-0.009]	1.15

Fonte: Criado pela autora

6.3.1 Experimentos Realizados

Após a identificação do estilo de aprendizagem através do questionário de Felder e Silverman, os alunos foram apresentados ao aplicativo móvel *Adapt*. Para isso foram disponibilizados dispositivos (1 *Apple iPads®*, 1 *Apple iPhone®* e 2 *Apple iPod Touch®*) móveis com acesso à internet através de conexões WiFi e 3G com o aplicativo *Adapt* instalado. Também foram construídos OAs para a disciplina considerando o estilo de aprendizagem dos alunos. Estes objetos foram desenvolvidos e disponibilizados em 5 mídias de acordo com cada estilo como exibido na Tabela 10 (adaptada do trabalho de Franzoni e Assar (2008)). Os objetos de aprendizagem foram armazenados em servidores da *Amazon*, usando o serviço AWS, para serem acessados via *webservices* através dos dispositivos móveis.

No momento em que o aluno recebeu o dispositivo e colocou sua identificação no sistema, imediatamente recebeu um objeto de aprendizagem adaptado para o dispositivo e para o estilo de aprendizagem (anteriormente coletado). Após este teste todos os alunos foram convidados a responder um questionário avaliativo sobre a aplicação *Adapt*.

O questionário tem como base os trabalhos de Chu et al. (2010), Ssemugabi (2009) e Reitz (2009). Composto por 10 questões com respostas escalonadas de acordo com a escala *Likert* (LIKERT, 1932) de cinco pontos. Esta escala fornece cinco alternativas em um intervalo de 1 ponto (concordo totalmente) até de 5 pontos (discordo totalmente), possibilitando assim, avaliar quanto o entrevistado concorda ou não com os questionamentos feito a ele. Para identificar a confiabilidade deste questionário foi empregado o coeficiente *alfa de Cronbach* (CRONBACH, 1951), que permite estimar a correlação entre

Tabela 10: Relação entre tipo de mídias e objetos de aprendizagem (FRANZONI; ASSAR, 2008)

		Sensitivo	Intuitivo	Visual	Verbal	Ativo	Reflexivo	Sequencial	Global
Mídia	Áudio	-	-	-	✓	-	-	✓	-
	Wikis	✓	-	✓	-	✓	-	-	✓
	Diagrama	✓	✓	✓	-	-	-	-	-
	Leitura	-	-	-	-	-	✓	✓	-
	Video	-	-	✓	✓	-	-	-	-

as respostas dadas pelos respondentes. O alfa Cronbach para este questionário resultou em 0.8, isto indica que o questionário utilizado é confiável por estar acima de 0.7, valor que é indicado como o mínimo de confiança aceitável (GÓMEZ et al., 2013; GLIEM; GLIEM, 2003). As questões que compõe o questionário aplicado para avaliar o sistema EduAdapt são exibidas na Figura 40.

Figura 40: Questionário avaliativo

1. O conteúdo educacional está adaptado adequadamente para o dispositivo?
2. A apresentação do conteúdo das disciplinas é adequada para mim?
3. É adequada a disponibilidade do material através do dispositivo?
4. Comparando com o modelo atual de educação a distância, este aplicativo pode vir a auxiliar no seu aprendizado.
5. O EduAdapt pode promover maior interesse no aprendizado?
6. Posso compreender facilmente o conteúdo apresentado na tela?
7. A aplicação possibilita o estudo independente da localização e do ambiente?
8. Eu achei o sistema fácil de usar?
9. É rápido de se trabalhar no sistema?
10. A aplicação facilita meu aprendizado?

Fonte: Criado pela autora

Como resultado da aplicação do questionário, foram obtidos os percentuais apresentados na Tabela 11. A primeira coluna da tabela representa a questão formulada seguindo pelas colunas que indicam a porcentagem de respostas para cada item da escala *Likert*, seguido pelo valor indicativo de concordância entre as respostas.

Tabela 11: Resumo das respostas

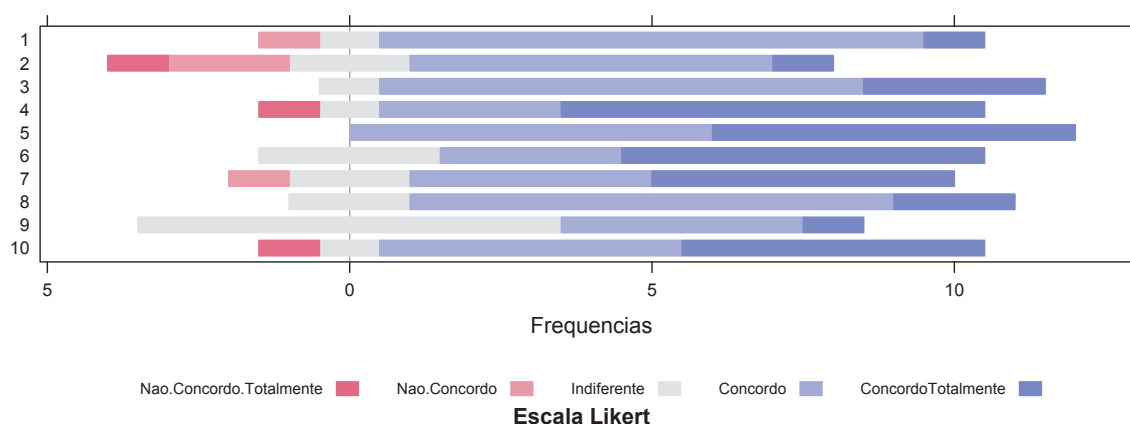
Questão	Concordo Totalmente	Concordo	Indiferente	Não Concordo	Não Concordo Totalmente	WAV
Q1.	8%	75%	8%	8%	0%	3.83
Q2.	8%	50%	17%	17%	8%	3.33
Q3.	25%	67%	8%	0%	0%	4.17
Q4.	58%	25%	8%	0%	8%	4.25
Q5.	50%	50%	0%	0%	0%	4.50
Q6.	50%	25%	25%	0%	0%	4.25
Q7.	42%	33%	17%	8%	0%	4.08
Q8.	17%	67%	17%	0%	0%	4.00
Q9.	8%	33%	58%	0%	0%	3.50
Q10.	42%	42%	8%	0%	8%	4.08

WAV - Weight Average Value = $(5P+4Q+3R+2S+ 1X)/12$ onde P, Q, R, S e X são os números de respostas na escala Likert e 12 corresponde ao número de entrevistados (ZHAO; WAN; OKAMOTO, 2010).

Para a análise das respostas do questionário foi calculado o WAV - *Weight Average Value* dos itens de acordo com a escala Likert (última coluna da Tabela 11). Neste cálculo, atribui-se valores de 1 a 5 para cada resposta. Após, é calculada a média ponderada para cada item com base na frequência das respostas. Este valor indica que, quanto mais próximo de 5 o valor de WAV estiver, maior será o nível de satisfação dos alunos em relação ao aplicativo e quanto mais próximo de 1 menor a satisfação. Destes valores coletados, a maior pontuação obtida foi para a questão 5 mostrando que o EduAdapt pode vir a ser uma ferramenta de auxílio no processo de aprendizagem do aluno. Porém, comparado com os demais itens avaliados, a adaptação não apresentou uma pontuação tão elevada, como demonstrado nas questões relativas à esse quesito e apresentação do conteúdo (questão

1, 2 e 3). Entretanto, os valores na faixa de 3.33 à 4.25, são considerados satisfatórios no âmbito deste trabalho, por estarem acima da média e, portanto, mais próximos do valor 5. A Figura 41, demonstra visualmente a positividade das respostas em relação ao sistema EduAdapt. Na figura pode-se observar a alta incidência de respostas na faixa concordo e concordo totalmente, bem como a maior incidência relativa a questão 2. Observa-se também que a questão 9 foi a que gerou maior indiferença dos usuários, pois muitos consideraram que não utilizaram suficiente para avaliar o desempenho do sistema.

Figura 41: Frequências das respostas obtidas



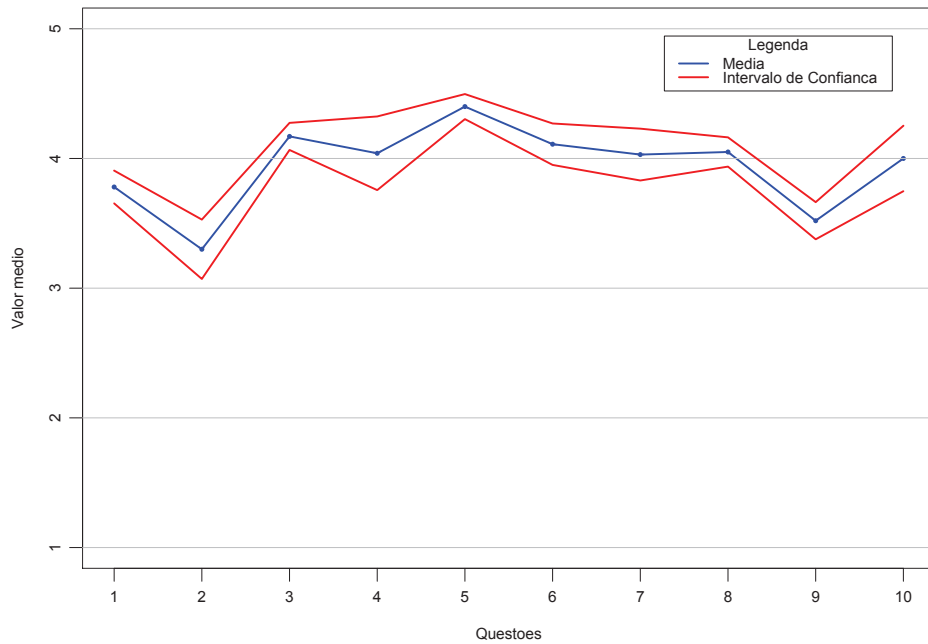
Fonte: criado pela autora

No gráfico da Figura 42 é apresentado o intervalo de confiança juntamente com as médias das respostas.

Para estimar a normalidade dos dados apresentados foram realizados cálculos que indicam o quanto o valor está próximo a média em uma população utilizando o desvio padrão para definir a escala. Na Figura 43 é apresentado os valores médios, de *score-z* e coeficiente de variação. Primeiramente o valor que representa a média é traçado entre os valores de 3.3 à 4.5, como abordado anteriormente. Para o coeficiente de variação (CV), que indica a homogeneidade de conjuntos de valores, a maioria dos valores (70%) obtidos ficaram abaixo dos 25% indicando que estes são consistentes. Quanto ao valor *score-Z*, este indica se os valores seguem uma distribuição normal ou o quão estão perto de uma que apresentam essa característica de distribuição. Neste caso, 3 questões apresentaram valores acima de 50%, demonstrando assim que as respostas obtidas não seguem uma distribuição normal.

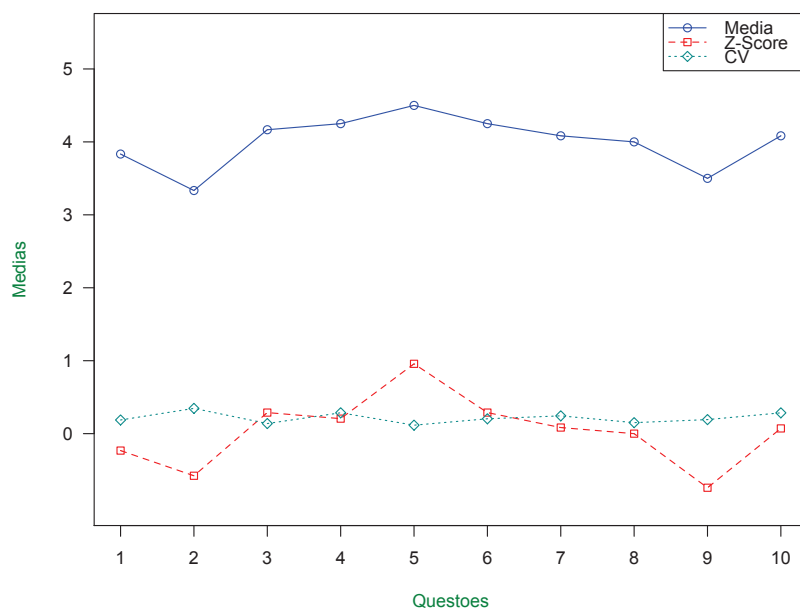
Por ter utilizado a escala Likert e esta não ser classificada como uma escala paramétrica e também, tendo em vista a pequena quantidade amostral utilizada, foi utilizado o teste Wilcoxon-Mann-Whitney (AHMAD, 1996), com o intuito de verificar se as amostras possuem a mesma distribuição. Para a preparação do teste a amostra foi dividida em dois grupos. O primeiro, engloba as respostas concordantes (Concordo totalmente e concordo)

Figura 42: Valor médio entre o grupo de respostas e intervalo de confiança



Fonte: criado pela autora

Figura 43: Valor médio, escore-z e coeficiente de variação



Fonte: criado pela autora

e o segundo as respostas que discordam (Não concordo totalmente e não concordo). A partir disso, foi aplicado o teste a 0.05 de nível de significância de que os dois conjuntos

de valores seguem a mesma distribuição. Com o uso do software estatístico R³, o teste resultou em negativo, ou seja os dois grupos não seguem o mesmo modelo de distribuição indicando assim a independência dos valores (a partir do resultado de um elemento não é possível inferir nenhuma conclusão sobre o outro) que compõe a amostra.

³<http://www.r-project.org/>

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conceitos ligados ao contexto e computação móvel e ubíqua vêm recebendo espaço no desenvolvimento de sistemas e aplicações voltadas à educação. Estes sistemas se tornaram aptos a analisar o contexto do aluno buscando formas de percepção de um ambiente e agindo de forma adequada às necessidades do aluno.

Este trabalho, inicialmente, abordou questões inerentes aos temas de Educação a Distância, objetos de aprendizagem e adaptação com o emprego de ontologias, visando ambientar o leitor aos elementos que compõe o modelo. No decorrer deste trabalho foram analisados cinco trabalhos com características semelhantes ao modelo EduAdapt, sendo eles SPREADR, e-SikShak, GlobalEdu, Fawis e Odin. Nesse domínio, o EduAdapt se insere, propondo uma solução para adaptar objetos de aprendizagem ao contexto e perfil do aluno. Nesse sentido o trabalho apresentou uma ontologia que é utilizada como “motor” de recomendação com as características necessárias para tal função. Também foi apresentado o modelo de arquitetura que compõe o sistema EduAdapt bem como o desenvolvimento do protótipo destinado à comprovação do modelo.

Afim de determinar a viabilidade do modelo EduAdapt foram realizadas três avaliações referentes a ontologia conhecida como OntoAdapt e ao protótipo do aplicativo móvel chamado de Adapt. A primeira através do uso de cenários e métricas aplicados na ontologia OntoEdapt e uma avaliação de aceitação junto a usuários (alunos) entrevistados. Através da avaliação com alunos foi observado um grande interesse por parte deles em adquirir aplicativos com esta finalidade e demonstraram ainda, a necessidade de ter aplicativos móveis que integrem a vida acadêmica de forma contextual e com maior interação.

Finalmente, como principais resultados, foi possível verificar a relevância do modelo aos cenários apresentados, bem como, a aceitação do EduAdapt perante o público-alvo. Esta última afirmação é feita a partir do questionário aplicado em uma turma de alunos, onde foi possível observar que houve um grande interesse por meios dos alunos e aceitação no aplicativo (Adapt), apresentando certa de 78% de aceitação.

7.1 Comparação com os Trabalhos Relacionados

Com a implementação e avaliação do protótipo construído para atender o modelo EduAdapt, é possível compará-lo com os trabalhos científicos relacionados apresentados na Seção 3. Na Tabela 12 são resumidas as aptidões de cada trabalho juntamente com as características do modelo proposto EduAdapt. O estudo e o desenvolvimento de trabalhos destinados à adaptação de objetos de aprendizagem não são novos. Diversos estudos procuram adaptar objetos de aprendizagem para determinados contextos e dispositivos. Quanto ao modelo EduAdapt, um diferencial é a capacidade de obter objetos a partir de repositórios existentes e enviá-los para o dispositivo do aluno. Tentando assim incentivar

a comunidade de desenvolvedores de OAs a tornarem e a criarem conteúdos públicos. Aliado a essa funcionalidade, foram aplicadas funcionalidades que utilizam tecnologias que estão sendo aperfeiçoadas nos dispositivos atuais, como as de notificações e sensores de movimento. Outro diferencial é a integração com o LMS onde o aluno pode visualizar os objetos e conteúdos dos seus cursos e a partir disso, a aplicação pode conhecer suas necessidades.

O uso de ontologias pode também ser considerado como um diferencial para este trabalho. Com o uso desta técnica, os conceitos empregados na base de dados contém significado e juntamente com as regras, as adaptações podem ser realizadas de forma explícita. Em relação aos trabalhos estudados, um fator considerável é a quantidade de informações contextuais que o EduAdapt possui, assim como o trabalho do GlobalEdu.

Quanto a forma de aquisição do contexto, o EduAdapt se caracteriza por obter de forma implícita e explícita, ou seja, com a presença de sensores de localização e movimento a forma de aquisição é explícita e automática e implícita por inferir elementos a partir de outros com a ajuda da ontologia. Já no modo de aquisição de contexto, a informação é adquirida de forma instantânea apenas no início da aplicação. A aquisição de forma instantânea implica na não atualização sucessiva do contexto. Essa característica poderá ser substituída pela forma de aquisição contínua, através do uso de requisições a *webservices* porém deve-se estudar o custo das requisições constantes para esses serviços.

A adaptação do recurso oferecido ao aluno é realizado no momento em que é recebido o contexto do aluno. Essa característica atribui ao modelo EduAdapt como adaptação sendo do tipo dinâmica. Devido a essa característica, existe uma demanda de maior tempo no recebimento do objeto pelo usuário, pois a conversão é realizada após o recebimento do contexto. A vantagem em relação ao tipo estático, é que no tipo dinâmico não é necessário haver espaço nos servidores para armazenar o objeto adaptado. Uma solução adequada para este cenário seria a adaptação híbrida. Neste tipo, os tipos dinâmicos e estático são alternados de acordo com o tipo de mídia. Porém, este tipo possui a desvantagem de necessitar de um gerenciamento do sistema na escolha dos métodos de adaptação.

7.2 Contribuições

Esta proposta fez uso de diferentes áreas de estudo. Isso exigiu um aprofundamento nas teorias que envolvem a adaptação de objetos de aprendizagem e dispositivos móveis, bem como a elaboração de cenários e avaliação do protótipo do modelo. Este estudo resultou em dois artigos publicados em simpósios da área de educação e descrevem o modelo de arquitetura abordado neste trabalho.

Na lista a seguir são apresentados os artigos publicados:

- **ABECH, Márcia; COSTA, Cristiano A.; BARBOSA, Jorge L. V.; RIGO, Sandro J.; LEITHARDT, Valderi R. Q.; Uma Proposta de Adaptação de**

Tabela 12: Comparação com os trabalhos relacionados

Quesito	Característica	Detalhamento	Spreadr	eSikShak	GlobalEdu	Fawis	Odin	EduAdapt
Contexto	Tipo de Contexto	Localização	✓	✗	✓	✗	✓	✓
		Tempo	✓	✗	✓	✗	✓	✓
		Carac. do Dispositivo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Rede	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Ambiente	✗	✗	✓	✗	✓	✓
		Perfil do Usuário	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Estilo de Aprendizagem	✗	✗	✓	✗	✗	✓
	Forma de Aquisição	Explícito	✗	✗	✓	✗	✓	✓
		Implícito	✓	✓	✗	✓	✓	✓
	Modo de Aquisição	Instantâneo	✓	✓	✗	✓	✓	✓
		Contínuo	✗	✗	✓	✗	✗	✗
	Modo de Armazenamento		Ontologia	não Especificado	Não Especificado	Banco de Dados	Banco de Dados	Ontologia
Adaptação	Adaptação da Aplicação		✗	✓	✓	✗	✗	✗
	Adaptação do Conteúdo		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Método de Adaptação		Regras determinadas pelo usuário e uso de Spreading Activation Network	Mobile JSF	✗	Regras com JADE	Regras	Regras
	Tipo de Adaptação	Estática	✗	✗	✗	✗	✓	✗
		Dinâmica	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Composicional	✓	✗	✗	✗	✗	✗	
Outros	Aplicação Web		✓	✓	nativa	nativa	✓	nativa
	Integração LMS		✗	✓ ^a	✗	✗	✗	✓
	Notificação		✗	✗	✓	✗	✗	✓
	Utiliza Objetos de Aprendizagem		✗	✗	✓	✗	✗	✓
	Haversting de Objetos de Aprendizagem		✗	✗	✗	✗	✗	✓

✗: Indica que o requisito não se aplica no modelo. ✓: Indica que o requisito se aplica ao modelo.

Fonte: Elaborada pela autora.

^aO sistema se comporta como um LMS adaptável

Objetos de Aprendizagem no Âmbito da Educação Móvel e Ubíqua. In: XVII Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE), 2012, Santiago. Proceedings of the TISE 2012. Santiago: FCFM, 2012. v. 8. p. 179-186.

Apresenta um protótipo inicial do modelo de adaptação de objetos de aprendizagem com foco em dispositivos móveis. Também apresenta um estudo sobre alguns trabalhos na literatura sobre adaptação em ambientes móveis e ubíquos.

- **ABECH, Márcia; COSTA, Cristiano A.; BARBOSA, Jorge L. V.; RIGO, Sandro J.; CAMBRUZZI, Wagner L.; Um Modelo de Adaptação de Objetos de Aprendizagem com foco em Dispositivos Móveis. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Informática da Educação (SBIE), 2012, Rio de Janeiro. Anais do SBIE 2012. Porto Alegre: SBC, 2012. p. 1-5.**

O trabalho propõe um ambiente que, a partir do conhecimento do perfil de aprendizagem e contexto do aluno, pode adaptar objetos de aprendizagem visando a entrega de conteúdos adequados às necessidades educacionais e apto a ser visualizado no dispositivo móvel que o aluno estiver utilizando.

7.3 Trabalhos Futuros

Diante do apresentado, alguns trabalhos podem ser realizados para complementar a pesquisa apresentada. No que se refere a ontologia OntoAdapt, mais regras podem ser escritas possibilitando maiores combinações entre *dispositivo*, *contexto* e *usuário*. Outros trabalhos podem ser realizados estendendo-a de forma que possa representar outros fatores relevantes para a adaptação. A adição de novas funcionalidades para a aplicação, como incorporar meios de *feedback* de objetos e, a partir disso, recomendar objetos com maior avaliação e a possibilidade de conversas *online* e discussões sobre o conteúdo observado. Para o professor, uma interface amigável para a gerência de objetos de aprendizagem onde ele possa cadastrar e atualizar os objetos e também, métodos de aprovação e/ou reprovação de materiais adaptados. Finalmente, desenvolver a aplicação para outras plataformas e disponibilizá-la nas respectivas lojas de aplicativos móveis.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, I. A. A Class of Mann—Whitney—Wilcoxon Type Statistics. **The American Statistician**, [S.l.], v. 50, n. 4, p. 324–327, 1996.
- AKBULUT, Y.; CARDAK, C. S. Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: a content analysis of publications from 2000 to 2011. **Computers And Education**, Turkey, v. 58, n. 2, p. 835–842, Feb. 2012.
- APPLE INC. **Apple Push Notification Service**. Cupertino, California, 2013. Disponível em: <https://developer.apple.com/library/mac/documentation/NetworkingInternet/Conceptual/RemoteNotificationsPG/Chapters/ApplePushService.html> - Acesso em: 13 jan. 2014.
- ARUNA, T.; SARANYA, K.; BHANDARI, C. A Survey on Ontology Evaluation Tools. In: PROCESS AUTOMATION, CONTROL AND COMPUTING (PACC), 2011 INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2011. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–5.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **CensoEAD.br - Relatório Analítico da Aprendizagem a Distância no Brasil**. 2011/2013. ed. 2013.
- BACHIR BOUIADJRA, A.; BENSLIMANE, S. FOEval: full ontology evaluation. In: NATURAL LANGUAGE PROCESSING AND KNOWLEDGE ENGINEERING (NLPKE), 2011 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2011. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2011. p. 464–468.
- BARBOSA, D. N. F. **Um Modelo de Educação Ubíqua Orientado à Consciência do Contexto do Aprendiz**. 2007. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — UFRGS, 2007.
- BARBOSA, D. N. F.; BARBOSA, J. L. V.; BASSANI, P. B. S.; ROSA, J. a.; MARTINS, M.; NINO, C. Content management in a ubiquitous learning environment. **International Journal of Computer Applications in Technology**, [S.l.], v. 46, n. 1, p. 24–35, 2013.
- BARBOSA, J.; HAHN, R.; RABELLO, S. Computação Móvel e Ubíqua no Contexto de uma graduação de Referência. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S.l.], n. C, 2007.
- BARBOSA, J. L. V.; HAHN, R. M.; BARBOSA, D. N. F.; SACCOL, A. I. d. C. Z. A ubiquitous learning model focused on learner interaction. **International Journal of Learning Technology**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 62, 2011.
- BATISTA, S.; BEHAR, P.; PASSERINO, L.; BARBOSA, J. M-learning e Celulares: em busca de soluções práticas. **Cadernos de Informática**, [S.l.], p. 23–30, 2011.
- BERGNER, I.; BAUMGARTNER, P. **Educational Models and Interaction Patterns for Instruction An example of LOM Categorization**. 2003. 1–9 p.
- BRA, P. D.; SMITS, D.; SLUIJS, K. V. D. GRAPPLE: learning management systems meet adaptive learning environments. **Intelligent and Adaptive Educational-Learning Systems**, [S.l.], p. 133–160, 2013.

BROOKS, C.; MCCALLA, G.; WINTER, M. Flexibe Learning Object Metadata. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON APPLICATIONS OF SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES FOR E-LEARNING, 3., 2005, Amsterdam. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2005.

BRUSILOVSKY, P.; MILLÁN, E. User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. In: Brusilovsky, Peter and Kobsa, Alfred and Nejdl, Wolfgang (Ed.). **The Adaptive Web**. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. v. 4321, p. 3–53.

CATHOLICO, R. A. R.; NETO, O. Inventário de estilos de aprendizagem em um curso técnico de eletroeletrônica 05/2008. In: 3RD , 2008, Santos. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. p. 1–9.

CHEN, H.; FININ, T.; JOSHI, A. An ontology for context-aware pervasive computing environments. **The Knowledge Engineering Review**, [S.l.], v. 18, p. 197–207, 2003.

CHEON, J.; LEE, S.; CROOKS, S. M.; SONG, J. An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior. **Computers And Education**, [S.l.], v. 59, n. 3, p. 1054–1064, Nov. 2012.

CHIKH, A. A general model of learning design objects. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 29–40, 1 2014.

CHU, H.-C.; HWANG, G.-J.; TSAI, C.-C.; TSENG, J. C. A two-tier test approach to developing location-aware mobile learning systems for natural science courses. **Computers & Education**, [S.l.], v. 55, n. 4, p. 1618–1627, Dec. 2010.

CLAUDIO, L.; MILTON, F.; NETO, M. MobiLE : um ambiente multiagente de aprendizagem móvel para apoiar a recomendação sensível ao contexto de objetos de aprendizagem. **Anais do XXII SBIE - XVII WIE**, [S.l.], p. 254–263, 2011.

COMMISSION, B. et al. **The state of broadband 2012: achieving digital inclusion for all**. 2012.

CRONBACH, L. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, [S.l.], v. 16, n. 3, 1951.

De Virgilio, R.; TORLONE, R. Modeling heterogeneous context information in adaptive web based applications. In: WEB ENGINEERING - ICWE '06, 6., 2006, New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2006. p. 56.

De Virgilio, R.; TORLONE, R.; HOUBEN, G. A Rule-based Approach to Content Delivery Adaptation in Web Information Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE DATA MANAGEMENT (MDM'06), 7., 2006. **Anais...** IEEE, 2006. p. 21–21.

DELL, G. S. A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. **Psychological Review**, [S.l.], v. 93, n. 3, p. 283–321, 1986.

DEY, A.; ABOWD, G.; SALBER, D. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. **Human-Computer Interaction**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 97–166, Dec. 2001.

DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal and Ubiquitous Computing**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 4–7, Feb. 2001.

DORAN, P.; TAMMA, V.; PALMISANO, I.; PAYNE, T.; IANNONE, L. Evaluating Ontology Modules Using an Entropy Inspired Metric. In: WEB INTELLIGENCE AND INTELLIGENT AGENT TECHNOLOGY, 2008. WI-IAT '08. IEEE/WIC/ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. v. 1, p. 918–922.

Dublin Core Metadata Initiative. Acesso em 09 de junho de 2012, <http://dublincore.org/>.

DUNCAN, O. M. C. **An Examination of the Learning Styles of Brazilian Senior High School Students Attending Public and Private Schools in a Metropolitan Area of Brazil**. 2012. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Auburn University, 2012.

DUVAL, E.; TOM, W.; HODGINS, H. W. Draft standard for learning object metadata. **IEEE**, [S.l.], v. 1484, p. 1–2002, 2002.

EL-GHAREEB, H. A. E-Learning and Management Information Systems: universities need both. **eLearn**, New York, NY, USA, v. 2009, n. 9, Sept. 2009.

FELDER, R. M.; BRENT, R. Understanding Student Differences. **Journal of Engineering Education**, [S.l.], v. 94, p. 57–72, 2005.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and Teaching Styles in engineering education. **Engineering education**, [S.l.], v. 78, n. June, p. 674–681, 1988.

FELDER, R. M.; SPURLIN, J. Applications, reliability and validity of the index of learning styles. **International Journal of Engineering Education**, [S.l.], v. 21, n. 1, 2005.

FERNANDO, N.; LOKE, S. W.; RAHAYU, W. Mobile cloud computing: a survey. **Future Generation Computer Systems**, [S.l.], v. 29, n. 1, p. 84–106, Jan. 2013.

FOX, J.; CLARKE, S. Exploring approaches to dynamic adaptation. In: INTERNATIONAL DISCCOTEC WORKSHOP ON MIDDLEWARE-APPLICATION INTERACTION - MAI '09, 3., 2009, New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2009. p. 19–24.

FRANZONI, A.; ASSAR, S. Student learning styles adaptation method based on teaching strategies and electronic media. **Educational Technology And Society**, [S.l.], v. 12, p. 15–29, 2008.

GEORGIEV, T.; GEORGIEVA, E.; SMRIKAROV, A. M-Learning - a New Stage of E-Learning. In: COMPUTER SYSTEMS AND TECHNOLOGIES - COMPSYSTECH '04, 5., 2004, New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2004. p. 1.

GLIEM, J.; GLIEM, R. Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. In: ACM PRESS, 2003. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2003. n. 1992, p. 82–88.

GOMES, A. R. **UbiquitOS - Uma proposta de arquitetura de middleware para a adaptabilidade de serviços em sistemas de computação ubíqua**. 2007. 100 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade de Brasília, 2007.

GÓMEZ, S.; ZERVAS, P.; SAMPSON, D. G.; FABREGAT, R. Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivery supported by UoLmP. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, [S.l.], Oct. 2013.

GRUBER, T. R. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In: *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, 1993, Deventer, The Netherlands. **Anais...** Kluwer Academic Publishers, 1993.

HAN, Q.; GAO, F.; WANG, H. Ontology-based learning object recommendation for cognitive considerations. **World Congress on Intelligent Control and Automation**, [S.l.], n. 60921003, p. 2746–2750, 2010.

HENRICKSEN, K.; INDULSKA, J. Developing context-aware pervasive computing applications: models and approach. **Pervasive and Mobile Computing**, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 37–64, Feb. 2006.

HENRICKSEN, K.; INDULSKA, J.; RAKOTONIRAINY, A. Modeling Context Information in Pervasive Computing Systems. **Pervasive Computing**, [S.l.], n. 0, 2002.

HENZE, N.; DOLOG, P.; NEJDL, W. Reasoning and ontologies for personalized e-learning in the semantic web. **Educational Technology And Society**, [S.l.], v. 7, p. 82–97, 2004.

HERVÁS, R.; NAVA, S. W.; CHAVIRA, G.; BRAVO, J.; NIWOUCAIW. Modelado de contexto: una ontología adaptativa al usuario en ambientes inteligentes. In: *INTERNATIONAL WORKSHOP ON UBIQUITOUS COMPUTING & AMBIENT INTELLIGENCE*, 2., 2006. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2006.

HILERA, J.; RUIZ, F. Ontologies in Ubiquitous Computing. **Proceedings of the I International Conference on Ubiquitous Computing: Applications, Technology and Social Issues**, [S.l.], 2006.

HORRIDGE, M. **A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools Edition1. 2**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — , 2009. <http://www.co-ode.org/resources/tutorials/ProtegeOWLTutorial.pdf>[http://www.macs.hw.ac.uk/~\sim\\$ab/restricted/WI-2010/ProtegeOWLTutorial-p4.0.pdf](http://www.macs.hw.ac.uk/~\sim$ab/restricted/WI-2010/ProtegeOWLTutorial-p4.0.pdf). Acessado em 14 de janeiro de 2014.

HORRIDGE, M.; ARANGUREN, M. E.; MORTENSEN, J.; MUSEN, M.; NOY, N. Ontology Design Pattern Language Expressivity Requirements. In: *WORKSHOP ON ONTOLOGY PATTERNS (WOP)*, 2012. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012. v. 929.

HUSSEIN, T.; WESTHEIDE, D. Context Adaptation based on Ontologies and Spreading Activation. In: *ABIS '07: 15TH WORKSHOP ON ADAPTIVITY AND USER MODELING IN INTERACTIVE SYSTEMS.*, 2005. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2005. p. 1–6.

HUSSEIN, T.; ZIEGLER, J. Adapting web sites by spreading activation in ontologies. **Proceedings of International Workshop on Recommendation and Collaboration**, [S.l.], 2008.

JEONG, H.-Y.; HONG, B.-H. A practical use of learning system using user preference in ubiquitous computing environment. **Multimedia Tools and Applications**, [S.l.], v. 64, n. 2, p. 491–504, 2012.

JONES, V.; JO, J. H. Ubiquitous learning environment: an adaptive teaching system using ubiquitous technology. **Beyond the comfort zone: Proceedings of the ...**, [S.l.], p. 468–474, 2004.

KAKOUSHIS, K.; PASPALLIS, N.; PAPADOPOULOS, G. A.; RUIZ, P. A. Testing self-adaptive applications with simulation of context events. **Electronic Communications of the EASST**, [S.l.], v. 28, 2010.

KEMCZINSKI, A.; HOUNSELL, M. d. S.; GASPARINI, I.; GEHRKE FILHO, R.; SILVA, T. C. da. Repositório de Objetos de Aprendizagem para a Área de Computação e Informática-ROAI. **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, [S.l.], v. 1, n. 1, 2011.

KROLL, P.; KRUTCHTEN, P. **The Rational Unified Process Made Easy: a practitioner's guide to the rup**. [S.l.]: ADDISON WESLEY Publishing Company Incorporated, 2003. (The Addison-Wesley Object Technology Series).

KURI, N. Estilos de aprendizagem e recursos da hipermídia aplicados no ensino de planejamento de transportes. **Revista Portuguesa de Educação**, [S.l.], v. 19, n. 2, p. 111–137, 2006.

LAGOZE, C.; SOMPEL, H. V. de; NELSON, M.; WARNER, S. **The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting**. Acesso em 09 de junho de 2012, <http://www.openarchives.org/OAI/openarchivesprotocol.html>.

LEWIS, M.; NINO, C.; ROSA, J.; BARBOSA, J.; BARBOSA, D. A management model of learning objects in a Ubiquitous Learning environment. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS (PERCOM WORKSHOPS), 2010., 2010. **Anais...** IEEE, 2010. p. 256–261.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. New York, New York, USA: The Science Press, 1932. 1-55 p. n. 140.

LOPEZ, V. F.; PRIETA, F. de la; OGIHARA, M.; WONG, D. D. A model for multi-label classification and ranking of learning objects. **Expert Systems with Applications**, [S.l.], v. 39, n. 10, p. 8878–8884, Aug. 2012.

MACHADO, C.; PALHANO, M.; PECONIK, M.; AVILA, V. Estilos de Aprendizagem—Uma Abordagem Utilizando o ILS—Index of Learning Styles. **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, [S.l.], p. 1–8, 2001.

MALEK, J.; LAROUCSI, M.; DERYCKE, A. A Multi-Layer Ubiquitous Middleware for Bijective Adaptation between Context and Activity in a Mobile and Collaborative

learning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS AND NETWORKS COMMUNICATIONS (ICSNC'06), 2006., 2006. **Anais...** IEEE, 2006. v. 00, n. c, p. 39–39.

MARTINEZ-CRUZ, C.; BLANCO, I.; VILA, M. Ontologies versus relational databases: are they so different? a comparison. **Artificial Intelligence Review**, [S.l.], v. 38, n. 4, p. 271–290, 2012.

MEC. **Banco Internacional de Objetos Educacionais**. Acesso em 09 de junho de 2012, <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/stats?level=general&type=access&page=downviews-series>.

MENOLLI, A.; REINEHR, S.; MALUCELLI, A. Ontology for organizational learning objects based on LOM standard. In: INFORMATICA (CLEI), 2012 XXXVIII CONFERENCIA LATINOAMERICANA EN, 2012. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–10.

MIKIC, F.; ANIDO, L. Towards a Standard for Mobile E-Learning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKING, INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS AND INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE COMMUNICATIONS AND LEARNING TECHNOLOGIES (ICNICONSMCL'06), 2006. **Anais...** IEEE, 2006. p. 217–217.

MOBILE, C. Cisco Visual Networking Index: global mobile data traffic forecast update, 2011 to 2016. **White Paper, February**, [S.l.], v. 2011, 2012.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. et al. **Ontology development 101**: a guide to creating your first ontology. [S.l.]: Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, 2001.

OH, S.; AHN, J. Ontology Module Metrics. In: BUSINESS ENGINEERING, 2009. ICEBE '09. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2009. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p. 11–18.

OUYANG, L.; ZOU, B.; QU, M.; ZHANG, C. A method of ontology evaluation based on coverage, cohesion and coupling. In: **Fuzzy Systems and Knowledg Discovered (FSKD)**. [S.l.]: IEEE, 2011. p. 2451–2455.

OZDAMLI, F.; CAVUS, N. Basic elements and characteristics of mobile learning. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [S.l.], v. 28, p. 937–942, Jan. 2011.

PARUPALLI, R.; NELATURU, S. C. B.; JAIN, D. K. The Role of Content Adaptation in Ubiquitous Learning. **2011 IEEE International Conference on Technology for Education**, [S.l.], p. 177–182, July 2011.

PERNAS, A. M.; DIAZ, A.; MOTZ, R.; OLIVEIRA, J. P. M. D. Enriching adaptation in e-learning systems through a situation-aware ontology network. **Interactive Technology and Smart Education**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 60–73, 2012.

POVEDA-VILLALÓN, M.; SUÁREZ-FIGUEROA, M. C.; GARCÍA-CASTRO, R. A context ontology for mobile environments. **Workshop on Context, Information and Ontologies - CIAO 2010 Co-located with EKAW 2010**, Lisboa-Portugal, 2010.

QADIR, M. A. Algorithms to evaluate ontologies based on extended error taxonomy. **2010 International Conference on Information and Emerging Technologies**, [S.l.], p. 1–6, June 2010.

QUINTA, M.; LUCENA, F. de. Problemas e soluções em u-learning ea adaptação de conteúdo de objetos de aprendizagem para diferentes dispositivos. **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação 2010**, [S.l.], 2010.

QUINTA, M. R. **Adaptação de conteúdo para múltiplos contextos**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Goiás Instituto de Informática, 2011.

RACCUGLIA, R.; SANTANGELO, A.; GENTILE, A.; VELLA, G.; INGRAFFIA, N. The eXtensible Dynamic Presentation Manager for Content Adaptation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPLEX, INTELLIGENT AND SOFTWARE INTENSIVE SYSTEMS, 2008., 2008. **Anais...** IEEE, 2008. p. 729–734.

REITZ, D. S. **Avaliação do impacto da usabilidade técnica e pedagógica no desempenho de aprendizes em e-learning**. 2009. 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

REVEIU, A.; SMEUREANU, I.; DARDALA, M. Content Adaptation in Mobile Multimedia System for M-Learning. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE BUSINESS, 2008., 2008. **Anais...** IEEE, 2008. p. 305–313.

ROBERTS, A.; FRIESEN, N.; FISHER, S. Canadian Journal of Learning and Technology. **Canadian Journal of Learning and Technology**, [S.l.], v. 28, n. 3, p. 1–7, 2002.

ROSÁRIO, J. d. A. do. **Estilo de Aprendizagem de alunos de engenharia química e engenharia de alimentos da UFSC**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federa de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SANTOS, A. A. A. d.; MOGNON, J. F. Estilos de aprendizagem em estudantes universitários. **Boletim de Psicologia**, [S.l.], v. 60, n. 133, p. 229–241, 2010.

SAP AG. **Standardized Technical Architecture Modeling**. 2007. Acessado em 14/01/2014 http://www.fmc-modeling.org/download/fmc-and-tam/SAP-TAM_Standard.pdf.

SATYANARAYANAN, M. Fundamental challenges in mobile computing. In: ACM SYMPOSIUM ON PRINCIPLES OF DISTRIBUTED COMPUTING - PODC '96, 1996, New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 1996. p. 1–7.

SATYANARAYANAN, M. Pervasive computing: vision and challenges. **IEEE Personal Communications**, [S.l.], v. 8, n. 4, p. 10–17, 2001.

SATYANARAYANAN, M. Mobile computing. In: ACM WORKSHOP ON MOBILE CLOUD COMPUTING AND SERVICES SOCIAL NETWORKS AND BEYOND - MCS '10, 1., 2010, New York, New York, USA. **Proceedings...** ACM Press, 2010. p. 1–6.

SENRA, C. M. S. **Os Estilos de Aprendizagem de Felder a partir de Jung**. 2009. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2009.

SILVA, J. M.; ROSA, J. H.; BARBOSA, J. L.; BARBOSA, D. N.; PALAZZO, L. A. Content distribution in trail-aware environments. **Journal of the Brazilian Computer Society**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 163–176, 2010.

SOLOMAN, B. A.; FELDER, R. M. **Index of Learning Styles Questionnaire**. Acesso em 09 de junho de 2012, <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>.

SOYLU, A.; VANDEWAETERE, M.; WAUTERS, K.; JACQUES, I.; CAUSMAECKER, P. D.; DESMET, P.; CLAREBOUT, G.; NOORTGATE, W. V. den. Ontology-Driven Adaptive and Pervasive Learning Environments – APLEs : an interdisciplinary approach. In: Wannemacker, Stefan and Clarebout, Geraldine and Causmaecker, P. (Ed.). **Interdisciplinary Approaches to Adaptive Learning. A Look at the Neighbours**. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 99–115.

SSEMUGABI, S. **Usability evaluation of a web-based e-learning application: a study of two evaluation methods**. 2009. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — , 2009.

STAAB, S.; STUDER, R. Knowledge processes and ontologies. **Intelligent Systems, IEEE**, [S.l.], 2001.

SU, J.-M.; TSENG, S.-S.; LIN, H.-Y.; CHEN, C.-H. A personalized learning content adaptation mechanism to meet diverse user needs in mobile learning environments. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, [S.l.], v. 21, n. 1-2, p. 5–49, Jan. 2011.

SUNG, J. Ulearning model design based on ubiquitous environment. **International Journal of Advanced Science and Technology**, [S.l.], v. 13, p. 77–88, 2009.

TONG, M.-w.; LIU, Q.-T.; LIU, X.-n. A service context model based on ontology for content adaptation in E-learning. In: IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE), 2010., 2010. **Anais... IEEE**, 2010. p. S1D–1–S1D–5.

TRIOLA, M. **Introdução à Estatística**. 10. ed. [S.l.]: LCT-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2008.

TSAI, P.-S.; TSAI, C.-C.; HWANG, G.-H. College students conceptions of context-aware ubiquitous learning: a phenomenographic analysis. **The Internet and Higher Education**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 137–141, July 2011.

VICARI, R. M.; BEZ, M.; MARQUES, J.; RIBEIRO, A.; João Carlos Gluz; PASSERINO, L.; SANTOS, E.; PRIMO, T.; ROSSI, L.; BORDIGNON, A.; BEHAR, P.; FILHO, R.; ROESLER, V. Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA). **Novas Tecnologias na Educação**, [S.l.], v. 8, p. 10, 2010.

VICARI, R.; RIBEIRO, A.; SILVA, J.; SANTOS, E. Brazilian proposal for agent-based learning objects metadata standard-obao. In: Sánchez-Alonso, Salvador and Athanasiadis, I. (Ed.). **Metadata and Semantic Research**. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 300–311.

VRANDE, D.; STUDER, R.; KOREFERENT, E.; HENDLER, J. A.; KOREFERENT, Z.; VORSITZENDE, C. W.; WERNER, U. *Ontology Evaluation.* , [S.l.], n. June, 2010.

WAINER, J. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. in **Tomasz Kowaltowski and Karin Breitman. (Org.). Atualização em informática 2007.** Sociedade Brasileira de Computação e Editora PUC-Rio, [S.l.], p. 221–262, 2007.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.**, New York, NY, USA, v. 3, n. 3, p. 3–11, July 1999.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy.** 2000.

YARANDI, M.; JAHANKHANI, H.; TAWIL, A. An ontology-based adaptive mobile learning system based on learners' abilities. In: **IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON)**, 2012., 2012. **Proceedings...** IEEE, 2012. p. 1–3.

YAU, J. Y. K.; JOY, M. A context-aware personalised m-learning application based on m-learning preferences. **International Journal of Mobile Learning and Organisation**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 1, 2011.

ZAINA, L.; BRESSAN, G. e-lors: uma abordagem para recomendacao de objetos de aprendizagem. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S.l.], v. 20, p. 1–13, 2012.

ZAINA, L.; BRESSAN, G.; RODRIGUES, J.; CARDIERI, M. Learning Profile Identification Based on the Analysis of the User's Context of Interaction. **Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)**, [S.l.], v. 9, n. 5, p. 845–850, 2011.

ZERVAS, P.; ARDILA, S. E. G.; FABREGAT, R.; SAMPSON, D. G. Tools for Context-Aware Learning Design and Mobile Delivery. In: **IEEE 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES**, 2011., 2011. **Anais...** IEEE, 2011. p. 534–535.

ZHAO, X.; WAN, X.; OKAMOTO, T. Adaptive Content Delivery in Ubiquitous Learning Environment. **2010 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education**, [S.l.], p. 19–26, Apr. 2010.

ZHONG, Q.; LIU, X.; JI, S. Research of Context-oriented Adaptive Content Framework in Seamless Learning. **Proceedings of the 2013 Conference on Education Technology and Management Science**, Paris, France, n. Icetms, p. 711–714, 2013.

APÊNDICE A – QUESTÕES DE COMPETÊNCIA PARA A ONTOLOGIA ONTOADAPT

- O dispositivo que está sendo utilizado pelo usuário é compatível com o objeto de aprendizagem?
- A mídia a ser enviada, está de acordo com o perfil cognitivo do aluno?
- O usuário está se locomovendo?
- O dispositivo do aluno tem bateria suficiente para visualizar a mídia?
- O dispositivo do aluno tem memória para armazenar a mídia?
- Quais são as deficiências educacionais do aluno?
- O dispositivo é móvel?
- Quais são as características do dispositivo?
- Qual é a preferência de mídia do aluno ?
- Qual é o contexto do usuário nesse momento?
- Qual é a disciplina que o aluno está cursando?

APÊNDICE B – LISTA DE TERMOS IMPORTANTES PARA ONTOLOGIA ONTOADAPT

- **Student:** Aluno de uma instituição de ensino;
- **Learning Style:** Estilo de aprendizagem do aluno. Seguindo a classificação de Felder e Silverman (1988);
- **Context:** Contexto no qual o aluno está inserido. Como a localização e atividades que podem ser capturadas através do uso de dispositivos móveis.
- **Need:** Alguma necessidade que o aluno possui nas atividades escolares;
- **Device:** Dispositivos móveis que o aluno possui;
- **Communication:** Tipo de comunicação que o dispositivo utiliza (Ex.: 3G ou WiFi)
- **Course:** Curso que o aluno está matriculado.

APÊNDICE C – CÓDIGO PARA HAVERSTING DE OAS

Listing C.1: Código para o Haversting de Objetos de Aprendizagem

```

    /// <summary>
    /// Initializes a new instance of the <see cref="RepoExtractor.OAI_Manager"/> class.
    /// </summary>
    /// <param name="_strRepoURL">url do repositório.</param>
public OAI_Manager(string _strRepoURL)
{
    m_strRepoURL = _strRepoURL;
    m_OAI = new OAI(m_strRepoURL);
    RepoController = new RepositoryController();
    Repository repo = new Repository();
    repo = RepoInfo();
    Classificador(repo);
}

public void Classificador(Repository repo)
{
    foreach (Classificacao objItem in GetListSet())
    {
        objItem.RepoID = repo.Repository_ID;
        //insere a classificacao
        ClassificacaoController controller = new ClassificacaoController();
        controller.ClassificacaoAdd(objItem);
        AddLearningObjects(objItem.IDObject_Repo, repo.Repository_ID);
    }
}
/// <summary>
/// Lista objetos de aprendizagem obtidos através do
/// </summary>
/// <param name="strCategory">Endereço da categoria</param>
/// <param name="RepoID">Id do repositório</param>
public void AddLearningObjects(string strCategory, int RepoID)
{
    ListIdentifier identifier = m_OAI.ListIdentifiers("oai_dc", strCategory);
    if (identifier == null) return;
    for (int i = 0; i < identifier.record.Count; i++)
    {
        LearningObject LObject = new LearningObject();
        Identifiers oai_identifier = (Identifiers)(identifier.record[i]);
        LObject.identifier = oai_identifier.header.identifier;

        Record rec = m_OAI.GetRecord(oai_identifier.header.identifier);
        OAI_DC obj_DC = (OAI_DC)rec.metadata;
        LObject.RepositoryID = RepoID;

        #region FILE Extract
        OAI_Files files = (OAI_Files)rec.file;
        foreach (OAI_File file in files.GetListOfFiles())
        {
            if (file.id == "principal")
                LObject.URL = file.value;
        }
        #endregion

        OAI_Header header = (OAI_Header)rec.header;
        LObject.DataStamp = header.datestamp;

        LearningObjectController controller = new LearningObjectController();
        controller.ObjectAdd(LObject);

        // Console.WriteLine("{0} \n", oai_identifier.header.identifier);
    }
}

```


APÊNDICE D – CÓDIGO PARA A CONVERSÃO DE MÍDIAS

Listing D.1: Código do Adaptador de mídias

```

    /// <summary>
    /// Monta o comando para a conversão através do ffmpeg
    /// </summary>
    /// <returns>String com os parametros do ffmpeg</returns>
    private string MakeArguments(string sourcePath, string destinationPath)
    {
        log.Info("Fazendo a conversão");
        string SourceExtension = GetExtensionPath(sourcePath);
        string DestinationExtension = GetExtensionPath(destinationPath).Substring(1); ;

        if (isRipAudiofromVideo)
        {
            //{0} path do arquivo de origem
            //{1} formato de arquivo
            //{3} path do arquivo de destino
            return String.Format("-i {0} -vn -ar 44100 -ac 2 -ab 192 -f {1} {2}",
                sourcePath, DestinationExtension, destinationPath);
        }
        if (isAudioFile(SourceExtension))
        {
            if (SourceExtension.ToLower() == "MP3")
            {
                log.Info("Convertendo o arquivo para áudio MP3");
                String.Format(AudioConversionToMP3(), sourcePath, destinationPath);
            }

            if (SourceExtension.ToLower() == "3GP")
            {
                log.Info("Convertendo o arquivo para áudio 3GP");
                String.Format(AudioConversionTo3GP(), sourcePath, destinationPath);
            }
        }
        if (isVideoFile(SourceExtension))
        {
            log.Info("Convertendo o arquivo para áudio MP3");

            if (SourceExtension.ToLower() == "3GP")
            {
                log.Info("Convertendo o arquivo para áudio 3GP");
                String.Format(VideoConversionTo3GP(), sourcePath, destinationPath);
            }
        }
        return String.Empty;
    }
}

```


Listing D.2: Código do Adaptador de mídias

```
/// <summary>
/// Método para converter videos e audios para um determinado formato.
/// </summary>
/// <param name="Arguments"></param>
private void ExecuteFFmpeg(string Arguments)
{
    System.Diagnostics.Process proc = new System.Diagnostics.Process();
    proc.EnableRaisingEvents = false;
    //filepath do executavel do ffmpeg
    proc.StartInfo.FileName = @"C:\Users\mabech.GVWISE\Google
        Drive\STORAGE\SERVER_REPO\Adapter\ffmpeg\bin\ffmpeg.exe";
    //Argumentos do ffmpeg
    proc.StartInfo.Arguments = Arguments;
    proc.StartInfo.UseShellExecute = false;
    proc.StartInfo.CreateNoWindow = false;
    proc.StartInfo.RedirectStandardOutput = true;
    //inicializa o processo;
    try
    {
        proc.Start();
    }
    catch (Exception ex)
    {
        Console.WriteLine(ex.Message);
    }

    try
    {
        proc.WaitForExit(50 * 1000);
    }
    catch (Exception ex){ }
    finally
    {
        proc.Close();
    }
}
}
```

APÊNDICE E – SCREENSHOTS DO QUESTIONÁRIO APLICADO

Figura 44: Questões de 1 a 2

The screenshot displays a web-based questionnaire interface. At the top, there is a navigation bar with the title "Questionário" and a star icon. Below it, a menu includes "Arquivo", "Editar", "Visualizar", "Inserir", "Respostas (12)", "Ferramentas", and "Ajuda". A secondary bar contains "Tema: Cabeçalho (cinza)", "Ver respostas", "Aceitando respostas", and "Ver formulário publicado". A "Configurações de formulário" section is visible with a checkbox for "Mostrar barra de progresso na parte inferior das páginas de formulário". The main content area is labeled "Página 1 de 1" and "Questionário". The text below reads "Questionário para avaliação do sistema móvel EduAdapt. (Visto em Aula)". Two questions are shown, each with five radio button options: "1- O conteúdo educacional está adaptado adequadamente para o dispositivo.*" and "A apresentação do conteúdo das disciplinas é adequada para mim.*". Both questions have options: "Não concordo Totalmente", "Não concordo", "Indiferente", "Concordo", and "Concordo Totalmente".

Figura 45: Questões de 3 a 5

This screenshot shows the continuation of the questionnaire. The top navigation and menu bars are identical to the previous screenshot. The main content area displays three questions, each with five radio button options: "3- É adequada a disponibilidade do material através do dispositivo?*", "4- Comparando com o modelo atual de educação a distância, este aplicativo pode vir a auxiliar no seu aprendizado.*", and "5. O EduAdapt pode promover maior interesse no aprendizado?*". The options for each question are: "Não concordo totalmetne", "Não concordo", "Indiferente", "Concordo", and "Concordo totalmente".

Figura 46: Questões de 6 e 7

The screenshot shows a survey titled "Questionário" with a star icon. The top navigation bar includes "Arquivo", "Editar", "Visualizar", "Inserir", "Respostas (12)", "Ferramentas", and "Ajuda". Below this is a toolbar with icons for "Tema: Cabeçalho (cinza)", "Ver respostas", "Aceitando respostas", and "Ver formulário publicado".

6. Posso facilmente compreender o conteúdo apresentado na tela? *

- Não Concordo totalmente
- Não concordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

7. A aplicação possibilita o estudo independente da localização e do ambiente? *

- Não concordo Totalmente
- Não concordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

Figura 47: Questões de 8 a 10

The screenshot shows the same survey interface as Figure 46, but with questions 8, 9, and 10 visible. The navigation bar and toolbar are identical. A status message at the top right reads "Todas as alterações foram salvas no D...".

8. Eu achei o sistema fácil de usar. *

- Não concordo totalmente
- Não concordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

9. É rápido de se trabalhar no sistema. *

- Não concordo totalmente
- Não concordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente

10. A aplicação facilita meu aprendizado *

- Não concordo Totalmente
- Não Concordo
- Indiferente
- Concordo
- Concordo Totalmente