



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

EVERALDO RODRIGO RODOLPHO

CONVERGÊNCIA DIGITAL DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM SCORM

São José do Rio Preto

2009

EVERALDO RODRIGO RODOLPHO

CONVERGÊNCIA DIGITAL DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM SCORM

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Área de Concentração - Sistemas de Computação, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Linha de Pesquisa: Engenharia de Software e Banco de Dados

Orientadora: Hilda Carvalho de Oliveira

São José do Rio Preto

2009

EVERALDO RODRIGO RODOLPHO

CONVERGÊNCIA DIGITAL DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM SCORM

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Área de Concentração - Sistemas de Computação, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientador: Prof^a Dr^a Hilda Carvalho de Oliveira
UNESP – Rio Claro

Membro Titular: Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos
UNESP – Rio Claro

Membro Titular: Prof. Dr. Klaus Schlünzen Junior
UNESP – Presidente Prudente

São José do Rio Preto, 21 de agosto de 2009.

Agradecimentos

A Deus, pelas bênçãos a mim concedidas durante toda a minha vida.

À Profª Drª Hilda Carvalho Oliveira, orientadora e amiga, pela confiança, conselhos, incentivos e paciência.

Aos professores membros das bancas de Estudos Especiais e de Qualificação Eraldo Pereira e Eugenio Ramos, pela participação e sugestões.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) pelas condições oferecidas para realizar o trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC), que ofereceu a oportunidade para a realização do trabalho.

Aos professores Eduardo Morgado, Wilson Yonezawa e João Pedro Albino que me incentivaram a entrar no PPGCC.

Ao Laboratório de Engenharia de Software e Tecnologias da Informação e Comunicação (LestIC), que disponibilizou o seu espaço e tecnologia para a realização do trabalho.

À Bárbara, uma grande amiga e parceira de trabalho.

Ao Gabriel Delatorre, pelo apoio dado.

Ao Bruno Penteado, pela grande amizade e parceria no estudo e trabalho.

Aos amigos Eric Lisi e Daniela Maestro, pela grande amizade e parceria no trabalho.

À minha mãe, Maria, pela humildade, pelo jeito simples e pelo carinho que sempre me dedicou.

Ao meu pai Geraldo, em sua humildade.

À minha irmã, pelo companheirismo em todas as horas.

À minha namorada, Meire Helen. Uma grande amiga e companheira, que esteve ao meu lado em vários momentos.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.”

(Isaac Newton)

Resumo

A construção de Objetos de Aprendizagem (OAs) é um importante processo de Educação a Distância. Padrões têm sido definidos com estruturas de metadados para favorecer a reutilização e portabilidade dos OAs, como SCORM, LOM, ARIADNE, entre outros. Mesmo assim, a portabilidade entre diferentes sistemas de *e-Learning* requerem conhecimentos específicos. A dificuldade aumenta quando se direciona a diferentes meios digitais e de comunicação, como ambientes da Web e da TV Digital Aberta (TVDA) – um meio alternativo de acesso à Educação que vem sendo integrado à vida dos brasileiros. Nesse contexto, o principal objetivo deste trabalho foi a investigação de um novo modelo, OAX, para implementação de OAs com portabilidade para ambientes Web e para a TVDA. O modelo, baseado em metadados e codificação Base64, foi definido com base na estrutura SCORM. Para a criação e gerenciamento dos OAs, segundo o modelo OAX, foi proposta a arquitetura de um sistema de autoria, SOAX – uma aplicação Web, composta por quatro componentes, visando: encapsulamento do átomo de conteúdo OAX, armazenamento do conteúdo, aplicativos de gerenciamento/visualização de conteúdo e APIs (*Application Programming Interface*) de importação e exportação para padrões de OAs. O sistema SOAX foi projetado com a finalidade de atender educadores com conhecimentos básicos de Informática, de forma que pudessem construir os OAs preocupados apenas com os aspectos didático-pedagógicos. O sistema converte automaticamente os OAs para os formatos de padrões de OAs e para ambientes da TVDA. Está disponível uma versão beta do SOAX.

Palavras-chave: Educação a Distância, *e-Learning*, objetos de aprendizagem, SCORM, metadados, convergência digital, *software* de autoria, TV Digital, SBTVD, ISDB-TB, Ginga.

Abstract

The construction of Learning Objects (LOs) is an important process for distance education. Standards have been defined with metadata structures to enhance the reutilizability and portability of LOs, such as SCORM, LOM, ARIADNE, among others. The portability between different systems of e-Learning requires expert knowledge. The difficulty increases when different digital media and communication environments are used, for example: Web and Open Digital TV (ODTV) – an alternative means of access to education that is being integrated into daily life of Brazilians. In this context, the main goal of this work was to investigate a new model for implementation of LOs (OAX) with portability to Web and ODTV environments. The model was defined based on the SCORM standard and was based on metadata and base64 encoding. The architecture of an authoring system (SOAX) was proposed for the creation and management of LOs, according to the OAX model. SOAX is a Web application and is composed of four components for: encapsulation of the OAX content atom, content storage, applications of viewing/management of content and APIs (Application Programming Interface) for import and export LOs for standards formats. The SOAX system was designed for educators with basic knowledge of computer. So they could concentrate efforts on didactic-pedagogic aspects of the LOs. The system automatically converts the LOs for the formats of the LOs standards and ODTV environments. A beta version of SOAX is available.

Keywords: *Distance Education, e-Learning, learning objects, SCORM, metadata, digital convergence, authoring software, Digital TV, SBTVD, ISDB-TB, Ginga.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

8VSB	<i>8 Vestigial Sideband</i>
ABED	Associação Brasileira de Educação a Distância
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADL	<i>Advanced Distributed Learning</i>
ADSL	<i>Assymmetric Digital Subscriber Line</i>
AGR	<i>AICC Guidelines & Recommendations</i>
AICC	<i>Aviation Industry Computer-Based-Training Committee</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
ARIADNE	<i>Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe</i>
ARIB	<i>Association of Radio Industries and Businesses</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ATSC	<i>Advanced Television System Comitee</i>
CAM	<i>Content Aggregation Model</i>
CBT	<i>Computer-Based Training</i>
CDMA-1xRTT	<i>Code Division Multiple Acess - Radio Transmission Technology</i>
CDMA-EVDO	<i>Code Division Multiple Acess - Evolution-Data Optimized</i>
CD-ROM	<i>Compact Disk - Read Only Memory</i>
CGI.BR	<i>Comitê Gestor da Internet no Brasil</i>
COFDM	<i>Coded Orthogonal Frequency Multiplex</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CSCL	<i>Computer Suported Cooperative Learning</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DASE	<i>Digital TV Application Software Environment</i>
DC	<i>Dublin Core</i>
DCMI	<i>Dublin Core Metadata Initiative</i>
DOCSIS	<i>Data Over Cable Service Interface Specifications</i>
DOM	<i>Document Object Model</i>
DOS	<i>Disk Operating System</i>
DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i>
DVB-C	<i>Digital Video Broadcasting – Cable</i>
DVB-H	<i>Digital Video Broadcasting – Handheld</i>
DVB-S	<i>Digital Video Broadcasting – Satellite</i>
DVB-T	<i>Digital Video Broadcasting – Terrestrial</i>

DVD	<i>Digital Versatile Disk</i>
DVMRP	<i>Distance Vector Multicast Routing Protocol</i>
EaD	<i>Educação a Distância</i>
EDTV	<i>Enhanced Definition Television</i>
<i>e-Learning</i>	<i>Eletronic Learning</i>
FDM	<i>Frequency Division Multiplexing</i>
FI	<i>Frequência Intermediária</i>
fps	<i>frames per second</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
FTTH	<i>Fiber to the Home</i>
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i>
GSM-GPRS	<i>Global Standard Mobile - General Packet Radio Services</i>
HDTV	<i>High Definition Television</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
ICMP	<i>Internet Control Message Protocol</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Eletronics Engineers</i>
IGMP	<i>Internet Group Management Protocol</i>
IHC	<i>Interfaces Humano-Computador</i>
IMS	<i>Instructional Management System</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPTV	<i>Internet Protocol Television</i>
IPDC	<i>IP Datacasting</i>
IRD	<i>Integrated Receiver Decoder</i>
ISDB-T	<i>Integrated System Digital Broadcasting – Terrestrial</i>
ISDB-TB	<i>Integrated System Digital Broadcasting – Terrestrial Brazil</i>
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITV	<i>Interactive Television</i>
JPEG	<i>Joint Picture Expert Group</i>
JVM	<i>Java Virtual Machine</i>
MAC	<i>Modelo de Agregação de Conteúdo</i>
LASer	<i>Lightweight Application Scene Representation</i>
LCMS	<i>Learning Content Management System</i>
LDTV	<i>Low Definition Television</i>
LIBRAS	<i>Linguagem Brasileira de Sinais</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
LO	<i>Learning Object</i>

LOM	<i>Learning Object Metadata</i>
LTSA	<i>Learning Technology Systems Architecture</i>
LTSC	<i>Learning Technology Standard Comittee</i>
MEC	<i>Ministério da Educação</i>
MHP	<i>Multimedia Home Platform</i>
MIME	<i>Multipurpose Internet Mail Extensions</i>
MMDS	<i>Multipoint Multichannel Distribution Service</i>
MOSPF	<i>Multicast Open Shortest Path First Protocol</i>
MP3	<i>MPEG Audio Layer 3</i>
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>
NCL	<i>Nested Context Language</i>
NCSA	<i>National Center for Supercomputing Applications</i>
NLII	<i>National Learning Infrastructure Initiative</i>
NTSC	<i>National Television Standard Committee</i>
OA	Objeto de Aprendizagem
OAX	Objeto de Aprendizagem fleXível e eXtensível
OCLC	<i>Online Computer Library Center</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Multiplex</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PES	<i>Packetized Elementary Stream</i>
PIM	<i>Protocol Independent Multicast</i>
POP3	<i>Post Office Protocol</i>
PUE	<i>Performance do usuário experiente</i>
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QP	<i>Quoted-Printable</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
RTE	<i>Runtime Environment</i>
SBTVD	Sistema Brasileiro de TV Digital
SCO	Objeto de Conteúdo Compartilhado
SCORM	<i>Sharable Content Object Reference Model</i>
SDTV	<i>Standard Definition Television</i>
SEED	<i>Secretaria de Educação a Distância</i>
SGML	<i>Standard Generalized Markup Language</i>
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
SN	<i>Sequencing and Navigation</i>
SOAX	Sistema de Objetos de Aprendizagem fleXível e eXtensível
stB	<i>set-top box</i>
TELNET	<i>Teletype Network</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>

TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TVD	TV Digital
TVDA	<i>TV Digital Aberta</i>
TVDI	<i>TV Digital Interativa</i>
VoIP	<i>Voice Over IP</i>
Web	<i>World Wide Web Web</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WebTV	<i>Internet Television</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
WMA	<i>Windows Media Audio</i>
XHTML	<i>eXtensible HyperText Markup Language</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
XSD	<i>XML Schema Definition</i>
XSL	<i>Extensible Stylesheet Language</i>

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Metáfora do LEGO sobre os Objetos de Aprendizagem.	30
Figura 2 - Influências dos padrões de OAs entre si.	36
Figura 3 - Pacote SCORM e a estrutura do respectivo arquivo " <i>imsmanifest.xml</i> ".	38
Figura 4 - Modelo conceitual do Ambiente de Execução SCORM.	40
Figura 5 - Relação do formato de conteúdo digital com o meio de comunicação e apresentação.	47
Figura 6 - Arquitetura em camadas da TV Digital.	56
Figura 7 - Características do padrão ATSC.	60
Figura 8 - Características do padrão DVB.	61
Figura 9 - Características do padrão ISDB-T.	62
Figura 10 - Sistema de TV Digital Interativa.	64
Figura 11 - Etapas da difusão.	65
Figura 12 - Etapas da recepção.	66
Figura 13 - Carrossel de dados.	67
Figura 14 - Canal de interatividade bidirecional com acesso à Internet.	69
Figura 15 - Arquitetura Ginga.	70
Figura 16 - Visão temporal da apresentação de um vídeo.	71
Figura 17 - Estrutura do ambiente de aplicações.	72
Figura 18 - Configuração básica do receptor da TV brasileira.	74
Figura 19 - Estrutura de camadas para a apresentação de serviços.	75
Figura 20 - Estrutura dos metadados e dados nos pacotes OAX e SCORM.	82
Figura 21 - Representação do conteúdo OAX quanto aos metadados e os dados.	83
Figura 22 - Exemplo de código do XML Schema do OAX.	84
Figura 23 - Exemplo de código XSL para exibição do conteúdo OAX no navegador Web.	85
Figura 24 - Código exemplo do atributo <i>data</i> , do elemento <i>object</i> , utilizando método <i>inline</i>	86
Figura 25 - Arquitetura do sistema SOAX.	87
Figura 26 - Componente SOAX-TV de Exportação.	89
Figura 27 - API OAX-SCORM de Importação e Exportação.	90
Figura 28 - Tela de criação de perfil no SOAX.	92
Figura 29 - Tela de busca e listagem de OAs no SOAX.	92
Figura 30 - Tela de informações de um OA no SOAX.	93
Figura 31 - Tela de criação do conteúdo no SOAX.	94
Figura 32 - Código do arquivo OAX gerado no gerenciador de conteúdo.	95

Figura 33 - Execução de um OAX na Web.	96
Figura 34 - Código de um arquivo de metadados “ <i>imsmanifest.xml</i> ” do SCORM.	97
Figura 35 - Execução de um OAX-SCORM no Moodle 1.9.5+.	97
Figura 36 - Execução de um OAX-SCORM no ambiente de execução da ADL.	98
Figura 37 - Código do arquivo NCL do OAX-TV.	99
Figura 38 - Execução de um OAX-TV no <i>set-top box</i> virtual Ginga-NCL.	99

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Gerações de EaD segundo os recursos e meios tecnológicos.....	18
Tabela 2 - Alguns conceitos de EaD no período de 1967 a 1987.	26
Tabela 3 - Alguns conceitos de <i>e-Learning</i>	27
Tabela 4 - Propriedades de um Objeto de Aprendizagem.	28
Tabela 5 - Quadro comparativo de atributos da Usabilidade segundo diversos autores.....	49
Tabela 6 - Cronograma de implantação da TV Digital no Brasil.	52
Tabela 7 - Cronograma de implantação da TV Digital no mundo.	52
Tabela 8 - Síntese de configurações de apresentação de imagens para TV Digital.	54

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Metodologia de trabalho adotada	22
1.2 Organização da Dissertação	24
2 EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E A CONVERGÊNCIA DIGITAL	25
2.1 Metáforas para Objetos de Aprendizagem.....	29
2.2 Metadados: recursos gerenciais de Objetos de Aprendizagem.....	31
2.3 Padrões de Objetos de Aprendizagem com metadados	34
2.3.1 Modelo de Agregação de Conteúdo do SCORM.....	38
2.3.2 Ambiente de Execução	39
2.3.3 Seqüenciamento e Navegação.....	40
2.4 Convergência digital para EaD.....	41
2.4.1 Comunicação da Informação na era digital	44
2.4.2 Interatividade e Usabilidade em diferentes ambientes digitais.....	47
3 A TV DIGITAL BRASILEIRA.....	51
3.1 Arquitetura de um Sistema de TV Digital	55
3.2 Padrões de Sistemas de TV Digital	58
3.2.1 Padrão Americano: ATSC	59
3.2.2 Padrão Europeu: DVB	60
3.2.3 Padrão Japonês: ISDB-T.....	62
3.3 TV Digital Interativa e canal de retorno.....	62
3.3.1 Sistema de TV Digital Interativa	64
3.3.2 Canal de Interatividade no Brasil.....	67
3.4 Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD).....	68
3.4.1 <i>Middleware</i> Ginga	69
3.4.2 Receptores para a TV Digital brasileira.....	73
3.4.3 Armazenamento e apresentação do conteúdo	75

3.5 Usabilidade e a TV Digital.....	76
4 MODELO PARA PORTABILIDADE DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM.....	80
4.1 Modelo OAX para implementação de OAs.....	81
4.2 SOAX: um sistema de autoria para OAX.....	86
4.3 Aplicação com o Sistema SOAX	93
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
REFERÊNCIAS.....	104
 <i>APÊNDICE A: METADADOS DE PADRÕES DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM</i>	 <i>111</i>
<i>APÊNDICE B: TRANSMISSÃO DA TV DIGITAL MÓVEL</i>	<i>114</i>
<i>APÊNDICE C: ARQUITETURAS DE TV DIGITAL PARA A INTERNET.....</i>	<i>116</i>
<i>ANEXO A: NORMAS TÉCNICAS DA ABNT PARA A TVDI NO BRASIL</i>	<i>118</i>

1 INTRODUÇÃO

Os recursos tecnológicos e os meios de comunicação vêm evoluindo rapidamente nas últimas décadas, contribuindo com vários setores sócio-econômicos, incluindo a área de Educação, na qual se aplica este trabalho. Segundo Lévy (1993), a introdução de novas tecnologias em uma organização social é uma questão de ordem política de um grupo com poder para tais tomadas de decisão, seja ele governamental ou não. Tal inovação é impactante na dinâmica política e cultural da sociedade.

O termo tecnologia foi interpretado de diferentes maneiras ao longo da história, dentro dos mais distintos contextos sociais (GAMA, 1987). De acordo com Veraszto *et al.* (2008), as palavras “técnica” e “tecnologia” vêm do grego *techné*, que significa alterar o mundo e não compreendê-lo. Assim, segundo Lévy (1993), a linguagem é vista como uma das primeiras técnicas surgidas, inserida no âmbito da tecnologia intelectual. Para isso considerou que, durante a evolução humana, enquanto as ferramentas manuais lhes permitiam apenas transformações materiais, a palavra trazia o domínio de seus atos e do seu próprio pensamento.

As tecnologias que envolvem a Informação e os meios de comunicação são comumente conhecidas como TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) ou ICT (*Information Communication Technology*). O conceito de Informação é amplamente discutido na literatura e, para este trabalho foi considerado o de Wiener (1948), que considera a Informação como sendo o conteúdo da comunicação. Assim, as TICs podem envolver diferentes segmentos, como rádio, televisão, computadores e telefones celulares, assim como os serviços e aplicações associados a esses segmentos em um determinado contexto: Educação, Saúde, Transporte, etc. (SEARCHCIO, 2004).

Há contextualizações diferentes de TIC, de acordo com os interesses do grupo de aplicação. Segundo a Comunidade Européia, as TIC estão mais direcionadas às populações mais vulneráveis do ponto de vista sócio-econômico, visando diminuir o fosso digital entre as que têm facilidade de acesso a recursos tecnológicos e as que não têm. Para esse trabalho, contudo, foi adotado o conceito de Ponte (2000), que restringe o conceito de TIC às tecnologias e serviços/aplicações que envolvem o computador e a comunicação. Apesar da restrição tecnológica, a Informática abrange um grande universo de aplicações executáveis

em diferentes meios de comunicação, podendo atender os propósitos mais amplos de TIC da Comunidade Européia.

A própria sociedade é um dos principais elementos responsáveis pela difusão das TIC, de acordo com a valorização que a concede à manutenção da rede de informações entre os indivíduos. Muitos estudiosos têm empreendido esforços para a implementação dessa rede social de informações, de modo que traga satisfação aos indivíduos participantes, melhorando também o tempo de trânsito e a expressão dessas informações.

Não basta inovação tecnológica, deve haver também a preocupação com os indivíduos agentes e usuários dessas novas tecnologias. Na área de Educação, incluindo a modalidade de Educação a Distância (EaD), são requeridos estudos pedagógicos¹ e didáticos² para a construção de ambientes de ensino-aprendizagem, sejam eles colaborativos³ ou não.

Com base na definição de Moore (1972), Keegan (1980) quando considera EaD como um método de ensino, com as condutas docentes ocorrendo à parte dos alunos, de tal maneira que a comunicação entre o professor e o aluno realize-se mediante textos impressos, meios eletrônicos ou outros meios tecnológicos. A metodologia de ensino, nesse contexto, deve ser ajustada aos recursos tecnológicos, de modo que os objetivos de ensino-aprendizagem sejam satisfeitos, abrangendo um grande universo de alunos.

Esse trabalho, no entanto, não se atém à metodologia de ensino ou outros elementos de âmbito didático-pedagógico, mas sim, às técnicas e recursos tecnológicos que providenciam o suporte necessário à construção dos ambientes virtuais, e, principalmente a geração do conteúdo.

Nessa direção, é interessante mencionar que alguns autores classificam EaD segundo os meios tecnológicos de distribuição de conteúdos, comunicação e interação. A **Tabela 1** apresenta três diferentes visões dessa classificação. Para Santos (2000) e para Sherron e Boettcher (1997 *apud* LIMA; CAPITÃO, 2003, p. 47) os sistemas de EaD são classificados em quatro gerações, enquanto para Taylor (2001) em cinco.

A classificação de Sherron e Boettcher define os períodos de tempo das gerações de EaD de acordo com os recursos tecnológicos disponíveis e mais utilizados na sociedade.

¹ Pedagogia é o campo do conhecimento que se ocupa do estudo sistemático da educação, isto é, do ato educativo, da prática educativa concreta que se realiza na sociedade como um dos ingredientes básicos da configuração da atividade humana (LIBÂNEO, 1999).

² Didática é o campo de saberes voltado às principais teorias educacionais (GHIRALDELLI, 2002).

³ Ambiente Colaborativo de Aprendizagem é um espaço que sustenta a construção, inserção e troca de informações pelos participantes, visando a construção social do conhecimento (VICTORINO; HAGUENAUER, 2004).

Santos (2000) e Taylor (2001), por outro lado, não definem períodos, classificando os sistemas de aplicação de EaD apenas segundo os recursos, embora divirjam na visão das gerações. De qualquer forma, em um mesmo período podem coexistir sistemas de diferentes gerações, de acordo com os canais de comunicação adotados. A divergência entre os autores pode ser observada já na primeira geração apresentada na **Tabela 1**: enquanto Sherron e Boettcher consideram apenas meios impressos por correspondência, Taylor já abrange o rádio na EaD. A classificação de Santos se assemelha a de Sherron e Boettcher nesta primeira geração, mas vai apresentando as diferenças nas demais.

Tabela 1 - Gerações de EaD segundo os recursos e meios tecnológicos.

Fonte: extraído e adaptado de Franco (2009).

Gerações	Sherron e Boettcher (1997)	Santos (2000)	Taylor (2001)
Primeira geração	1840 a 1970 Impressão; Correspondência.	Correspondência.	Correspondência; Rádio.
Segunda geração	1970 a 1980 Rádio; Fitas de áudio; Televisão via <i>broadcast</i> .	Rádio; Televisão; Fitas de vídeo.	Televisão; Fitas de áudio; Fitas de vídeo; Computador, multimídia ⁴ e vídeos interativos.
Terceira geração	1980 a 1990 Fitas de vídeo; Televisão via satélite e cabo.	Computadores.	Televisão via <i>broadcast</i> ; Rádio/áudio-conferências; Tele-aprendizagem, com vídeo-conferências e áudio-conferências.
Quarta geração	1990 a 2000 Computadores; CD-ROM; Internet/Web; Multimídia; Ambientes de aprendizagem virtuais com recursos distribuídos; <i>e-Learning</i> .	Internet; Comunicação em tempo real (<i>on-line</i> e sincronizada); Interação direta professor/aluno e aluno/aluno; Aulas colaborativas.	Internet/Web; Multimídia interativa <i>on-line</i> .
Quinta geração	-----	-----	Rede sem fios; Sistemas inteligentes; Convergência digital; Modelo de aprendizagem flexível, com respostas automatizadas.

⁴ Multimídia: qualquer combinação de texto, arte gráfica, som, animação e vídeo apresentada ao usuário por um computador ou outro meio eletrônico (VAUGHAN, 2006).

De modo geral, todos os recursos (material impressos, vídeos, rádio, etc.) continuam tendo espaço importante na EaD, independente de sua inovação tecnológica (FANTIN, 2007; FRANCO, 2009). O Anuário de Educação a Distância, publicado em 2008 pela Associação Brasileira de Educação a Distância (ABED) traz o seguinte levantamento: 86% do material utilizado nas instituições de ensino ainda são impressos, sendo que 49% estão em CD-ROM ou são veiculados via Internet (ABED, 2008).

A quinta geração de Taylor compreende sistemas de EaD que podem apresentar seus conteúdos em diferentes meios digitais: é a convergência digital. Segundo Figueiredo e Lourenço (2007), o conceito de convergência digital surgiu a partir da observação de que, com o conteúdo em formato digital, diferentes serviços, dispositivos e redes de comunicação passam a ter um potencial muito grande de integração. O computador, no decorrer do tempo, tem centralizado informações que eram apresentadas por diferentes meios de comunicação. Atualmente o celular também tem sido um meio integrador que tende a ocupar um grande espaço no cenário da convergência digital. Hoje, um mesmo formato de imagem JPG, por exemplo, é utilizado em diversos dispositivos: câmeras digitais fotográficas, celulares, PDAs, *Smartphones*, TVs Digitais, computadores, entre outros. Esse panorama já foi previsto desde 1976, por Daniel Bell (1976), com a introdução do termo “Sociedade da Informação”. Segundo o autor, a informação é o ponto central da sociedade contemporânea, com fortes influências dos avanços convergentes das tecnologias computacionais e das telecomunicações nas relações de poder.

É neste contexto de convergência digital que este trabalho vislumbra o conteúdo de ensino-aprendizagem na EaD. O trabalho desenvolvido contempla conteúdos multimídia interativos que podem ser utilizados tanto no ambiente da *World Wide Web* (Web) como no ambiente de TV Digital por *broadcast* (mesma informação enviada a muitos receptores ao mesmo tempo). Logo, se enquadra melhor no âmbito da quarta e quinta geração de Taylor, embora também, de certa forma, nas quartas gerações de Santos e de Sherron e Boettcher. Cabe observar que Franco (2009) sugere que seja incluída a TV Digital na quinta geração de Taylor.

Os sistemas de EaD que utilizam conteúdos multimídia estão inseridos na classe de sistemas conhecida como *e-Learning*. O conceito de *e-Learning* é discutido na literatura, porém, não há um consenso entre os estudiosos. Alguns consideram apenas a Internet e tecnologias digitais para distribuição de conteúdo, outros quaisquer tecnologias de meio de comunicação e distribuição de conteúdo, como TV, Rádio, CD-ROM, etc. Neste trabalho, o conceito de *e-Learning* adotado envolve qualquer tecnologia digital que faz uso da Web (URDAN; WEGGEN, 2000).

Em termos de conteúdo para o ensino-aprendizagem na EaD, ressalta-se o conceito de Objeto de Aprendizagem (OA). Segundo o Comitê de Padronização de Tecnologias de Aprendizagem ou *Learning Technology Standard Comitee* (LTSC), do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), um OA é uma entidade material educacional, digital ou não, que pode ser usada, reutilizada e referenciada durante alguma manifestação de ensino-aprendizagem apoiada por recursos tecnológicos (LTSC, 2002; IEEE, 2008). Tais OAs podem ser reutilizados em diferentes contextos de aprendizagem e combinados entre si, compondo outros OAs. Os OAs também são conhecidos nas literaturas sob outras denominações, como, por exemplo: objeto instrucional (GIBBONS; NELSON; RICHARDS, 2000), objeto educacional (TAROUÇO; FABRE; TAMUSIUNAS, 2003) e objeto de mídia (SOUTH; MONSON, 2000). O termo “Objeto de aprendizagem”, traduzido literalmente de *Learning Object* (LO), no entanto, tem sido amplamente utilizado por muitos autores, como Gomes, Silveira e Viccari (2004), Marchi e Costa (2004), Mendes, Souza e Caregnato (2004), entre vários outros.

Gonçalves (2005) menciona um conjunto de problemas enfrentados na criação de OAs digitais: - definição da estrutura de navegação; - adequação do conteúdo de uma mídia escrita para uma mídia eletrônica; - atendimento aos aspectos pedagógicos de ensino; - integração do OA com diferentes tipos de ambientes de EaD; - elevado custo das licenças de ferramentas de autoria; - implementação de OAs com padrões homologados por órgãos reguladores. De fato, hoje há vários padrões para a construção, armazenamento e transmissão de OAs digitais, mas que requerem investimentos e esforços para sua compreensão e devida implementação. Atualmente, os mais divulgados nas literaturas são: *Learning Object Metadata* (LOM) (LTSC, 2002), *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) (ADL, 2009), *Instructional Management System* (IMS) (IMS, 2003), *Alliance of Remote Instructional Authoring Distribution Networks for Europe* (ARIADNE) (ARIADNE, 2002), *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI, 2009) e o *Aviation Industry Computer-Based-Training Committee* (AICC) (AICC, 2006). A adoção de um padrão de OAs facilita a portabilidade dos OAs para diferentes ambientes e sistemas de EaD, bem como contribui com a interoperabilidade desses sistemas (MOORE, KEARSLEY, 1996; LIMA, CAPITÃO, 2003).

Todos os padrões mencionados implementam OAs com metadados (descritores do conteúdo). Essa estruturação permite a independência de sistemas gerenciadores de conteúdos e de armazenamento, contribuindo com a importação e exportação dos OAs. Logo, um OA é composto pelos dados mais os respectivos metadados, normalmente armazenados em diferentes arquivos.

Face ao exposto, o principal objetivo deste trabalho foi a investigação de um novo modelo para implementação de OAs com portabilidade para ambientes Web e para a TV Digital Aberta (TVDA) brasileira. O modelo resultante foi denominado OAX, baseado em metadados. Em linhas gerais, os dados e metadados de um OA são encapsulados em uma estrutura singular, de modo a facilitar a portabilidade, criação, busca e visualização dos OAs. Os dados podem ser compostos de qualquer arquivo em conformidade com o padrão MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*).

O modelo permite a convergência digital dos OAs em termos de visualização, ou seja, um OA pode ser visualizado em vários meios, como a Web e a TVDA brasileira (flexibilidade de ajuste a diferentes meios).

É importante observar que a inclusão do ambiente da TVDA neste trabalho se deve ao fato da TV Digital consistir de uma tecnologia alternativa que está sendo disponibilizada no Brasil e começando a fazer parte do cotidiano da população. Segundo o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.BR), a televisão está presente em 98% dos domicílios brasileiros, levando em conta todo o território nacional urbano⁵ (CGI.BR, 2008). É esperado que a TV Digital venha a ter o mesmo tipo de penetração popular. Segundo o ministro Hélio Costa, a TVDA será um meio de inclusão digital (SECOM, 2008). Além disso, em breve o televisor também pode ser um ponto de acesso de comunicação, oferecendo serviços de Internet e de telefonia semelhante aos de VoIP (*Voice over IP*).

O modelo OAX também propicia a conversão bidirecional para um padrão de OA que faça uso de metadados (extensibilidade de formatos). Assim, um OA implementado segundo o modelo OAX e em conformidade com um determinado padrão de OA pode ser importado por diferentes sistemas de aprendizagem que providenciem suporte a esse padrão. Essa facilidade do modelo contribui para reduzir as dificuldades, para os usuários, de reutilização de OAs, mesmo com o mesmo padrão. Isso acontece devido às diferenças estruturais dos sistemas gerenciadores de conteúdo e dos repositórios de dados dos sistemas de aprendizagem. Contudo, o cenário aberto de TIC prega a construção de conteúdo para EaD, independente das configurações de sistemas de aprendizagem específicos. Tais reflexões conduziram o trabalho a investigações para aplicar o modelo OAX em um sistema de software com ambiente intuitivo que possibilitasse que educadores construíssem o próprio conteúdo de suas aulas e que o próprio sistema convertesse os OAs em formato facilmente exportado para sistemas de aprendizagem na Web ou na TVDA brasileira. Assim, educadores, com conhecimentos básicos de Informática, poderiam concentrar sua atenção nos aspectos didático-pedagógicos e não em tecnologias específicas.

⁵ Área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definida por lei municipal.

Nessa direção, este trabalho também apresenta a arquitetura de um sistema, denominado SOAX, cujo ambiente Web contempla facilidades de compor e reutilizar conteúdos (OAs). Através do SOAX são criados e gerenciados OAs segundo o modelo OAX. Através do SOAX, os OAs podem ser convertidos para padrões clássicos de OAs e, por conseguinte, serem reutilizados ou exportados para sistemas de aprendizagem específicos. De forma similar, o sistema pode importar conteúdos em formatos padronizados e convertê-los para o modelo OAX, para serem manipulados em ambiente próprio do SOAX.

O sistema SOAX foi implementado em linguagem C# e JavaScript, com componentes nas linguagens XML (*eXtensible Markup Language*), XSL (*Extensible Stylesheet Language*) e XHTML (*eXtensible HyperText Markup Language*), para visualização do conteúdo na Web). Para visualização no ambiente da TVDA brasileira, foi utilizada a linguagem NCL (*Nested Content Language*), através do *middleware* Ginga (ABNT, 2007b).

Para demonstração da viabilidade de implementação do modelo OAX pelo Sistema SOAX, foi desenvolvida uma versão do Sistema com a conversão bidirecional de OAs para o padrão SCORM. Foram, então, analisadas as funcionalidades de exportação e importação de OAs SCORM para o sistema colaborativo Moodle (MOODLE, 2009) – um dos mais conhecidos sistemas de *e-Learning*. O SCORM foi adotado como o padrão de OA para este trabalho, considerando que o seu desenvolvimento foi elaborado a partir da avaliação dos padrões ARIADNE, IMS, LOM, Dublin Core e AICC, incorporando características e elementos desejáveis desses padrões, inclusive para o ambiente da Web.

Face à visão geral do trabalho apresentada, a seção 1.1 sintetiza a metodologia de trabalho adotada e a seção 1.2, apresenta a organização dos capítulos.

1.1 Metodologia de trabalho adotada

Este trabalho é de natureza aplicada, tendo como principal objetivo a investigação de um modelo de implementação de OAs, OAX, e a arquitetura de um sistema de criação e gerenciamento de OAs segundo o modelo OAX: SOAX. Esse sistema também possibilita a conversão dos OAs para formatos que possam ser visualizados na Web e na TVDA, bem como possam ser convertidos para formatos de padrões de OAs, como SCORM. Houve a preocupação de implementação do sistema SOAX para ser utilizado por educadores com

conhecimentos básicos de Informática, através de um ambiente intuitivo e de alta usabilidade⁶.

O desenvolvimento do trabalho seguiu, basicamente, as seguintes etapas:

1. Levantamento bibliográfico para estudos e discussões sobre a área de EaD, incluindo os conceitos associados, como *e-Learning* e Objetos de Aprendizagem no cenário atual de convergência digital;
2. Levantamento bibliográfico para estudos e discussões sobre os padrões adotados internacionalmente, formalizados por organizações e consórcios, baseados em metadados;
3. Levantamento bibliográfico para estudos e discussões sobre a TV Digital no Brasil, com foco no Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD) para a TV Aberta;
4. Estudos e experimentos práticos sobre a *middleware* Ginga (SBTVD, 2007), considerando o sistema *set-top box* virtual Ginga-NCL versão 0.10.1 (GINGANCL, 2009), de domínio público, disponibilizado pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e pela Pontífice Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), para desenvolvimento de aplicações segundo a *middleware* Ginga;
5. Esforços para a definição de um modelo de implementação de OAs, baseado na definição do padrão SCORM, que pudesse atender os objetivos do trabalho, possibilitando a flexibilização de visualização em ambientes da Web e da TVDA, bem como permitir a conversão para padrões de OAs com metadados e vice-versa (extensibilidade do modelo);
6. Esforços para o desenvolvimento da arquitetura de um sistema de autoria, que implementasse e validasse as propriedades de flexibilidade de visualização dos OAs e extensibilidade do modelo OAX;
7. Implementação e análise do sistema projetado, visando uma interface com o usuário simples, de alta comunicabilidade⁷ e usabilidade para pessoas não especialistas em Informática, incluindo as tecnologias envolvidas. Observa-se que a implementação objetivou uma versão beta⁸ para ser disponível a grupos de

⁶ Usabilidade é a “capacidade do produto de software de ser compreendido, operado e atraente ao usuário, quando usado sob condições especificadas” (ABNT, 2003).

⁷ Comunicabilidade é a qualidade que determina se o sistema comunica eficientemente e efetivamente, aos usuários, as intenções pretendidas pelo projetista do software (PRATES, 2000).

⁸ Versão de software disponibilizada a usuários para uso e avaliação (não é produto final).

educadores, visando coletar contribuições desses usuários para melhorias no sistema, em próximas versões.

1.2 Organização da Dissertação

De acordo com a visão geral introduzida neste capítulo, esta Dissertação foi organizada em mais quatro capítulos, conforme descrito a seguir.

O **capítulo 2** aborda os conceitos de EaD, *e-Learning* e OAs no contexto da convergência digital. Os padrões de OAs ARIADNE, IMS, LOM, Dublin Core e AICC são objetivamente apresentados, com destaque ao padrão SCORM. Algumas reflexões sócio-educativas sobre tecnologias para a convergência digital são apresentadas no contexto do trabalho.

Os estudos realizados sobre a TV Digital brasileira estão compilados no **capítulo 3**. Levando em consideração que há vários formatos de TV Digital, como IPTV (*Internet Protocol Television*), WebTV, ITV (*Interactive Television*) e TV Digitais por assinatura (pagas), através de cabos ou satélites, esse trabalho envolve apenas a TVDA: sistema público aberto de TV Digital em conformidade com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Essas normas foram elaboradas pelo Fórum do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD), formalmente criado em novembro de 2006, com o objetivo de auxiliar e estimular a criação/melhoria do sistema de transmissão e recepção de sons e imagens digitais no Brasil (SBTVD, 2007; ABNT, 2008a; FRANCO, 2009). O padrão de TVDA adotado no Brasil possibilita a emissão de sinais para dispositivos portáteis, como *smartphones*, PDAs e celulares, e contempla a interatividade através de um canal de retorno com a infra-estrutura da Internet. (ABNT, 2007a).

O **capítulo 4**, por sua vez, apresenta o modelo OAX e a arquitetura do sistema SOAX. Inclui um exemplo de criação de OA com aplicações para geração de conteúdo em formato de padrão para visualização na Web e na TVDA, bem como para o formato SCORM. São apresentadas as tecnologias utilizadas pelo SOAX para a visualização dos OAs através de ambientes para a Web e para a TVDA.

Por fim, as conclusões e as considerações finais são apresentadas no **capítulo 5**.

2 EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E A CONVERGÊNCIA DIGITAL

O grande avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) tem oferecido uma grande diversidade de recursos para vários setores sócio-econômicos e linhas de pesquisa, incluindo a aproximação entre a Educação e a Informática (FIGUEIREDO; LOURENÇO, 2007). Inovações tecnológicas vêm sendo adotadas na Educação a Distância (EaD) no decorrer dos anos, com o objetivo de providenciar melhor suporte às atividades didáticas e pedagógicas (ver **Tabela 1** no capítulo 1).

Diferentes conceitos de EaD são encontrados na literatura, como mostra a **Tabela 2** para o período de 1967 a 1987. As diferenças conceituais evidenciam, naturalmente, a influência das questões culturais, sociais e técnicas de cada época.

Segundo Rosenberg (2002), a EaD já vem sendo introduzida na vida social desde o século XV, com a invenção de uma técnica para prensa tipográfica, revolucionando a comunicação com livros e jornais impressos em reduzido tempo. Mas outros autores, como Nunes (1994) e Landim (1997) relatam que a EaD teve início em 1856, com o ensino por correspondência, organizado pela Escola de Línguas de Charles Toussaint e Gustav Langenscheidt, em Berlim. O ensino por correspondência parece ter sido impactante, pois, segundo Sganzerla (2002), no início do século XX vários estudos foram realizados com o objetivo de melhorar as metodologias aplicadas ao ensino por correspondência – época marcada pela imprensa e pelo rádio. Em 1967, surge a primeira Universidade Virtual Internacional, a Universidade Aberta⁹ do Reino Unido da Grã-Bretanha.

Para este trabalho, foi adotada uma definição mais recente, elaborada pela Secretaria de Educação a Distância (SEED) do Ministério da Educação (MEC), apresentada no Decreto nº 5.622 (SEED, 2007):

⁹ Trata-se de uma instituição cuja característica é a liberdade para transferir conhecimentos sem quaisquer registros ou permissões governamentais e sem qualquer preocupação com a formação para a habilitação profissional (MENEZES; SANTOS, 2002).

Tabela 2 - Alguns conceitos de EaD no período de 1967 a 1987.

Fonte: extraído e adaptado de Nunes (1992).

Autor(es)	Ano	Conceito de EaD segundo o(s) autor(es)
Dohmem	1967	Sistemática organizada de auto-estudo, onde o aluno se instrui a partir do material de estudo que lhe é apresentado. O acompanhamento e supervisão do progresso do aluno são conduzidos por um grupo de professores.
Moore	1972	Família de métodos instrucionais, onde as ações dos professores são executadas a partir das ações dos alunos.
Peters	1973	Forma industrializada de ensinar e aprender. Método racional de partilhar conhecimento, habilidades e atitudes, através da divisão do trabalho e de princípios organizacionais; uso extensivo de meios de comunicação para reproduzir materiais técnicos de alta qualidade, que possibilitam instruir um grande número de alunos simultaneamente enquanto esses materiais durarem.
Holmberg	1977	Contempla várias formas de estudo, em variados níveis, desde que os alunos não estejam sob a contínua e imediata supervisão de tutores, de forma presencial, em uma sala de leitura ou mesmo local.
Keegan	1980	Método de instrução em que as condutas docentes acontecem à parte das discentes, de tal maneira que a comunicação entre o professor e o aluno se realize mediante textos impressos, meios eletrônicos, mecânicos ou outras técnicas.
Perry e Rumble	1987	Professor e aluno não se encontram no mesmo ambiente físico durante o processo de Ensino-Aprendizagem.

Educação a Distância é a modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino-aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, envolvendo estudantes e professores no desenvolvimento de atividades educativas em lugares ou tempos diversos.

A introdução do computador na vida social a partir de 1970, juntamente com o crescimento e a popularização da Internet na década de 90, possibilitaram um leque cada vez maior de novas estratégias e ferramentas digitais para apoiar a EaD.

A tendência de utilizar a letra “e” do termo inglês *eletronic* para representar recursos digitais, incluindo a Internet, como *e-Commerce*, *e-Business*, etc., também chegou na EaD: *e-Learning* (LIMA; CAPITÃO, 2003). É o mesmo que acontece hoje com os recursos inovadores da TV Digital e dos dispositivos móveis (*mobile*): *t-Learning* (GOMES, 2004; FRANCO, 2009) e *m-Learning*, respectivamente.

A **Tabela 3** apresenta alguns conceitos de *e-Learning* encontrados nas literaturas, principalmente em decorrência dos recursos tecnológicos envolvidos – o que reflete, de certa forma, nas práticas didáticas e pedagógicas aplicadas. Como pode ser observado, alguns autores, como Urdan e Weggen (2000), consideram que *e-Learning* esteja voltado ao

uso de qualquer recurso eletrônico (computador, fita de vídeo, TV Interativa). Já outros autores consideram que o recurso essencial é a Internet, como Rosenberg (2002) e Karrer (2007).

Tabela 3 - Alguns conceitos de e-Learning.

Autor(es)	Conceito de e-Learning	Meio(s) para prover conteúdos
Urdan e Weggen (2000)	O termo <i>e-Learning</i> cobre uma variedade de conjuntos de aplicações e de processos, incluindo aprendizagem baseada em computador, baseada na Web e colaboração digital.	Meios eletrônicos, que incluem Internet, intranets, extranets, satélites, <i>broadcast</i> , áudio, fita de vídeo, TV Interativa e CD-ROM.
Masie (2002)	O <i>e-Learning</i> toma três dimensões para o significado da letra “e”. (1) Experiência: aumentando o envolvimento e experiência dos alunos na aprendizagem; (2) Extensão: disponibilizando opções de aprendizagem numa perspectiva de processo e não de evento; (3) Expansão: alargando o acesso a fontes de informação não limitadas à sala de aula.	---
Rosenberg (2002)	<i>E-Learning</i> refere-se à utilização das tecnologias da Internet para fornecer um amplo conjunto de soluções que melhoram o conhecimento e o desempenho no processo de ensino-aprendizagem.	Baseado na Internet
Karrer (2007)	Aponta ambientes apoiados pela Web 2.0 ¹⁰ . Com a promoção da coesão social, o <i>software</i> contribui para o aumento dos níveis de socialização e personalização de <i>e-Learning</i> , além de criar um potencial impacto sobre a melhoria da performance humana.	Baseado na Internet

Na proposta apresentada neste trabalho, os OAs podem ser elementos de ensino-aprendizagem voltados a qualquer mídia digital, seja CD-ROM, DVD-ROM, Web, TV Digital, etc. Considera-se a portabilidade dos OAs para qualquer meio. Assim, o conceito proposto por Urdan e Weggen (2000) parece mais adequado à proposta tecnológica apresentada. Por outro lado, os aspectos de socialização e personalização de *e-Learning* de Karrer (2007) são didaticamente relevantes e, de certa forma, são satisfeitos com a proposta apresentada no capítulo 4.

Como visto no capítulo 1, um OA é uma entidade material educacional, digital ou não, que pode ser usada, reutilizada e referenciada durante alguma manifestação de

¹⁰ O termo Web 2.0 foi usado pela primeira vez em 2004 por Tim O'Reilly para conceituar aplicativos utilizados na rede, que aproveitam a inteligência coletiva das pessoas, propondo uma experiência de uso parecida com os *desktops*, na qual os softwares são disponibilizados na internet como um serviço, e a web, como uma plataforma. Os usuários passam de meros consumidores a produtores de conteúdo (O'REILLY, 2005)

ensino-aprendizagem apoiada por recursos tecnológicos (LTSC, 2002). Para ambientes de *e-Learning*, contudo, os OAs são restritos aos formatos digitais. Os OAs podem ser reutilizados em diferentes contextos de aprendizagem e combinados entre si, compondo outros OAs. A reutilização de OAs permite acelerar a produção do conteúdo e, conseqüentemente, diminuir o seu custo, além de oferecer maior flexibilidade na elaboração e organização das atividades.

Segundo ADL (2008), os OAs são caracterizados por quatro propriedades, enquanto para Mendes, Souza e Caregnato (2004), por sete propriedades, conforme apresentado na **Tabela 4**.

Tabela 4 - Propriedades de um Objeto de Aprendizagem.

Propriedade	Descrição	ADL (2008)	Mendes, Souza e Caregnato (2004)
Reutilizabilidade (<i>Reusability</i>)	Um OA pode ser reutilizável diversas vezes, em diversos ambientes de aprendizagem.	X	X
Acessibilidade ¹¹ (<i>Accessibility</i>)	Um OA pode ser facilmente acessado via Internet para ser usado em diversos locais.	X	X
Interoperabilidade (<i>Interoperability</i>)	Um OA pode ser utilizado e gerenciado através de diferentes plataformas de hardware, sistemas operacionais e <i>browsers</i> Web, possibilitando efetivo intercâmbio entre diferentes sistemas.	X	X
Durabilidade (<i>Durability</i>)	Um OA pode ser utilizado e reutilizado, independente da mudança de tecnologia.	X	X
Adaptabilidade (<i>Adaptability</i>)	Um OA é adaptável a qualquer ambiente de ensino.	----	X
Granularidade (<i>Granularity</i>)	O conteúdo de um OA deve ser fragmentado, para facilitar sua reutilização.	----	X
Metadados (<i>Metadata</i>)	O conteúdo de um OA pode ser descrito com propriedades de um objeto, como: título, autor, data, assunto, etc.	----	X

Para melhor expressar as propriedades dos OAs para a Educação, foram criadas algumas metáforas. Três delas são apresentadas e comparadas na **seção 2.1**.

A **seção 2.2**, por sua vez, traz algumas observações sobre metadados, importantes estruturas para a reutilização, flexibilidade e portabilidade dos OAs. Assim, um OA é composto do conteúdo propriamente dito mais uma estrutura com metadados, que, através de elementos e atributos, descrevem seu conteúdo, sua formatação e processos de

¹¹ O termo “acessibilidade” neste contexto não tem caráter de atendimento a pessoas com necessidades especiais.

apresentação, entre outras informações de interesse (autoria, data de criação, dados técnicos, dados pedagógicos, etc.). Dessa forma, os sistemas gerenciadores de aprendizagem ou *Learning Management System* (LMS)¹² provêm mecanismos de busca bem estruturados para um determinado sistema de repositório de OAs, que consiste de uma base de dados administrada pelo LMS (MARCO; INMON, 2000).

Alguns padrões de OAs, como IMS, Dublin Core, ARIADNE, LOM e SCORM, estruturam um OA com metadados, diferindo nos elementos (atributos) que compõem o metadado. A **seção 4** traz uma breve apresentação desses padrões, com ênfase no SCORM, que foi utilizado no caso de estudo da proposta no capítulo 4. Esses padrões objetivam orientar a construção do conteúdo de aprendizagem, sua reutilização e sua apresentação nos cursos.

2.1 Metáforas para Objetos de Aprendizagem

Nessa seção são apresentadas três formas de abstrair o que é um OA. Duas delas foram criadas por Willey (2001): uma representação associada ao brinquedo LEGO e outra associada ao conceito do átomo. A terceira, criada por Masie (2002), faz alusão aos processos da construção civil.

A metáfora do LEGO, ilustrada na **Figura 1**, é baseada nas características do próprio brinquedo: (1) uma peça LEGO pode ser combinada com outra peça LEGO se tiverem o mesmo modelo em comum; (2) peças LEGO podem ser montadas (encaixadas) se compartilharem o mesmo modelo; (3) peças LEGO são divertidas e simples - mesmo crianças podem uni-las (Wiley, 2001). Assim, para que as peças (objetos) sejam reutilizadas, elas precisam possuir o mesmo modelo de objeto, e as peças do mesmo modelo podem ser montadas e reutilizadas (DODDS, 2002 *apud* LIMA; CAPITÃO, 2003, p. 155). Cada peça LEGO pode ser vista como um OA, o qual possui as características de ser usado e reutilizado em diversas situações, para diversos propósitos. Observa-se, na **Figura 1**, uma peça marcada com “?”, que não compartilhou o mesmo modelo com as demais do quadro.

Esta metáfora busca explicar a idéia central dos OAs: a criação de segmentos de informação que podem ser combinados como as peças de um LEGO. Assim, estruturas hierárquicas cada vez maiores e complexas podem ser construídas, indicando alta

¹² Um LMS é uma aplicação que tem como objetivo principal automatizar os aspectos administrativos da formação, ou seja, gerir alunos (inscrição, disponibilização de conteúdos de aprendizagem, ferramentas de comunicação, registro do desempenho obtido nas atividades de aprendizagem, etc.) (LIMA; CAPITÃO, 2003).

granularidade. Tanto os segmentos menores e de baixa granularidade como os maiores e de alta granularidade podem ser reutilizados para criar outras estruturas diferentes.

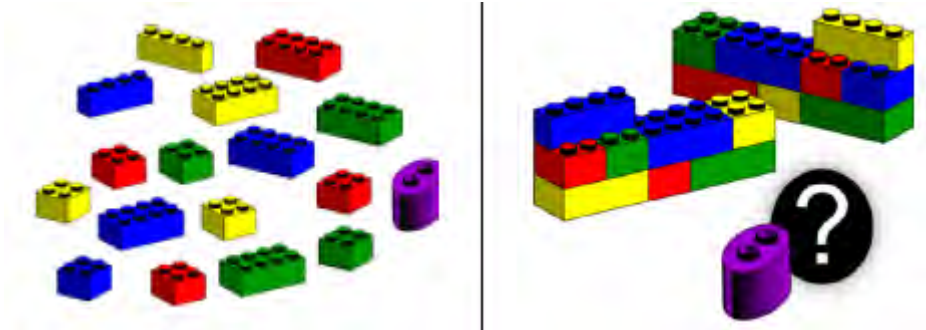


Figura 1 - Metáfora do LEGO sobre os Objetos de Aprendizagem.

Fonte: extraído de Dodds (2002 *apud* LIMA; CAPITÃO, 2003, p. 155).

A metáfora do LEGO, contudo, controla e limita o jeito das pessoas abstraírem OAs. Para Wiley (2001), esta metáfora pode levar a um conceito equivocado de OA, pelas seguintes razões: (1) no LEGO, qualquer bloco pode ser combinado com qualquer outro bloco; (2) no Lego, os blocos podem ser montados de qualquer maneira; (3) no Lego, os blocos são fáceis de serem montados.

Assim, Wiley (2001) propõe a metáfora dos átomos, a qual compara os OAs com os átomos: “as pequenas estruturas que formam todas as coisas que existem”. Os átomos combinam e se recombinaem entre si. Esta metáfora diferencia-se da metáfora do LEGO por colocar algumas restrições no contexto dos OAs: (1) nem todo átomo é combinável com todos os outros átomos; (2) átomos podem apenas ser agregados em certas estruturas descritas pelas suas próprias estruturas internas; (3) é necessário certo treinamento para se combinar átomos.

A metáfora da construção civil, por outro lado, faz alusão às estruturas pré-fabricadas, desenhadas e concebidas mesmo antes que qualquer obra seja construída (MASIE, 2002). Tais estruturas possuem certas especificações técnicas que conferem a oportunidade de criá-las, incorporar inovações e combiná-las de diferentes formas, construindo casas grandes ou pequenos edifícios. Segundo Masie (2002), algo semelhante ocorre com os OAs. Consoante as suas características, os OAs podem ser agrupados e combinados, formando um conjunto de aulas, módulos ou cursos, permitindo economia de custos na sua reutilização.

A metáfora dos átomos define melhor a idéia de OAs que a do LEGO, pois leva a se pensar que um OA somente poderá ser agrupado a outro se suas características forem

compatíveis entre si. Essa propriedade de compatibilidade dos OAs é vaga na metáfora do LEGO, pois cada peça possui determinadas estruturas internas que estabelecem restrições e preferências, tornando-as compatíveis com outras peças ou não. Na metáfora da construção civil é possível comparar diversos componentes de diferentes conceitos. Por exemplo, materiais pré-fabricados, OAs, também possuem especificações e normas, que combinados constroem pequenas casas ou grandes edifícios, com diferentes acabamentos arquitetônicos.

2.2 Metadados: recursos gerenciais de Objetos de Aprendizagem

Com os avanços da Internet, muito material antes disponível em forma impressa passou a ser convertido para o formato digital para que pudesse ser disponibilizado indexado e pesquisado através de robôs de busca (WEIBEL, 1995). Com a Web, material multimídia (textos, imagens, sons) também pode ser considerado para a composição de conteúdos agrupados em coleções ou bibliotecas úteis a uma ou mais comunidades. Para viabilizar a organização, o armazenamento e a recuperação do conteúdo, podem ser feitos registros de catalogação formais sobre cada material (conteúdo) ou se usar uma estrutura de índices – ambas alternativas requerem conhecimentos especializados.

Assim, é desejável a criação de um registro que seja mais informativo do que uma entrada de índice, mas seja menos complexo do que um registro de catalogação formal. Se esse registro alternativo despendesse menos esforço humano (maior produtividade) e pudesse ser completado com descrição do próprio autor do conteúdo, a solução traria muitas facilidades operacionais. Tal facilitação seria ainda maior se a descrição do conteúdo seguisse um padrão estabelecido, de modo que a intervenção humana fosse necessária apenas para a criação do objeto – ferramentas automatizadas podiam descobrir certas descrições e coletá-las.

Foi neste contexto que em março de 1995 foi realizado um Workshop (*Metadata Workshop*), em Dublin, Ohio, promovido pela *Online Computer Library Center* (OCLC) e o *National Center for Supercomputing Applications* (NCSA) (WEIBEL, 1995). O objetivo era a compreensão dos problemas e potenciais soluções entre interessados de várias áreas de conhecimento, a fim de se definir um conjunto simples de elementos de metadados para descrever objetos de conteúdo disponíveis através de meios eletrônicos. O resultado foi um conjunto de 13 elementos denominado *Dublin Core Metadata Element Set* – ou apenas *Dublin Core*. Esse foi o conjunto mínimo para objetos tipo documentos em ambientes de redes como a Internet.

A sintaxe não foi especificada deliberadamente, mas a semântica sim, de modo que fosse compreendida por uma grande gama de usuários. Os elementos de metadados do *Dublin Core* são:

1. Assunto (*Subject*): o tópico endereçado pelo trabalho;
2. Título (*Title*): o nome do objeto;
3. Autor (*Author*): as principais pessoas responsáveis pelo conteúdo intelectual do objeto;
4. Editora (*Publisher*): o agente ou a agência responsável por deixar o objeto disponível (publicação);
5. Outros agentes (*OtherAgent*): as pessoas, tais como os editores e os tradutores que fazem outras contribuições intelectuais significativas para o conteúdo;
6. Data (*Date*): a data de publicação;
7. Tipo (*ObjectType*): o gênero do objeto, tal como a novela, o poema, dicionário, etc.
8. Formulário (*Form*): a manifestação física do objeto, tal como arquivo *Postscript* ou arquivo executável do Windows;
9. Identificador (*Identifier*): palavra ou número usado para identificar o objeto de forma única;
10. Relação (*Relation*): relacionamento com outros objetos;
11. Fonte (*Source*): objetos impressos ou eletrônicos que deram origem ao objeto (se aplicável);
12. Idioma (*Language*): idioma do conteúdo intelectual;
13. Cobertura (*Coverage*): as posições espaciais e as durações temporais características do objeto.

Esse resultado foi específico para objetos como documentos eletrônicos e fez parte do primeiro padrão de OAs, Dublin Core, apresentado na seção 3. Contudo, as idéias sobre arquivos de descrição do conteúdo permearam as elaboração de todos os demais padrões de OAs: elementos padronizados, que pudessem ser preenchidos pelo próprio autor e com o apoio de ferramentas automatizadas.

Com a padronização descritiva dos conteúdos, um sistema de gerenciamento de aprendizagem (LMS) pode simplificar todo o processo de gestão, incluindo a sistematização dos processos de criação dos conteúdos e dos mecanismos de reutilização e portabilidade dos OAS.

Normalmente, os conteúdos (dados) dos OAs e suas estruturas de metadados ficam armazenados em um sistema de repositório. Esses sistemas oferecem serviços

relacionados à acessibilidade, visando a localização e disponibilidade dos OAs, de modo que o LMS possa gerenciar o compartilhamento desses objetos.

Observa-se que o evento ocorrido para a geração do conjunto de metadados Dublin Core se deu num momento em que já se utilizava a linguagem SGML (*Standard Markup Language*). Dentre os participantes do *Metadata Workshop*, inclusive, estavam representantes de comunidades SGML (WEIBEL, 1995). A SGML foi criada em 1974 e padronizada em 1980 pelo *International Organization for Standardization* (ISO), para propiciar independência de sistemas e intercâmbio internacional de documentos (GRAVES, 2003).

Em decorrência da introdução da Web, por volta de 1990 foi criada a linguagem HTML (*HyperText Markup Language*) como um aplicativo de SGML destinada a manipular hiperlinks e conversões simples independente do dispositivo (BERNERS-LEE; CONNOLLY, 1993). Entretanto, no final dos anos 90, surgiu a linguagem XML (*eXtended Markup Language*) como uma configuração de SGML, para estendê-la ao ambiente da Web. Segundo Graves (2003), enquanto HTML misturava o conteúdo (apresentação e processo na mesma estrutura), dificultando a edição e manipulação dos documentos, a XML sugere separar o conteúdo em partes: - o conteúdo propriamente dito (dados) é separado em tipos de elementos abstratos; a apresentação do conteúdo é organizada através de objetos de formatação – um conjunto específico de tipo de elemento (GRAVES, 2003). Cada uma dessas duas dimensões pode ser desenvolvida de modo independente.

Um conteúdo pode ser implementado em XML, tendo seus dados representados por um documento XML. Separadamente, informações sobre os dados são organizadas na forma de elementos e atributos, que compõem os metadados do conteúdo. Isso permite que os OAs possam ser implementados em XML e serem transferidos pela Web, utilizados por diferentes aplicativos e possam ser modificados para várias finalidades (GRAVES, 2003).

Dessa forma, também para um OA, a utilização do conceito de metadados com XML funciona de forma semelhante a um catálogo de biblioteca. Eles fornecem informações sobre um determinado recurso, promovendo a identificação, compartilhamento, integração, utilização, reutilização, gerenciamento e recuperação dos mesmos de maneira mais eficiente (MARCHI; COSTA, 2004). Os metadados do OA podem informar o título, autor, descrição, versão, etc. Como diz Marchi e Costa (2004), os metadados também podem ser comparados a um sistema de rotulagem que descreve o recurso, seus objetivos e características, mostrando como, quando e por quem o recurso foi armazenado e como está formatado.

2.3 Padrões de Objetos de Aprendizagem com metadados

Para padronização de formatos para OAs digitais, incluindo formas de construção e armazenamento, foram definidas especificações amplamente divulgadas nas literaturas, como: - *Learning Object Metadata* (LOM) (LTSC, 2002), *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) (ADL, 2009), *Instructional Management System* (IMS) (IMS, 2003), *Alliance of Remote Instructional Authoring Distribution Networks for Europe* (ARIADNE) (ARIADNE, 2002), *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI, 2009) e o *Aviation Industry Computer-Based-Training Committee* (AICC) (AICC, 2006).

Os padrões de OAs foram baseados em tecnologias e conceitos pedagógicos. A adoção de um padrão de OAs facilita a portabilidade dos OAs para diferentes ambientes tecnológicos e sistemas computacionais de EaD, bem como contribui com a interoperabilidade desses sistemas (LIMA; CAPITÃO, 2003).

Todos os padrões mencionados implementam OAs com metadados, que consistem em uma estrutura de elementos descritores do conteúdo, agrupados de acordo com o tipo de informações semânticas (ver **APÊNDICE A**). Essa estruturação permite a independência de sistemas gerenciadores de conteúdos e de armazenamento, contribuindo com a importação e exportação dos OAs. Logo, um OA é composto pelos dados mais os respectivos metadados, normalmente armazenados em diferentes arquivos.

O padrão Dublin Core é um dos padrões para a representação de metadados mais antigos, proposto em 1995 pela *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI) – uma organização dedicada a promover e difundir a adoção de padrões de metadados interoperáveis. Nasceu a partir do consenso de um grupo internacional e interdisciplinar de profissionais: bibliotecas, analistas, lingüistas, entre outros (SILVA, 2006). A proposta é descrever qualquer tipo de recurso, incluindo várias coleções de documentos e de mídias não-eletrônicas, tais como arquivos de museu ou biblioteca. Atualmente, é adotado em vários tipos de projetos de vários países para gestão de recursos digitais. Em relação aos demais padrões de OAs apresentados, sua estrutura é a mais flexível, facilitando a interoperabilidade entre outros formatos (MOURA, 2005).

O padrão *Instructional Management Systems* (IMS) foi definido em 1997 como um projeto dentro da *National Learning Infrastructure Initiative* (NLII), originalmente focado na educação superior. Participaram de sua criação diversas organizações, tais como: *Advanced Distributed Learning* – ADL, *Apple Computers*, *Artesia Technologies*, *Califórnia State University*, *Oracle*, *University of Cambridge*, *University of Michigan*, dentre outras. O projeto IMS tem o intuito de promover especificações não-proprietárias, como definição de

metadados e especificação de questionários/avaliações, para prover o estudo *on-line* distribuído (IMS, 2009). Os principais objetivos do projeto IMS são: - propiciar a interoperabilidade de aplicações e serviços de aprendizagem distribuídos; - promover a incorporação das especificações IMS em produtos e serviços; - possibilitar a construção de OAs colaborativos e ambientes de ensino-aprendizagem distribuídos. A especificação do IMS propõe algumas atividades para auxiliar as atividades de ensino-aprendizagem *on-line*: - localização e uso de conteúdos educacionais; - controle do progresso do aprendizado/estudo; - relatório do desempenho do aprendiz; - interação dos registros dos estudantes entre sistemas administrativos do tipo LMS (*Learning Management Systems*).

O desenvolvimento do padrão *Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe* (ARIADNE) teve início em 1995, na Europa com o apoio de instituições internacionais para a Educação e treinamento profissional. Também cobre as necessidades de outras comunidades educacionais e de treinamento que tenham diversidade lingüística e valor cultural. Favorece o compartilhamento e reuso de recursos de conhecimento (SILVA, 2006; ARIADNE, 2008).

O *Aviation Industry Computer-Based-Training Committee* (AICC), fundado em 1988, é uma associação internacional de profissionais de treinamento baseado em tecnologia, e teve início com um consórcio formado pelos fabricantes de aviões e companhias aéreas. A preocupação do AICC foi a de estabelecer normas para conteúdos desenvolvidos por diversos fornecedores da indústria aeronáutica. O AICC desenvolveu um conjunto de recomendações para aplicação em treinamento baseado em computador, identificadas pela sigla AGR (*AICC Guidelines & Recommendations*). Relatórios técnicos detalham as recomendações da AGR (AICC, 2006; ROHDE, 2004).

O padrão *Learning Object Metadata* (LOM) tem suas origens nos projetos ARIADNE e IMS, com influências das estruturas de metadados do Dublin Core. É um padrão desenvolvido pelo *Learning Technology Standard Comitee* (LTSC) do *Institute of Electrical and Eletronics Engineers* (IEEE) (IEEE, 2008). O LSTC foi composto com o apoio da *Computer Society* e do *Standards Activity Boardcom* especificamente para desenvolver normas, orientações e práticas recomendadas para o processo de ensino-aprendizagem para o computador. Um dos principais objetivos é facilitar a busca, avaliação e uso dos OAs por parte de todos os envolvidos. Também visa facilitar o compartilhamento e intercâmbio de OAs, possibilitando o desenvolvimento de catálogos ao mesmo tempo em que se leva em consideração a diversidade de contextos culturais e de língua onde os OAs e seus metadados possam ser empregados.

O *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) foi resultado da iniciativa do Departamento de Defesa Americano juntamente com a indústria tecnológica para se obter um padrão unificado para sistemas de EaD. Essa iniciativa estimulou a criação do consórcio *Advanced Distributed Learning* (ADL), com a participação do governo norte americano e iniciativa privada. A idéia central do consórcio ADL era avaliar os padrões utilizados no mercado e aproveitar suas características e elementos (estrutura de metadados), evitando esforços desnecessários, bem como tirar proveito das facilidades de utilização oferecida aos desenvolvedores. O ADL não competiu com outros esforços de padronização, mas buscou incorporar o trabalho já realizado pelo ARIADNE, AICC, IMS e IEEE. A **Figura 2** ilustra as influências desses padrões entre si e as influências recebidas pelo SCORM, como será observado nas descrições dos livros SCORM, na seqüência do texto.

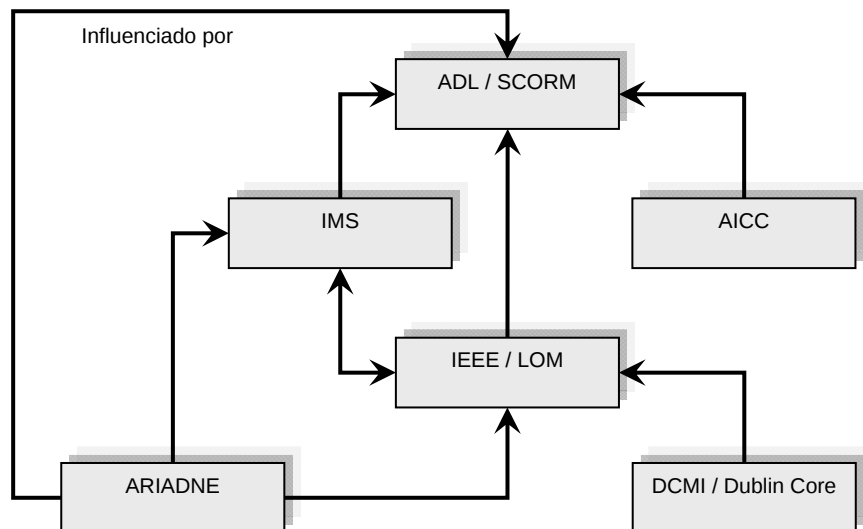


Figura 2 - Influências dos padrões de OAs entre si.

Fonte: extraído e adaptado de Pereira (2005).

A especificação de conteúdos no formato SCORM é adequada aos ambientes computacionais que fazem uso da Web, cujas tecnologias estão em constante expansão. Por outro lado, também, facilita o acesso e de disponibilização do OA em qualquer ambiente de rede de computadores, conectado ou não à Internet – isso permite que se disponibilize o conteúdo de aprendizagem através de um CD-ROM, por exemplo.

O Consórcio ADL estruturou o SCORM como um modelo de referência e de tal modo que os OAs atendessem as propriedades de reutilizabilidade, acessibilidade, interoperabilidade e durabilidade, como apresentado na **Tabela 4**. O OA SCORM deve permitir ser modificado facilmente e usado por diferentes ferramentas de desenvolvimento e

plataformas, além de ser aplicável em múltiplos contextos. A evolução tecnológica e a atualização de novas versões de *software* para tecnologias de ponta não devem requerer modificações significativas (re-configurar, re-implementação) no OA. A idéia é permitir que o OA seja disponibilizado de tal forma que possa ser localizado remotamente, de modo simples, por desenvolvedores de conteúdo, educadores e alunos.

O conjunto das especificações SCORM encontra-se na 4ª edição e está organizado em quatro livros:

- (1) Visão Geral (*Overview*): inclui histórico do padrão, formas de adoção e uso, bem como discussões sobre o seu futuro. Contempla os fundamentos do SCORM. O desenvolvimento das especificações SCORM é apoiado por outras instituições como ARIADNE, AICC, IEEE e IMS;
- (2) Modelo de Agregação de Conteúdo (*Content Aggregation Model*): aborda a construção e empacotamento de conteúdos educacionais (OAs). Este livro foi influenciado por outras normas: - a estrutura de metadados foi baseada no padrão IEEE/LOM; - a estrutura de conteúdo foi derivada do AICC; - o pacote de conteúdo, baseadas no IMS;
- (3) Ambiente de Execução (*Runtime Environment*): contempla o mecanismo de interação do conteúdo empacotado com o LMS, através de uma API (*Application Programming Interface*) comum. Inclui as instruções para iniciar, comunicar e acompanhar os OAs. O modelo de dados e a especificação comum de execução (API) são derivados do padrão IEEE/LOM;
- (4) Seqüenciamento e Navegação (*Sequencing and Navigation*): com base no modelo IMS, contempla as regras para se organizar os conteúdos do OAs de modo a se criar uma seqüência de visualização dos OAs. Aborda como um LMS compatível com a norma deve interpretar tais regras. Este livro foi baseado no IMS.

Um pouco mais de esclarecimentos sobre os modelos de agregação de conteúdo, do ambiente de execução e do seqüenciamento e navegação são apresentados nas subseções **2.3.1** a **2.3.3**, respectivamente.

2.3.1 Modelo de Agregação de Conteúdo do SCORM

O Modelo de Agregação de Conteúdo consiste de especificações para agregar o conteúdo (de um curso ou parte dele) e definir os metadados para os OAs SCORM, de tal modo que o conteúdo possa ser portátil para LMSs e sistemas de repositório. A idéia é compor o conteúdo de um curso que possa ser administrado e visualizado a partir de um LMS compatível com a versão do SCORM adotado.

É baseado no padrão IMS para armazenamento de pacotes de conteúdos de OAs. Cada pacote ou OA é representado por um documento em XML (*Extensible Markup Language*) denominado “*imsmanifest.xml*” (**Figura 3**). Este documento descreve os itens de um conjunto de conteúdos, como a localização das páginas HTML, imagens e os metadados do curso (ADL, 2008).

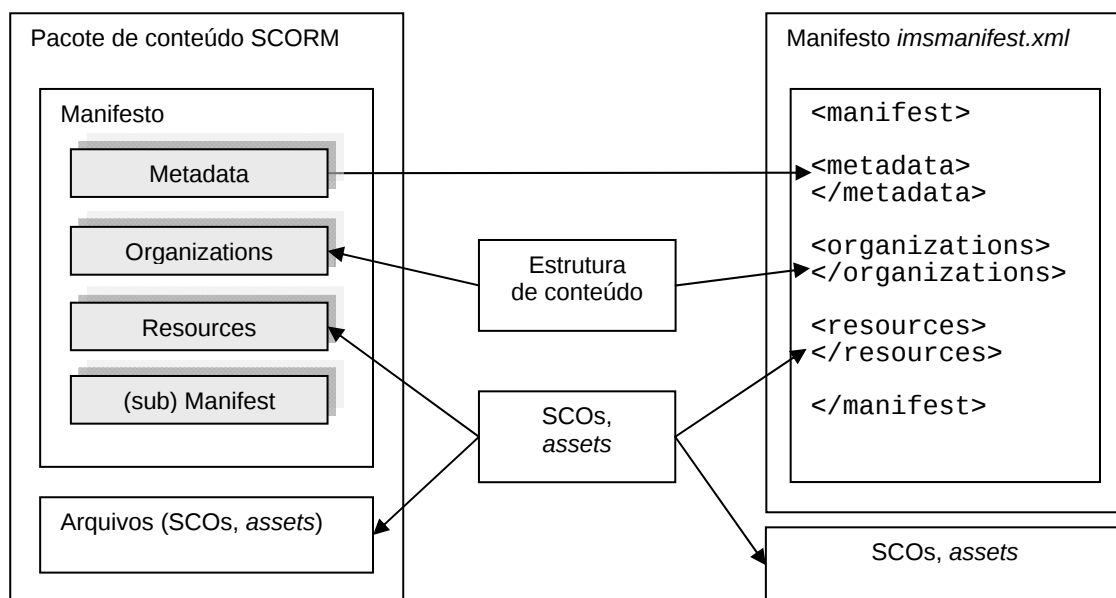


Figura 3 - Pacote SCORM e a estrutura do respectivo arquivo “*imsmanifest.xml*”.

Fonte: extraído e adaptado de ADL (2008).

Conforme ilustrado na **Figura 3**, um pacote de conteúdo SCORM é dividido em alguns componentes: *Assets (Recursos)*, Objeto de Conteúdo Compartilhado (SCO), pacote de conteúdo SCORM e o manifesto “*imsmanifest.xml*”.

Os recursos, ou *assets*, consistem na unidade mínima de conteúdo, como, por exemplo, arquivos de texto, imagem, som ou qualquer outro tipo de dados que possa ser apresentado através da Web.

Um SCO é uma coleção de um ou mais *assets* que representam um único recurso de aprendizagem inicializável, como, por exemplo, arquivos html. A diferença em relação aos *assets* está em os SCOs serem responsáveis pela comunicação do conteúdo com o LMS, através da *Application Program Interface* (API) do *SCORM Run-Time Environment* (RTE).

O pacote de conteúdo SCORM é um conjunto de arquivos, entre eles *assets*, SCOs e “*imsmanifest.xml*”, empacotados no formato PKZip. O manifesto “*imsmanifest.xml*” (metadados) possui uma estrutura particular de *tags* para a organização do conteúdo: - a *metadata* contém informações que descrevem o pacote de conteúdo SCORM como um todo; - a *organizations* define árvores de navegação para os SCOs ou *assets*. A *resources* contém uma coleção de referências para os arquivos (SCOs ou *assets*) (ADL, 2008).

2.3.2 Ambiente de Execução

O ambiente de execução, *Run-Time Environment* (RTE), é responsável pela definição de como o OA se comunica com o LMS. São definidos mecanismos necessários para se acessar um conteúdo, iniciar um conteúdo, estabelecer a comunicação entre LMS e SCOs (conteúdo), e para gerenciar e acompanhar a experiência de aprendizagem de um aluno em um conteúdo.

Este ambiente também fornece meios para que o conteúdo seja interoperável entre diferentes LMSs independentemente das ferramentas utilizadas para desenvolver este conteúdo. Para que isto seja possível, é usada uma API comum que provê uma forma de padronização para que os SCOs se comuniquem com o LMS. Essa API contém um conjunto de funções pré-definidas que o SCO pode acessar, quando estiver ativo, por meio de um adaptador de API (biblioteca de funcionalidades que podem ser manipuladas externamente). Logo, o LMS apenas precisa implementar este adaptador no cliente (ver **Figura 4**) de forma a permitir que o objeto tenha acesso a informações que possa vir utilizar, como: nome do aluno ou em que parte do objeto o aluno parou na última vez que o acessou (ADL, 2008).

O processo de comunicação entre o conteúdo (OA) e o LMS na Web é realizada com o uso de uma linguagem implementada nos navegadores Web – *JavaScript*. Dessa maneira, os SCOs utilizam a linguagem de programação *JavaScript* para se comunicarem com o LMS.

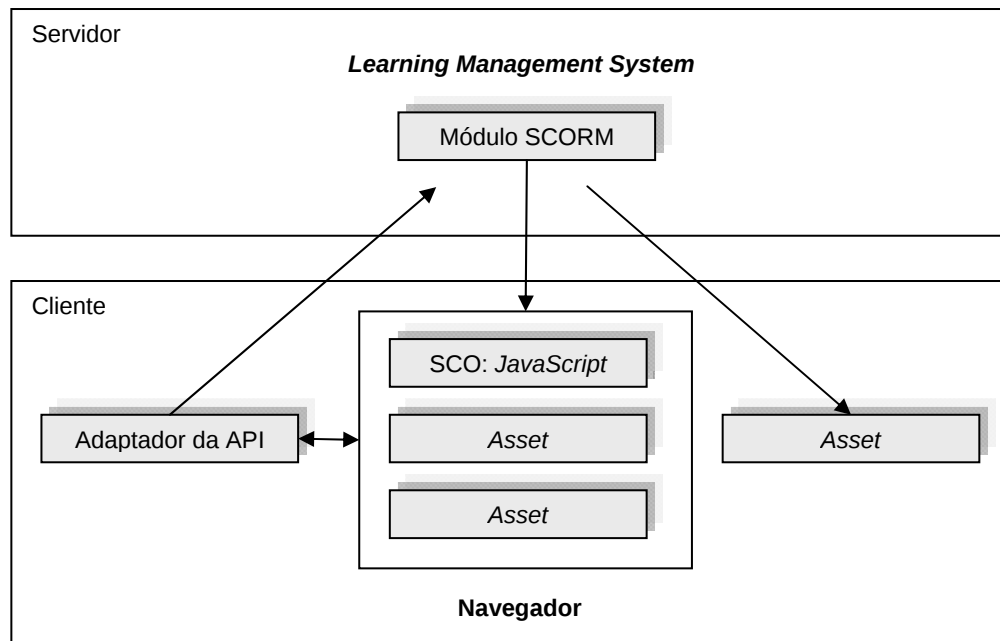


Figura 4 - Modelo conceitual do Ambiente de Execução SCORM.

Fonte: extraído e adaptado de ADL (2008).

2.3.3 Seqüenciamento e Navegação

O modelo de Seqüenciamento e Navegação (SN) apresentada as regras para se criar uma seqüência de OAs capaz de disponibilizá-los adequadamente aos alunos através de recursos de navegação na Web. O conteúdo em conformidade com o padrão SCORM pode ter sua seqüência de atividades definida através de eventos de navegação iniciados pelo LMS ou pelo aluno. De acordo com a interação do usuário com o LMS, esse deverá seguir um determinado comportamento, descrito preliminarmente. Não há descrições em relação ao visual e estilos utilizados, mas sim definições funcionais para a interface do LMS (ADL, 2008).

O SN também define como um LMS em conformidade com o padrão interpreta a seqüência de regras definidas pelo autor de um conteúdo ao longo do conjunto de eventos de navegação, e seus efeitos sobre o ambiente de execução.

É utilizada uma árvore de atividades (*Activity Tree*). Para representar o elemento *organization* do arquivo e manifesto "*imsmanifest.xml*". O elemento *organization* representa a raiz dessa árvore, enquanto seus elementos *item* internos correspondem a uma atividade. Todo LMS, em conformidade com o padrão SCORM, deve ser capaz de traduzir a estrutura

XML do manifesto em uma árvore de atividades. Essa árvore é a base para a definição de regras de seqüenciamento ADL (2008).

2.4 Convergência digital para EaD

Daniel Bell (1976) introduziu o termo “Sociedade da Informação” baseado nas influências dos avanços da tecnologia nas relações de poder, com a informação sendo identificada como ponto central da sociedade contemporânea. A Sociedade da Informação foi consequência da convergência entre a computação e as telecomunicações; o computador centralizou funções que antes eram apresentadas por diversos meios de comunicação distintos. Hoje observamos que um mesmo formato de imagem JPG, por exemplo, é utilizado em diversos dispositivos como em câmeras digitais fotográficas, celulares, PDAs, *Smartphones*, TVs Digitais, computadores, etc.

Tapscott (1996) comenta uma convergência mais ampla, entre a computação (computadores, *software*, serviços, etc.), as comunicações (telefonía, cabos, satélite, sem fios, etc.) e o conteúdo (entretenimento, publicações, fornecedores de informação, etc.). O conteúdo é um elemento explícito nessa visão de convergência, pois ele consiste de um ou mais elementos agregados, compondo um pacote expressivo que pode ser manipulado como um objeto.

Segundo Lévy (2000), as tecnologias digitais apareceram como a infra-estrutura do ciberespaço: novo meio de comunicação que surgiu com a interconexão mundial dos computadores. O termo não especifica apenas a infra-estrutura material da comunicação digital, mas também o universo de informações que ela abriga, assim como os seres humanos que navegam e alimentam esse universo (LÉVY, 2000). É um espaço de comunicação, socialização, organização social e de tráfego de dados, além de um rico mercado de informações e conhecimento. Segundo Drucker (1997), a evolução dos canais e dispositivos de comunicação tem alterado significativamente as relações humanas – fato que fica cada vez mais evidente com a crescente abrangência da Sociedade da Informação e popularização do computador e outros dispositivos digitais de comunicação. Toda essa evolução tecnológica digital tem aberto novas alternativas para o processo pedagógico, trazendo novos desafios ao processo de ensino-aprendizagem (KENSKI, 2007).

Castells (2007) visualiza o futuro com a Internet¹³ integrada a todos os canais de comunicação. A Internet possibilita vários serviços (protocolos) cliente-servidor, como: FTP (*File Transfer Protocol*), TELNET (*Teletype Network*), SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) – para envio de mensagens eletrônicas (*e-mails*), POP3 (*Post Office Protocol*) – para acesso remoto à caixa de correio eletrônico, ICMP (*Internet Control Message Protocol*) – para envio de relatórios de erros sobre pacotes IP, etc. Dentre eles ressalta-se o serviço HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), que suporta o tráfego de qualquer objeto no formato MIME (*Multipurpose Internet Mail Extension*), mesmo que o conteúdo não seja um *e-mail* (mensagem eletrônica). MIME é um padrão da Internet utilizado para codificar dados em formato de textos ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) e não ASCII, originalmente desenvolvido para o envio de *e-mails* pela Internet. É um componente essencial para os propósitos do serviço HTTP, que proporciona a grande teia de informações que é a *World Wide Web* (Web), criada no fim da década de 1980 por Berners-Lee, Hendler e Lassila (2001). No formato ASCII, o padrão MIME pode usar a codificação de 7 *bits*, para textos não acentuados, de 8 *bits* e ainda a codificação *Quoted-Printable* (QP), que utiliza a codificação ASCII de 7 *bits* para codificar um texto acentuado, com alfabeto de 8 *bits*. Também pode enviar arquivos na codificação Base64 (JOSEFSSON, 2003) para imagens, sons, vídeos e softwares. A codificação Base64 codifica qualquer tipo de dado codificado em 8 *bits*; utiliza 64 caracteres ASCII para representar um dado de 6 *bits*. O princípio da codificação Base64 consiste em utilizar 4 caracteres imprimíveis (no formato ASCII) para codificar um grupo de 3 bytes ($3 \times 8 \text{ bits} = 24 \text{ bits}$).

De modo geral, pela Internet trafegam informações sob diferentes formatos. Programas de computadores processam e combinam esses diferentes formatos. As redes de comunicação, com capacidade de transferir rapidamente as mídias, permitem comunicar instantaneamente com diversas regiões do globo. Além disso, a convergência das telecomunicações móveis com os sistemas de informação digital permite atualmente utilizar aplicações multimídia em diversos tipos de dispositivos. No Brasil, Telefonia, Informática, TVs pagas, TVs abertas, Governo, Ensino Superior, entre outros ramos voltados à Tecnologia, têm unido esforços para as novas tendências e futuro das comunicações. Telefone e TV a cabo, por exemplo, já puderam ser integrados em uma única rede digital (STRAUBHAAR, 2004). Através do computador são realizadas comunicações telefônicas com a tecnologia VOiP (*Voice over IP*), através de aplicativos gratuitos e populares, como o Microsoft/MSN e Skype. A telefonia móvel está integrada à Internet e TV Digital. O

¹³ Rede mundial composta por computadores conectados pelos protocolos TCP/IP (coleção hierárquica de protocolos relacionados, com serviços como HTTP, FTP, SMTP, etc.) (SCRIMGER; LASALLE; PARIHAR, 2002).

computador está integrado à TV Digital, com a WebTV e IPTV – e assim vão sendo disputados novos espaços e os novos desafios tecnológicos sendo vencidos.

Essa evolução tecnológica envolve as TICs e o processo educacional, sendo alvo de várias pesquisas, envolvendo aspectos pedagógicos, didáticos e tecnológicos – como é o caso deste Trabalho.

O computador sofreu grandes evoluções ao longo de sua história e hoje não se restringe aos computadores de mesa e *notebooks*, mas a dispositivos portáteis e sem fio, como os PDAs (*Personal Digital Assistant*) e *smartphones*, dispositivos para TV Digital (aberta ou paga) como os *set-top box*, entre outros.

Antes da Web, a Internet já possibilitava navegação em conteúdos distribuídos em vários computadores pelo mundo, através do serviço *gopher*. Esse serviço permitia acesso às informações, inclusive educacionais, através de hipertextos – um conjunto de nós ligados por conexões. Os nós podem ser palavras, páginas, gráficos, ou partes de um gráfico, seqüências sonoras e documentos complexos que também podem ser hipertextos. Os itens de informação não são ligados linearmente, como em uma corda com nós, mas cada um deles, ou a maioria, estende suas conexões em estrela, de modo reticular (LÉVY, 1993). Navegar um hipertexto significa, portanto, desenhar um percurso em uma rede que pode ser tão complicado quanto possível. Porque cada nó pode, por sua vez, conter uma rede inteira (LÉVY, 1993).

Com a Web, a partir de 1991, as interfaces dos navegadores tornaram-se mais simples aos usuários não-especializados (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001). Objetos multimídia (sons, imagens, figuras, vídeos, etc.) foram adicionados ao conteúdo de textos e hipertextos, gerando o termo “hipermídia”¹⁴. Os sistemas de *e-Learning* proliferaram, avançando para os sistemas de CSCL (*Computer Suported Cooperative Learning*) sobre a Web, como o TelEduc, Moodle, AulaNet, SAKAI, entre outros. Tais sistemas permitem que se definam os conteúdos de cursos ministrados *on-line* e os papéis em um ambiente de educação.

No caso da TV, no Brasil ela possui um papel importante quanto à disseminação de informação na sociedade, onde sua presença é fundamental como agente de cultura, lazer e exercício da cidadania, independente da classe social. A TV aberta, transmitida por radiodifusão (*broadcast*), está presente em 98% do território nacional (CGI.BR, 2008). Já a TV por assinatura, transmitida via cabo, satélite, entre outros meios, está presente em apenas 7% dos domicílios (CGI.BR, 2008). A TV Aberta tem sido utilizada como instrumento

¹⁴ Hipermídia é uma extensão do conceito hipertexto: à página visual são integrados objetos multimídia (DIAS, 2000).

da Educação, em diferentes linhas. Franco (2009) apresenta algumas dessas finalidades, como: (1) promover a inclusão digital e democratização da informação; (2) propiciar a criação de rede universal de EaD; (3) estimular pesquisa e desenvolvimento em tecnologias nacionais; (4) garantir custos compatíveis.

No sistema de telefonia móvel, com a evolução dos dispositivos e das tecnologias de rede sem fio, os aparelhos executam programas, acessam outros aparelhos, acessam serviços da Internet, como correios eletrônicos, transferência de arquivos, páginas Web, etc., e exibem programas da TV Digital. A telefonia móvel tem evidenciado uma tecnologia que pode ser muito construtiva à EaD. É importante que a convergência de tecnologias digitais possibilite alternativas aos usuários, de modo que aproveitem a disponibilidade de tempo, onde estiverem, para a realização de tarefas, inclusive educacionais.

Face ao cenário apresentado, a **subseção 2.4.1** aborda a comunicação no panorama da era digital. A **subseção 2.4.2**, por sua vez, trata da usabilidade – um desafio no cenário de convergência da computação, comunicações e conteúdo, mencionado por Tapscott (1996).

2.4.1 Comunicação da Informação na era digital

De acordo com Locke (1978), “comunicação” consiste na transposição de idéias entre indivíduos, por meio de protocolos estabelecidos. A necessidade de expressar sentimentos e opiniões acompanha o ser humano desde tempos remotos e, para viabilizar a comunicação entre seus semelhantes, ele criou um tipo especial de tecnologia. Ela é imaterial, não existe como máquina, mas como linguagem (KENSKI, 2007).

Os sistemas de comunicação, além de mensagens trocadas entre dois ou mais indivíduos, influenciam também o trânsito de pessoas e produtos. Contemplam todos os tipos de meios de comunicação, dos sinais de trânsito à linguagem (MSLUHAN, 1968). Segundo Kittler (2006), em um sistema de comunicação, dados são armazenados, direcionados e transmitidos. Dependendo de como essas três operações são fisicamente constituídas, tem-se uma tecnologia. Computadores operam a transmissão de dados com endereçamento, o armazenamento dos dados que compõem a informação e controlam o processamento de comandos através de algoritmos matemáticos. O processo de produção industrial da Informação trouxe uma nova realidade para a linguagem. Surgiram diversos novos meios de comunicação, como os jornais, revistas, rádio, cinema, vídeo, etc., baseados no uso da linguagem (oral, visual e escrita) e na síntese entre áudio e vídeo. De

modo geral, os sistemas de comunicação compreendem tecnologias específicas de informação e comunicação (TIC) (KENSKI, 2007).

Existem diversas definições para o processo de comunicação, porém, em todas, há um emissor, mensagem e receptor. Schramm (1982) define que em toda troca de informação há cinco componentes: (1) Fonte, onde é originada a comunicação; (2) Mensagem, o conteúdo da comunicação, que consiste na informação a ser trocada; (3) Codificador, tradutor da mensagem para um formato passível de ser comunicado, geralmente um formato que não pode ser diretamente interpretado pelos sentidos humanos; (4) Canal, o meio ou sistema de transmissão utilizado para transferir a mensagem de um lugar a outro; (5) Decodificador, que reverte o processo de codificação.

A comunicação também pode ser classificada de muitas maneiras: de acordo com o número de pessoas envolvidas, com o grau de interatividade ou de acordo com a direção em relação à fonte e ao receptor. Lévy (2000) explica que a comunicação pode ser classificada em três categorias: um-para-todos, um-para-um e todos-para-todos:

- Um-para-muitos: um emissor envia suas mensagens a um grande número de receptores. Ex.: rádio, imprensa, televisão analógica, etc.;
- Um-para-um: relações estabelecidas entre indivíduos, ponto a ponto. Ex.: telefone, correio, etc.;
- Todos-para-todos: comunidades, de forma progressiva e cooperativa, constituindo um contexto comum, via ciberespaço. Exemplo: conferência eletrônica, Web, ambientes de EaD, etc.

Lévy (1999) reforça que as realidades virtuais compartilhadas, que podem fazer comunicar milhares ou mesmo milhões de pessoas, devem ser consideradas como dispositivos de comunicação “todos-para-todos”, típicos da cibercultura. Comunicação em massa geralmente é definida como “um-para-muitos”. Nesse caso, uma mensagem é comunicada de uma única fonte para centenas ou milhares de receptores, com relativamente poucas oportunidades para a audiência comunicar-se de volta com a fonte. Exemplos clássicos são jornais, revistas, televisão e filmes.

Uma implicação da revolução digital é a convergência de meios de comunicação. A multimídia integra texto, imagens, áudio e vídeo em redes de dados, e dessa maneira apaga as distinções rígidas entre os meios de comunicação. Os meios de massa, convencionais, como rádio, televisão, impressos e filmes costumavam ter sistemas de produção e transmissão bem diferenciados (STRAUBHAAR, 2004).

O protocolo que uniformiza o transporte destes serviços entre redes de camadas físicas diferentes é o IP (*Internet Protocol*), do pacote de protocolos TCP/IP (Internet). Os padrões de TV Digital (ATSC, DVB-T, ISDB-T, etc.), através do IP *Datacasting* (IPDC)¹⁵, e as redes de celulares 4G¹⁶ já adotaram o IP como protocolo para transmissão de dados. Isso vem a confirmar uma convergência em serviços baseados no protocolo IP – esse protocolo tende a ser o elo de comunicação na convergência digital.

O padrão de TV Digital no Brasil é unidirecional (*broadcast*), ou seja, o sinal é enviado da emissora para as residências e não acontece o contrário. Para que o haja essa comunicação, um segundo canal, o de retorno, foi proposto pelo SBTVD, o qual utiliza outro meio de comunicação já existente, como a rede de telefonia ou de Internet banda larga. Por outro lado, a transmissão de vídeo é melhor em *broadcast* do que pela Internet ou telefonia, pois, nestes últimos, quanto mais usuários visualizarem o vídeo, mais a banda é utilizada - o que pode implicar em problemas na qualidade do serviço. A hiperligação (*crossed-links*) entre conteúdo televisivo e o conteúdo da Web é um dos novos desafios.

Empresas de telecomunicações são capazes de transmitir vídeo por seus *links* de Internet de banda larga, invadindo o espaço tradicionalmente ocupado por empresas de TV por assinatura. Da mesma forma, empresas de TV por assinatura são capazes de oferecer serviços de voz através de suas redes utilizadas tradicionalmente para transmitir o conteúdo dos canais por assinatura. Em alguns casos, temos tecnologias convergentes incrementais, ou seja, aplicações tradicionais às quais foi adicionada uma nova e particular tecnologia convergente, como o telefone VoIP baseado em PC.

Não importa se áudio, vídeo e dados virão pelo mesmo cabo ou virão através de redes distintas. Para o usuário final, o que importa é a percepção que tudo faz parte de um todo, com os serviços também interagindo de forma única. Essa é a grande motivação da convergência digital. O paradigma de Computação Ubíqua¹⁷ vem ao encontro dessas necessidades, envolvendo grande heterogeneidade entre os componentes computacionais e alto grau interoperabilidade entre eles. Pode-se pensar em pequenos dispositivos computacionais distribuídos e integrados provendo serviços e informações a qualquer momento, em qualquer local. Estes serviços tendem a ser incorporados à vida cotidiana de

¹⁵ *Datacasting*, ou *Data Broadcasting*, consiste de um serviço de entrega de informação para clientes com terminais de acesso adequados, através do mesmo meio utilizado na difusão (FORSTER; LOVELL, 2000 apud PICCIONI, 2005, p. 40).

¹⁶ A 4G é uma nova geração de telefonia móvel baseada em IP e, por isso, promove a convergência entre redes de cabo e sem fio, assim como entre computadores, dispositivos eletrônicos e tecnologias da informação.

¹⁷ Com a computação ubíqua os computadores passam a ser embutidos em diversos locais e nos mais diferentes objetos, de forma que sejam utilizados naturalmente, praticamente sem perceber a presença deles, do mesmo modo que se utiliza a energia elétrica hoje. (WEISER, 1991).

maneira que sua presença passe a ser despercebida, ao passo que sua ausência causaria grandes transtornos (WEISER, 1991).

2.4.2 Interatividade e Usabilidade em diferentes ambientes digitais

Como vimos anteriormente, de acordo com Don Tapscott (1996), há uma convergência entre a computação (computadores, *software*, serviços, etc.), os meios de comunicação (telefonía, cabos, satélite, sem fios, etc.) e o conteúdo (entretenimento, publicações, fornecedores de informação, etc.). Assim, as características do conteúdo são moldadas de acordo com as limitações impostas pelos recursos do ambiente convergente entre a computação e a comunicação. Neste sentido, a multimídia se apresenta como forma de conteúdo no ambiente convergente.

A **Figura 5** mostra a relação dos formatos de conteúdo com os meios de comunicação e de apresentação. E evidencia também uma evolução dos formatos de conteúdo para a multimídia, indicando a Internet como meio de distribuição multimídia e os dispositivos computacionais como meios de apresentação de conteúdo.

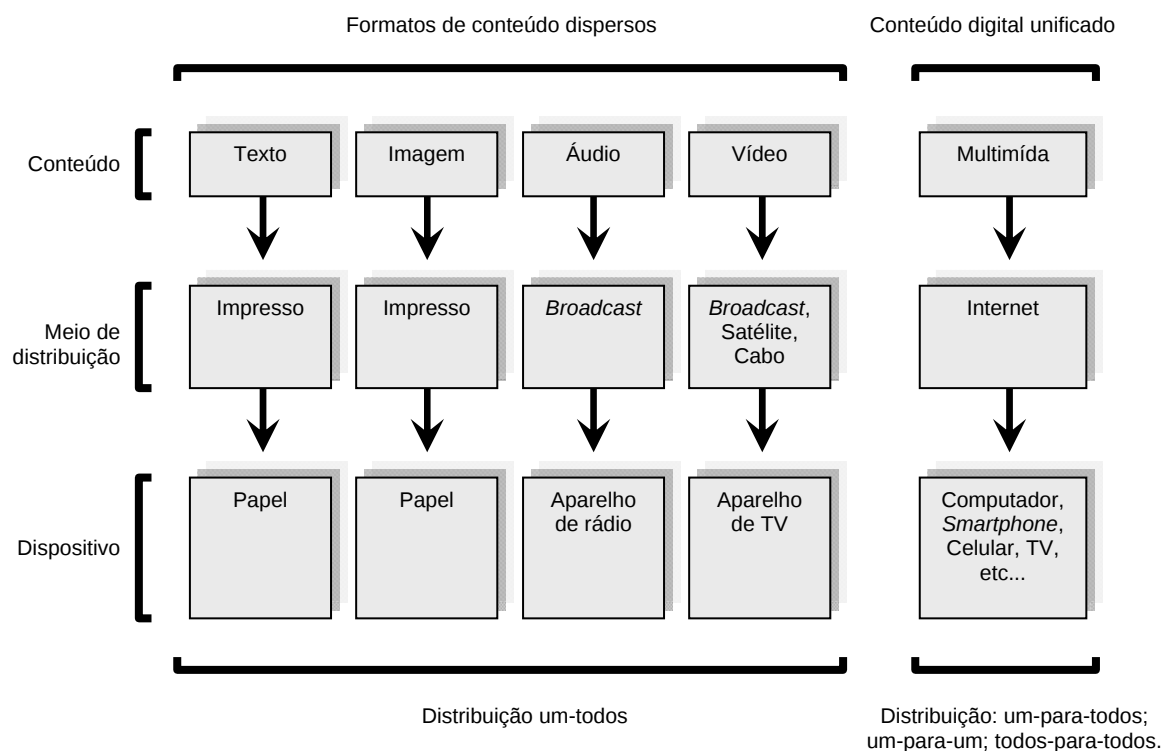


Figura 5 - Relação do formato de conteúdo digital com o meio de comunicação e apresentação.

A interface com o usuário pode ser definida como o conjunto de todas as linguagens de comunicação do usuário e do produto (MAYHEW, 1999). Essas linguagens estão presentes em vários detalhes como nos elementos visuais das telas (cores, menus, ícones e *links*), nos componentes físicos (controles remoto, mouses e teclados), nos comandos de voz (IPIÑA, 2002) e representam os meios de interação do dispositivo com o usuário.

Há várias definições de interatividade na literatura, de acordo com a área de contexto: Filosofia, Física, Psicologia, etc. No presente trabalho, o conceito de interatividade se relaciona à área da Computação. Nessa direção, Lemos (1997) considera a interatividade como uma ação de diálogo entre homem e técnica – uma atividade que sempre esteve presente na humanidade. Para Steuer (1993), outro estudioso do assunto, interatividade se define como o processo que permite que o usuário modifique o conteúdo e/ou a forma do ambiente em tempo real. Para Lemos (1997) a interatividade com o usuário é feita através de processos baseados em manipulações de informações em formato digital, o que mostra uma semelhança do conceito interatividade nos ambientes de convergência digital da Web e da TV Digital, por exemplo.

Assim, no cenário ubíquo da convergência digital, a interface com o usuário deve prover um grau significativo de usabilidade. Para Nielsen (1993), a usabilidade é um dos aspectos que podem influenciar a aceitabilidade de um produto pelo usuário final. Envolve fatores de custo, confiabilidade e aceitabilidade social. A construção de um sistema computacional interativo requer interfaces com alto grau de usabilidade.

Segundo a norma da ABNT NBR ISO/IEC 9126 (ABNT, 2003), Usabilidade é um conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para se poder utilizar o software, bem como o julgamento individual desse uso, por um conjunto explícito ou implícito de usuários. Há divergências entre os autores nos critérios de avaliação da propriedade Usabilidade, conforme apresentado na **Tabela 5**. Como pode ser visto pela Tabela, até mesmo a nomenclatura utilizada distingue-se entre as definições dos autores.

No ambiente convergente entre Web, TV Digital e TV Digital Interativa é observado que ambos oferecem a possibilidade de acesso a um mundo virtual de serviços e informações. Nesse sentido, em termos de usabilidade, a postura do espectador é o fator importante. A questão da distância é outro ponto que merece atenção, pois não se assiste TV tão de perto quanto se utiliza o computador ou o celular. Textos longos e letras pequenas, portanto, não são muito viáveis. Além disso, a TV tem um caráter coletivo, o que também deve ser levado em conta. Além disso, há limitações como velocidade de conexão, duração da bateria e capacidade de armazenamento.

Tabela 5 - Quadro comparativo de atributos da Usabilidade segundo diversos autores.

Autor	Atributos da Usabilidade	Descrição
Shackel e Richardson (1991)	Aprendizado	Relacionado ao desempenho do usuário quanto ao tempo de treinamento e à frequência de uso.
	Flexibilidade	Adaptação a tarefas e ambientes, além daqueles especificados inicialmente.
	Eficiência	Avaliação do resultado da interação em função da velocidade e dos erros.
	Atitude	Níveis de desgaste do usuário em termos de cansaço, desconforto, frustração e esforço pessoal.
Nielsen (1993)	Facilidade de aprendizado	O usuário rapidamente consegue explorar o sistema e realizar suas tarefas.
	Eficiência de uso	Tendo aprendido a interagir com o sistema, o usuário atinge níveis altos de produtividade na realização de suas tarefas.
	Poucos erros	O usuário realiza suas tarefas sem maiores transtornos e é capaz de recuperar erros, caso ocorram.
	Subjetivamente agradável	O usuário considera agradável a interação com o sistema e se sente subjetivamente satisfeito com ele
	Facilidade de memorização	Após certo período sem utilizá-lo, o usuário não freqüente é capaz de retornar ao sistema e realizar suas tarefas sem a necessidade de reaprender como interagir com ele.
Jordan <i>et al.</i> (1998)	Aprendizagem	É o custo para o usuário em atingir um determinado nível de competência na realização de uma tarefa, excluindo as dificuldades encontradas para realizá-la pela primeira vez.
	Desempenho do usuário experiente	É o nível do desempenho atingido por determinado usuário ao realizar muitas vezes determinadas tarefas com um determinado produto.
	Potencial do sistema	Representa o nível máximo de desempenho que pode ser atingido ao realizar uma determinada tarefa com um produto. É o limite máximo do desempenho do usuário experiente
	Intuição	É o custo para o usuário (em termos de tempo e taxas de erros, por exemplo) para utilizar um produto ou realizar uma nova tarefa pela primeira vez.
	Re-usabilidade	Indica uma possível diminuição do desempenho que pode ocorrer após o usuário não utilizar o produto, ou não executar uma determinada tarefa, por um determinado período de tempo.
ISO/IEC 9126 (2003)	Efetividade	Refere-se à capacidade do produto de software possibilitar aos usuários atingir metas específicas.
	Segurança	Refere-se à capacidade do software oferecer níveis aceitáveis de risco de danos aos envolvidos no contexto como negócios e pessoas
	Satisfação	Refere-se à capacidade do software satisfazer os usuários em um determinado contexto.
	Produtividade	Refere-se à capacidade do software possibilitar o usuário utilizar uma quantidade adequada de recursos em relação à efetividade alcançada.

É preocupante o fato dos usuários enfrentarem problemas de falta de orientação, necessidade excessiva de navegação, telas com dificuldade de leitura e entendimento

devido a pouca legibilidade. A grande quantidade de informação apresentada também pode se tornar um fator problemático para ser apresentada ao usuário (BECKER, 2006).

Com este novo cenário a usabilidade entra com um papel fundamental para que o personagem principal da situação, o usuário, aceite as novas tecnologias.

3

A TV DIGITAL BRASILEIRA

No Brasil, um país com mais de 190 milhões de habitantes, cerca de 41% da população já acessou a Internet (de qualquer lugar: domicílio, escola, etc.) (CGI.BR, 2008). O alcance da tecnologia ainda é um problema social, onde uma minoria da população pode usufruir de seus benefícios (MONTEZ; BECKER, 2005). O Programa Sociedade da Informação, lançado oficialmente em 15 de dezembro de 1999, tem obtido grande repercussão no mundo, com a adesão de Governos, como é o caso do Brasil. Este Programa tem como objetivo articular, coordenar e fomentar o desenvolvimento e utilização de serviços de computação, comunicação e informação e suas aplicações na sociedade. Leva em conta a pesquisa e desenvolvimento em áreas de Educação, Ciência e Tecnologia, Cultura, Saúde, entre outras, oferecendo novos serviços e aplicações na Internet. Assim, o Programa pretende estabelecer uma estratégia para inserção da sociedade brasileira na Sociedade da Informação (informação globalizada) (SARDENBERG, 1999; TAKAHASHI, 2000).

A televisão, por outro lado, está presente em 98% dos domicílios brasileiros (CGI.BR, 2008) e vem sendo um importante agente de cultura, lazer e exercício da cidadania.

No Brasil a TV analógica dará lugar gradativamente à TV Digital Aberta (TVDA). A **Tabela 6** apresenta o cronograma de início das transmissões da TV Digital no Brasil, definido pelo Fórum do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD). Esse Fórum foi constituído em novembro de 2006. Para efeito comparativo, na **Tabela 7**, é apresentado o cronograma de implantação da TV Digital no mundo.

O período de transição para a TV Digital no Brasil, programado pelo SBTVD, é de 9 anos, pois o sistema abrange uma extensa área territorial e, por isso, há a necessidade de uma implantação gradativa. Até 2016, as emissoras de TV, em fase de adaptação ao modelo da TVDA, transmitirão, simultaneamente, dois canais: um analógico e o outro digital. Enquanto isso, o brasileiro poderá optar por uma dessas três alternativas: (1) continuar a receber a TV aberta da forma atual, utilizando seu aparelho de TV analógica; (2) adquirir um

aparelho de TV digital e um *set-top box* (stB) que converta o sinal digital para o formato de vídeo e áudio disponível no receptor de TV; (3) adquirir um aparelho de TV digital com um conversor de sinais stB embutido.

Tabela 6 - Cronograma de implantação da TV Digital no Brasil.

Fonte: extraído e adaptado de SBTVD (2007).

Grupo	Data de implantação/Prazo estimado	Locais
SP	2 de dezembro de 2007	Grande São Paulo
G1	janeiro de 2008 a janeiro de 2010	Geradoras de Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro, Salvador e Fortaleza
G2	maio de 2008 a maio de 2010	Geradoras de Belém, Curitiba, Goiânia, Manaus, Porto Alegre, Recife
G3	setembro de 2008 a setembro de 2010	Geradoras de Campo Grande, Cuiabá, João Pessoa, Maceió, Natal, São Luís e Teresina
G4	janeiro de 2009 a janeiro de 2011	Geradoras de Aracaju, Boa Vista, Florianópolis, Macapá, Palmas, Porto Velho, Rio Branco e Vitória
G5	maio de 2009 a maio de 2011	Demais geradoras
G6	junho de 2009 a junho de 2011	Retransmissoras (capitais e Distrito Federal)
G7	junho de 2011 a 2013	Retransmissoras (outras localidades)

Tabela 7 - Cronograma de implantação da TV Digital no mundo.

Fonte: extraído e adaptado de Forrester (2007).

Prazo máximo para total implantação da TV Digital	País(es)
setembro 2006	Luxemburgo
dezembro 2006	Holanda
agosto 2007	Finlândia
outubro 2007	Suécia
novembro 2007	Suíça
final de 2008	Alemanha
junho 2009	Estados Unidos
outubro 2009	Dinamarca
2011	Canadá, França, Japão, Coreia do Sul
2012	Hong Kong, Irlanda, Reino Unido
2015	China
2016	Brasil*
2017	Rússia

*Primeiro país da América Latina a fazer transição de analógico para digital.

Outros países servem de exemplos ao processo brasileiro de implantação da TV Digital por já terem passado pela fase de transição do sistema analógico para digital (SBTVD, 2007). No Reino Unido, por exemplo, o processo iniciou-se em 1998. Seis anos depois, em setembro de 2005, praticamente 66% das residências já tinham acesso à TV Digital. Até 2012, o Reino Unido deve completar a extinção da TV analógica (ver **Tabela 7**). Nos Estados Unidos, por sua vez, o início foi em 2002, encerrando as transmissões analógicas em junho de 2009. O prazo de aproximadamente 7 anos estipulado inicialmente, no entanto, não foi suficiente. Houve problemas na população das classes sociais mais baixas na aquisição dos aparelhos digitais.

As emissoras de TV no Brasil vêm se adaptando gradualmente, com a utilização de equipamentos de filmagem, armazenamento digital dos dados, sistemas computacionais e transmissão entre setores da emissora com sinais totalmente digitais. Do lado do usuário/telespectador, os preços dos stBs vêm caindo, mas ainda precisam ser mais acessíveis à população (SBTVD, 2007). O Governo tem trabalhado para que os stBs custem em torno R\$100,00. Contudo, as promoções de aparelhos de TV Digital com conversores embutidos têm ajudado as metas no período de transição, mas está longe de ser um bem prioritário para toda a população – principalmente pelo sinal analógico ainda ser transmitido pelas emissoras.

A plataforma de comunicação da TV Digital é baseada em tecnologias digitais de codificação, transmissão, modulação, difusão e recepção de programas. A tecnologia da TV Digital viabiliza um modo de transmissão sem interferências, melhor qualidade de imagem e som, e possibilidade de uso de recursos interativos. No sistema digital os sinais de imagem e som são representados por uma seqüência de *bits*. Logo, é possível empregar técnicas computacionais como compressão de imagens e sons, por exemplo.

Os modelos mais conhecidos para a TV Digital quanto à resolução de áudio e vídeo são apresentados a seguir e comparados na **Tabela 8**:

- *Standard Definition Television* (SDTV): tem serviço de áudio e vídeo digitais parecido com a TV analógica, na relação de formato da tela 4:3 (<largura>:<altura da imagem>), cujos aparelhos receptores possuem 408 linhas, com 704 pontos em cada uma;
- *High Definition Television* (HDTV): a imagem possui formato 16:9 e é recebida em aparelhos com 1080 linhas de definição e 1920 pontos em cada uma;
- *Enhanced Definition Television* (EDTV): modelo de média definição, que possibilita a utilização de aparelhos com 720 linhas de 1280 pontos;

- *Low Definition Television* (LDTV): utilizada para transmissões móveis em aparelhos com até 240 linhas de 320 pontos.

Tabela 8 - Síntese de configurações de apresentação de imagens para TV Digital.

Tipo de Configuração	Número de pixels por linha	Número de linhas	Formato da tela	Taxa média de bits – Mbps
HDTV	1920	1080	16:9	19 (12 – 32)
	1280	720	16:9	14 (8 – 20)
EDTV	720	480	16:9	6 (4 – 8)
SDTV	640	480	16:9	4,8 (3 – 8)
			4:3	4 (2,5 – 6)
LDTV	320	240	4:3	1,1 (0,5 – 1,2)

Na transmissão da TV Digital, observa-se que o sinal digital pode trafegar por diferentes meios, como satélites, redes de telefonia, terrestre (*broadcast*), cabo e Internet. O conteúdo poderá ser visualizado em diversos dispositivos, além da TV, como em computadores, *notebooks*, PDAs e celulares. Assim como a Internet integrou outros meios e dispositivos, como os celulares e PDAs, os sinais da TV Digital também podem ser transmitidos para esses dispositivos. Contudo, nada se compara à esperada convergência entre a TV Digital e a Internet, com a implementação do canal de retorno (interatividade).

Com a TV Digital Móvel os usuários poderão assistir uma grande variedade de programas de televisão ao vivo, ver a situação do tráfego, ouvir música digital ou ver uma variedade de opções de conteúdo e entretenimento. No Brasil, 51% da população possui telefone celular (CGI.BR, 2008). Destes 51%, 40% possuem telefone celular com acesso à Internet (CGI.BR, 2008) - número considerável se comparado aos 17% de domicílios que possuem acesso à Internet através de *notebooks* ou *desktops*. No entanto, apenas cerca de 5% da população que possui celular utiliza o dispositivo para acesso à Internet (CGI.BR, 2008). Levando em consideração esses números, a TV Digital Interativa em dispositivos portáteis pode ter um importante papel na sociedade no que diz respeito ao acesso à informação e, conseqüentemente, à Educação. O **APÊNDICE B** traz os mecanismos para transmissão da TV Digital móvel.

Para melhor entender o sistema de TV Digital no Brasil, a **seção 3.1** apresenta a arquitetura de um sistema de TV Digital. Convém ressaltar que o **APÊNDICE C** traz os mecanismos para distribuição de canais de TV na Internet, abordando as arquiteturas

cliente-servidor para distribuição de vídeo na Internet: *Download-and-play*, *Streaming* e *IP Multicast*.

Para a definição do padrão brasileiro de TV Digital, o SBTVD avaliou três padrões já adotados: (1) *Advanced Television System Comittee* (ATSC), conhecido como padrão Americano, adotado nos Estados Unidos, Canadá, México e Coréia do Sul (ATSC, 2007); (2) *Digital Video Broadcasting* (DVB), conhecido como padrão Europeu, adotado na Europa, Ásia (exceto Japão), África e Oceania (DVB, 2007); (3) *Integrated System Digital Broadcasting - Terrestrial* (ISDB-T), conhecido como padrão Japonês, adotado pelo Japão (ISDB, 2007). A escolha pelo padrão ISDB-T, com grande influência das emissoras de TV aberta no Brasil, foi justificada pelos seguintes fatos: (1) permitir mobilidade (TVD móvel); (2) oferecer interatividade com uso de um canal de retorno; robustez em áreas montanhosas. Nesse contexto, a **seção 3.2** apresenta brevemente os três padrões avaliados, com a respectiva arquitetura, baseado na **seção 3.1**. Convém observar que o padrão brasileiro tem sido identificado como ISDB-TB, para diferenciar do padrão, uma vez que foram realizadas atualizações tecnológicas nas partes de áudio, vídeo e interatividade.

Considerando a abordagem sobre usabilidade de sistemas de *e-Learning* na **subseção 2.4.2**, para ambiente Web, é importante que esse tema também seja abordado no ambiente do usuário (telespectador) da TV Digital. Isso porque o tema central dessa Dissertação é voltado ao uso de OAs visualizados tanto na telas de computadores como nos aparelhos de TV Digital, como será visto no **capítulo 4**. Assim, a **seção 3.5** aborda a usabilidade no contexto da TV Digital, como um importante elemento para a avaliação da qualidade de uso.

3.1 Arquitetura de um Sistema de TV Digital

Em um sistema de televisão, analógico ou digital, identificam-se três componentes principais (YAMADA *et al.*, 2005): (1) Emissora, onde é realizada a produção e edição de vídeo; (2) Transmissão do conteúdo gerado pela emissora, podendo ser transmitido via transmissões terrestres, satélite ou via cabo; (3) Receptor, recursos como televisor, antena e cabo.

Já para um sistema de TV Digital, a arquitetura é composta de cinco componentes, que podem ser visualizados em camadas, como ilustrado na **Figura 6** (YAMADA *et al.*, 2005). As camadas têm autonomia e interagem com as camadas vizinhas através de serviços.



Figura 6 - Arquitetura em camadas da TV Digital.

Fonte: extraído e adaptado de Yamada *et al.* (2005).

A camada de transmissão, ou camada física, é responsável por levar as informações digitais do estúdio da emissora até a casa dos telespectadores. Contudo, as informações não podem ser enviadas diretamente pelo sistema de comunicação sem antes sofrer uma modulação¹⁸ no envio, e uma demodulação¹⁹ na recepção (MENDES, 2007). A modulação é necessária devido às características dos enlaces, que enfrentam problemas de atenuação por perda de energia do sinal transmitido, ruídos e distorções de atraso. Esses problemas são relacionados com a frequência do sinal usada no sistema de comunicação. O processo de modulação resolve este problema alterando uma onda portadora, de acordo com o sinal da informação a ser transmitido (MONTEZ; BECKER, 2005). A Transmissão é dividida em três subsistemas:

1. Transmissão e recepção: responsável pelo levantamento do sinal de TV Digital no ar, no difusor, e pela sintonia do sinal no receptor;
2. Modulação e demodulação: responsável pela modulação do fluxo de transporte codificado no emissor e demodulação do sinal de TV Digital em um fluxo de transporte codificado no receptor;
3. Codificação e decodificação: responsável pela codificação e decodificação do fluxo de transporte no envio e recepção, respectivamente;

A camada de transporte é responsável pela multiplexação e demultiplexação dos fluxos elementares de áudio, vídeo e dados. No ambiente da emissora, a camada de

¹⁸ Modulação é o processo sistemático no qual a informação a ser transmitida em uma comunicação é adicionada às ondas eletromagnéticas (portadoras da informação).

¹⁹ Demodulação é o processo sistemático, inverso à modulação, no qual a informação transmitida em uma comunicação é extraída das ondas eletromagnéticas (portadoras de informação).

transporte é responsável pela multiplexação de vários programas (agrupamento de áudio, vídeo e dados) em um único fluxo contínuo a ser transmitido. No ambiente do telespectador realiza a demultiplexação (desagrupamento de áudio, vídeo e dados) do fluxo de transporte, de acordo com o programa selecionado pelo usuário.

A camada de compressão e codificação é responsável pela remoção de redundâncias nos sinais de áudio e vídeo, reduzindo assim a taxa de *bits* necessária para transmitir essas informações (MENDES, 2007). Realiza os processos de compressão de sinais de áudio e vídeo no ambiente da emissora (difusor) e descompressão de sinais de áudio e vídeo no ambiente do usuário (telespectador). Exemplo: MPEG2 vídeo e áudio. A compressão de áudio e vídeo permite reduzir a quantidade de dados (taxa de *bits*) necessária para representar vídeos digitais, diminuindo os custos de transmissão e armazenamento dos mesmos. Compreende o módulo codificador e decodificador de áudio/vídeo (MANUEL, 2007). O codificador recebe, como entrada, o sinal de áudio/vídeo digital não comprimido, disponibilizado pelo emissor. Realiza, então, a compressão e gera, como saída, um fluxo elementar de áudio/vídeo, que é fornecido para a camada de transporte. O decodificador recebe, como entrada, este fluxo elementar codificado a partir do demultiplexador da camada de transporte, realiza sua decodificação e disponibiliza em sua saída o sinal de áudio/vídeo reconstruído (FUNTTEL, 2006).

A camada do *middleware* oferece um serviço padronizado para a camada de aplicação, sem transparecer as peculiaridades e heterogeneidades das camadas de transporte e transmissão. Exemplos: Ginga, MHP, DASE e ARIB. O *middleware* é utilizado para mover informações entre programas, ocultando do programador diferenças de protocolos de comunicação, plataformas e dependências do sistema operacional. É geralmente constituído por módulos com APIs de alto nível, que proporcionam a sua integração com aplicações desenvolvidas em diversas linguagens de programação e interfaces de baixo nível – o que permite a sua independência do dispositivo. O uso do *middleware* facilita a portabilidade das aplicações, permitindo que sejam transportadas para qualquer receptor digital (stB) que suporte o *middleware* adotado. Essa portabilidade é primordial em sistemas de TV Digital, pois existem diversos tipos de stBs (MONTEZ; BECKER, 2005). Este *middleware* pode ser de três tipos, de acordo a linguagem de programação:

- *Middleware* declarativo: quando há uso de linguagens declarativas, onde o programador escreve em linguagem de programação de computadores apenas o conjunto das tarefas a serem realizadas, não estando preocupado com os detalhes de como o executor da linguagem (interpretador ou compilador) implementará essas tarefas. Exemplos dessas linguagens: XML, HTML, NCL,

entre outras. Normalmente, podem ser usados *scripts* (linguagem de programação procedural) em linguagens como ECMAScript; JavaScript;

- *Middleware* procedural: quando há uso de linguagens de programação procedurais, onde se deve informar, ao computador, cada passo a ser executado. Exemplo dessas linguagens: JAVA, C++, entre outras;
- *Middleware* híbrido (declarativo e procedural): quando há uso de linguagens declarativas e procedurais.

A camada de aplicação é responsável pela captura e formatação dos sinais de áudio e vídeo, bem como a execução dos aplicativos multimídia desenvolvidos. Este conjunto corresponde à camada visível para o telespectador e que fará a interação direta com o mesmo, sendo suportada pelas camadas inferiores. É responsável pela execução dos aplicativos. Exemplos: aplicativos eletrônicos como *e-Mail*, *e-Commerce* e *e-Learning* podem ser exibidos na TV e passam a ser chamados de *t-Mail*, *t-Commerce* e *t-Learning*, respectivamente.

3.2 Padrões de Sistemas de TV Digital

Um sistema de televisão digital interativa adota e integra um conjunto de diferentes tecnologias de *software* e *hardware*, para implementar suas funcionalidades. Aqui serão apresentadas as principais características de transmissão e recepção dos três principais padrões de TV Digital:

- ATSC (ATSC, 2007): *Advanced Television System Comitee* (Americano);
- DVB (DVB, 2007): *Digital Video Broadcasting* (Europeu);
- ISDB-T (ISDB, 2007): *Integrated System Digital Broadcasting - Terrestrial* (Japônês).

Uma imagem de vídeo de alta definição como a de *High Definition TV* (HDTV), quando digitalizada, converte-se em um feixe digital de altíssima taxa de *bits* da ordem de 1Gbps, velocidade incompatível com a largura de banda de 6MHz reservada para transmissão de um canal de TV. Por essa razão tornou-se necessário comprimir o feixe digital de 1Gbps para uma taxa de *bits* de aproximadamente 20Mbps. Essa alta taxa de

compressão foi alcançada pela aplicação do algoritmo de compressão denominado MPEG2, igualmente adotado pelos três padrões de TV Digital.

Não somente a imagem, mas também o som sofreu melhorias consideráveis na qualidade, incorporando facilidades para permitir a utilização do som multi-canal (mais de dois canais). Nesse caso, foi também necessário comprimir o sinal de áudio digitalizado. Quanto ao áudio, cada padrão de TV Digital escolheu algoritmos de digitalização e/ou compressão diferente, que serão comentados a seguir na descrição de cada um dos padrões.

Além do áudio e vídeo, algumas informações complementares e facilidades operacionais são multiplexadas às informações comprimidas de áudio e vídeo para formar o feixe digital (aproximadamente 20Mbps) que entra no Modulador.

O Modulador, independentemente do padrão, é constituído, basicamente, por três blocos funcionais:

- Codificador: confere a necessária robustez às interferências ao sinal digitalizado;
- Estruturador de quadro: monta a estrutura de quadro de sinal digital e acrescenta a estrutura de quadro de sinal digital e informações de sincronismo e controle;
- Modulador 8VSB ou COFDM: efetua a modulação, e transporta o sinal modulado para a Frequência Intermediária (FI), ocupando um canal de 6MHz de banda.

Após a modulação, segue-se uma etapa de conversão de frequência que transfere o sinal modulado em FI para a frequência do canal de TV Digital desejado. A etapa de conversão segue a de excitação e amplificação de potência, onde então o sinal modulado será inserido na antena de transmissão.

3.2.1 Padrão Americano: ATSC

Esse padrão foi desenvolvido pelo consórcio *Advanced Television Systems Committee* (ATSC), desde 1982, embora só tenha sido disponível comercialmente em 1998 nos Estados Unidos. Atualmente, o ATSC é adotado nos Estados Unidos, Canadá, México e Coreia do Sul.

O padrão ATSC é considerado o mais robusto dos padrões, ideal para transmissão em alta-definição. Apesar disso, uma das razões pela qual foi descartado pelo Brasil é que o ATSC é sensível a interferências e é o que menos desenvolveu opções para a mobilidade

da TV Digital (ATSC, 2007). Convém observar que nos Estados Unidos, a maioria da população utiliza TV a cabo, logo o problema de recepção se restringe a uma minoria que assiste TV aberta. No Brasil, a situação é inversa, com um percentual de apenas 7% da população utilizando TV a cabo (CGI.BR, 2008).

No ATSC, as imagens são produzidas no formato 16:9 (*widescreen*) e com até 1920×1080 *pixels* – seis vezes mais que o padrão analógico que o antecedeu, o *National Television Standard Committee* (NTSC). Permite transmitir até seis canais virtuais em definição padrão e oferece qualidade de som similar a dos *homes-theater*, por meio do sistema *Dolby Digital*, que utiliza seis canais de áudio.

Considerando as camadas da arquitetura de um sistema de TV Digital apresentado na **seção 3.1**, a **Figura 7** apresenta a arquitetura de camadas do ATSC com as normas de codificações adotadas. O ATSC tem como principal característica a modulação monoportadora²⁰, com modulação de amplitude de 8 níveis na versão 8 *Vestigial Sideband* (8VSB), ocupando a mesma banda de 6MHz utilizada no sistema analógico. O sistema de compressão de sinal de vídeo é o MPEG2. Esse vídeo comprimido, mais os canais de som comprimido e mais o canal de dados complementares multiplexados formam o feixe digital de taxa de *bits* constante (19,39Mbps) que entra no modulador (YAMADA *et al.*, 2005).

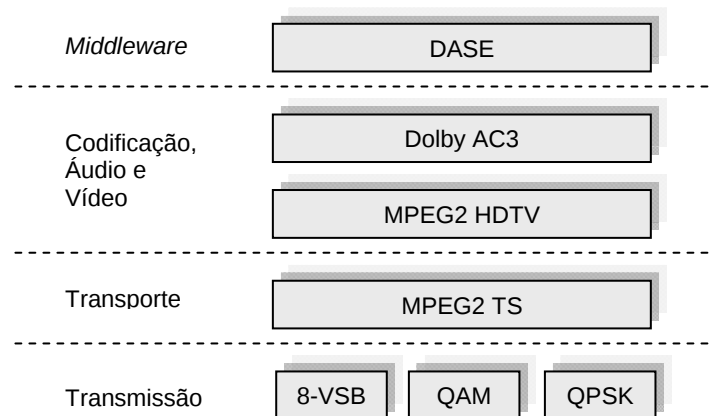


Figura 7 - Características do padrão ATSC.

Fonte: extraído e adaptado de ATSC (2007).

3.2.2 Padrão Europeu: DVB

O padrão *Digital Video Broadcasting* (DVB) foi desenvolvido pelo consórcio *Digital Video Broadcasting Project*, com mais de 270 empresas participantes. Possui

²⁰ A modulação monoportadora, ou modulação monocanal, utiliza uma onda (portadora) em um canal para representar uma sequência de *bits* (MARTINS, 2006).

especificações para transmissão terrestre (DVB-T), por cabo (DVB-C), satélite (DVB-S) e telefonia móvel (DVB-H).

É conhecido por ser mais versátil, facilitando a transmissão de múltiplos canais virtuais na mesma frequência. Contudo, opera na frequência de 8 MHz - fator que o deixa em desvantagem em relação ao Japonês e ao Americano, que operam em 6 MHz (mesmo espectro usado no Brasil para a TV aberta) (TAKADA; SAITO, 2006). Em 1998, os europeus implantaram o DVB-T, que permite mais de um canal de TV Digital.

A **Figura 8** indica as características do padrão DVB em cada camada da arquitetura, segundo a **seção 3.1**. Ressalta-se que o padrão DVB-T se diferencia fundamentalmente da ATSC no método de modulação empregado. O método usado pelo ATSC é de monoportadora modulada em amplitude com banda lateral vestigial (8VSB). O método usado pelo DVB-T é o de modulação multiportadora²¹ modulada em QPSK, 16QAM ou 64QAM e multiplexadas por divisão de frequência (FDM) (YAMADA *et al.*, 2005). Esse método de modulação é conhecido por *Coded Orthogonal Frequency Multiplex* (COFDM), em que a palavra *coded* significa que o sinal digital, antes de ingressar no modulador OFDM (método de modulação multiportadora), é codificado por um algoritmo corretor de erro – o que aumenta significativamente a robustez do sinal digital às interferências provindas do meio de transmissão.

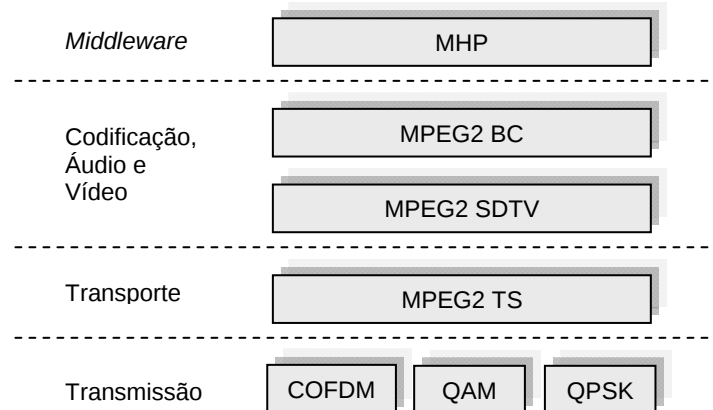


Figura 8 - Características do padrão DVB.

Fonte: extraído e adaptado de DVB (2007).

²¹ A modulação multiportadora, ou modulação multicanal, sobrepõe várias ondas (portadoras) em um canal para representar uma sequência de *bits*. O demultiplexador se encarrega de produzir uma saída de n novas seqüências de bits transmitidas em n subcanais. Essa modulação é utilizada para a multiprogramação de canais na TVD (MARTINS, 2006).

3.2.3 Padrão Japonês: ISDB-T

O padrão ISDB-T foi registrado pela *International Electrotechnical Commission* (IEC). Entrou em operação em 2003, na região de Tóquio, no Japão. O ISDB-T utilizou boas características do já existente DVB (europeu) e o incrementou novos e poderosos conceitos, possibilitando uma extensa gama de serviços e significativos benefícios aos radiodifusores e fabricantes de receptores.

Do ponto de vista de tecnologia e desempenho, o padrão japonês foi considerado o mais avançado pelo Fórum SBTVD, pois teve a mobilidade e flexibilidade como principais temas abordados durante o seu desenvolvimento. Provê intensa convergência para outros meios e dispositivos, incluindo a recepção de dados e imagens em dispositivos móveis e portáteis. Também faz uso de modulação digital de alta qualidade e ainda engloba os conceitos de televisão de alta definição (ISDB, 2007). A segmentação de canais do ISDB-T é outro grande diferencial em relação aos outros dois padrões abordados. O canal digital é subdividido em vários subcanais, que possibilitam a transmissão paralela de vários serviços. A **Figura 9** apresenta a arquitetura de camadas do padrão ISDB-T, com as normas de codificações adotadas em cada uma.

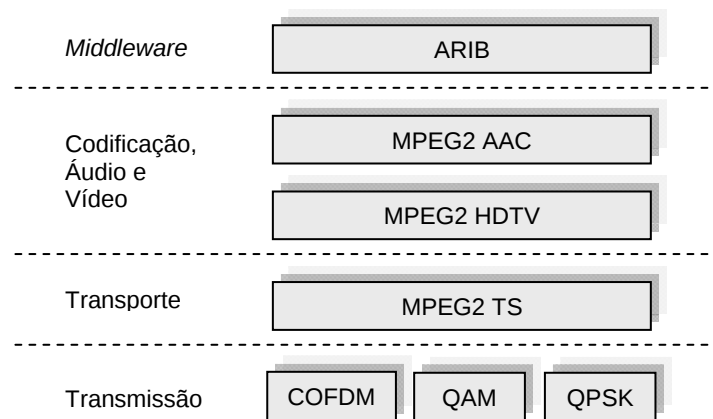


Figura 9 - Características do padrão ISDB-T.

Fonte: extraído e adaptado de ISDB (2007).

3.3 TV Digital Interativa e canal de retorno

A TV Interativa é uma combinação da TV Digital com a tecnologia de interatividade, que permite, ao telespectador, solicitar e receber informações em tempo real (BECKER,

2006). A interatividade pode ser providenciada através de um canal de retorno (por telefonia, cabo, etc.) ou não – nesse caso a interatividade é providenciada de modo limitado com os *softwares* instalados no stBs. De qualquer forma, a TV Digital Interativa, diferente da TV analógica, apresenta um novo conceito, a comunicação bidirecional, possibilitando que o telespectador faça escolhas, solicite e receba respostas da emissora de programação. O telespectador passa a desfrutar da experiência de assistir televisão com maior sensação de controle. Segundo Meyer e Fontaine (1999 *apud* PATO, 2007) TV Interativa é um serviço que se pode acessar através de um aparelho televisor e que não tem a transmissão de programas lineares.

A TV passa a assumir uma nova dimensão quando lhe são adicionadas funcionalidades interativas que são comuns na Web. A interatividade permite que o telespectador se expresse, embora, segundo Lévy (1999) isso sempre ocorra. Para o autor, um telespectador ao assistir um programa, mesmo confortavelmente instalado, em frente a um aparelho de TV e sem utilizar o controle remoto, nunca é passivo; ele percebe a mensagem, decodifica, interpreta, participa e mobiliza seu sistema sensorial. Em relação à interatividade, a possibilidade de obter e combinar mensagens no receptor, é um parâmetro fundamental para avaliar o grau de interatividade do produto.

Há três níveis de interatividade:

- Interatividade local: a emissora de TV envia dados ao stB, o qual oferece interatividade ao usuário, mas sem envio de dados à emissora;
- Interatividade com canal de retorno intermitente: a emissora de TV envia dados ao stB, o qual oferece interatividade ao usuário e o envio de dados à emissora., porém, ela não pode enviar respostas ao usuário. Esta comunicação precisa ser em tempo real;
- Interatividade com canal de retorno permanente: a emissora de TV envia dados ao stB, o qual oferece interatividade ao usuário e o envio de dados à emissora. Essa comunicação também precisa ser realizada em tempo real.

Para melhor compreensão da Interatividade na TV Digital, a **subseção 3.3.1** apresenta a arquitetura de funcionamento de um sistema de TV Digital Interativa, enquanto a **subseção 3.3.2** apresenta a especificação de interatividade adotada no Brasil, no SBTVD.

3.3.1 Sistema de TV Digital Interativa

Um sistema de TV Digital Interativa pode ser dividido em três partes, conforme ilustrado na **Figura 10**:

- Difusor: responsável por prover o conteúdo a ser transmitido, e suportar as interações com os telespectadores;
- Receptor: aquele que recebe e apresenta o conteúdo e possibilita ao telespectador interagir com o difusor;
- Meio de difusão: composto por canal de difusão e canal de retorno (ou canal de interatividade), que habilita a comunicação entre difusor e receptor.

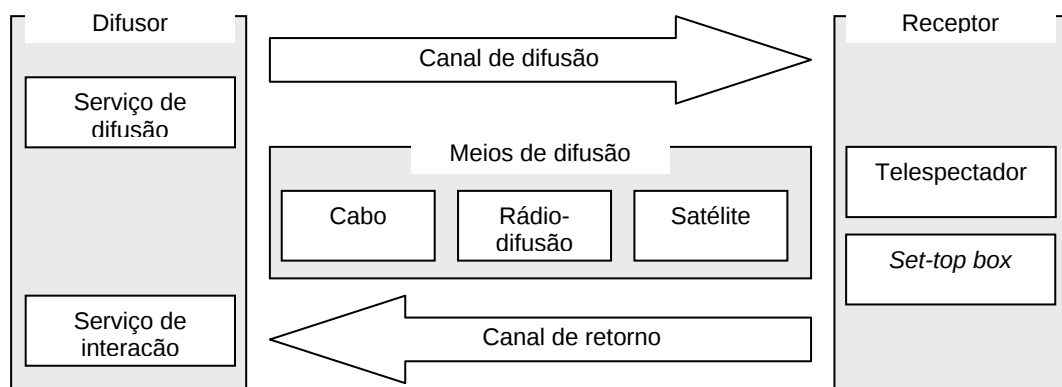


Figura 10 - Sistema de TV Digital Interativa

Fonte: extraído e adaptado de Montez e Becker (2005).

Além dos fluxos de vídeo e áudio, com a TV Digital Interativa existe um terceiro tipo de informação a ser difundido: os dados. Os sinais de áudio, vídeo e dados são codificados por um elemento codificador (*encoder*) e encapsulados em pacotes de transporte por um multiplexador. Após a multiplexação, o modulador transforma esse sinal digital em um sinal analógico para que o mesmo possa ser difundido pelos meios convencionais. O modulador gera um sinal analógico em baixa frequência. Esse sinal precisa ser convertido em um sinal de frequência maior para poder ser difundido pelos diversos meios. O equipamento responsável por essa conversão é o *UpConverter*. A **Figura 11** mostra o processo realizado no difusor. O sinal difundido é captado por uma antena no caso de satélite ou *broadcast*, ou chega via cabo.

O receptor pode estar embutido na televisão ou ser um equipamento à parte denominado como terminal de acesso ou stB . A idéia básica desse dispositivo é o de uma

pequena caixa agregada a uma televisão analógica, que converte os sinais digitais para que sejam assistidos por essas televisões convencionais. Um stB pode possuir também um canal de retorno tornando possível uma interatividade entre o telespectador e os serviços disponíveis. Esse canal de retorno pode utilizar as mais diversas tecnologias disponíveis, como linha telefônica ou cabo para fazer a comunicação no sentido inverso da difusão, do telespectador para o operador da rede.

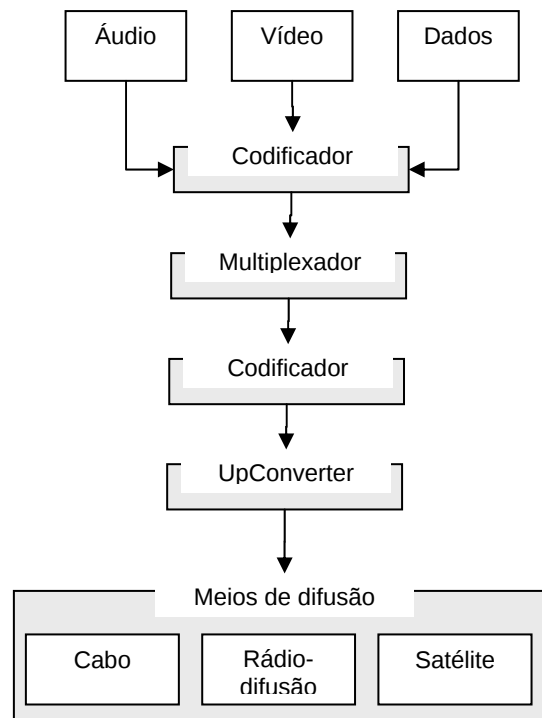


Figura 11 - Etapas da difusão.

Fonte: extraído e adaptado de Montez e Becker (2005).

Para permitir, ao telespectador, a interação com os serviços, os stBs possuem capacidade de processamento e, por isso, seu hardware pode conter tecnologias que são comuns em computadores, como um processador, memória, *modems* para canal de retorno, discos rígidos para armazenamento de dados, e leitores de *smartcards* para controle de acesso. Como ocorre em computadores convencionais, esses dispositivos são controlados por *device drivers* de sistemas operacionais. Contudo, esses sistemas operacionais são bem mais simples que os convencionais. Os stBs lidam com controle remoto, como na TV convencional. Contudo as semelhanças param aqui, pois os tipos de serviços são diferentes dos da TV convencional. Portanto, uma área de pesquisa em TV digital, é o projeto de novos tipos de controles remotos, funcionalidades e interfaces com o telespectador.

A **Figura 12** ilustra as etapas de recepção. O primeiro elemento que capta o sinal difundido é o sintonizador digital. A seguir, o sinal passa pelo demodulador, que extrai o fluxo de transporte, passando-o para o demultiplexador, responsável por extrair todos os fluxos elementares. Esses, por sua vez, são então encaminhados para o decodificador, que os converterá para o formato apropriado de exibição utilizado pelo equipamento televisivo.

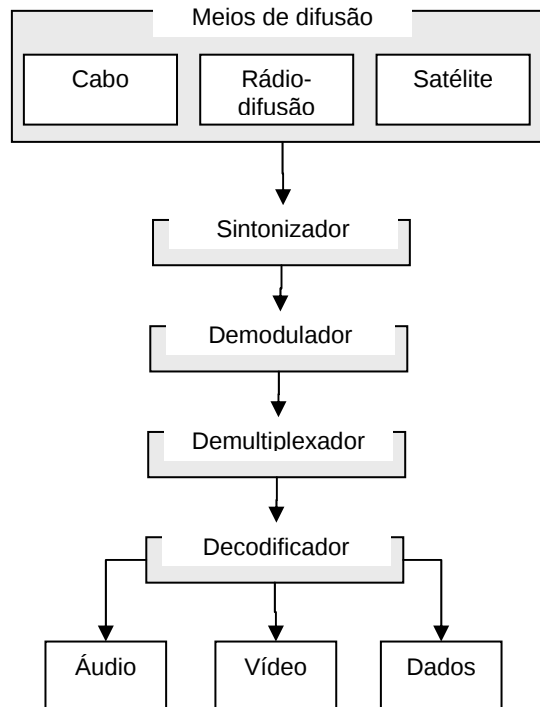


Figura 12 - Etapas da recepção.

Fonte: extraído e adaptado de Montez e Becker (2005).

A TV Digital permite a transmissão, além de áudio e de vídeo, de dados e este processo é denominado *datacasting*. O *datacasting* pode ocorrer de três maneiras distintas:

- *Datacasting* fortemente acoplado: este processo ocorre quando os dados transmitidos têm relacionamento temporal com o fluxo de vídeo e áudio;
- *Datacasting* fracamente acoplado: os dados têm relação temporal com o áudio e o vídeo, porém, o acesso a esses dados pode ocorrer em um outro momento através de uma ação do telespectador ou de forma automática;
- *Datacasting* desacoplado: os dados não têm relação temporal com o áudio ou o vídeo.

Há ainda um mecanismo denominado carrossel que nada mais é do que uma abstração de um mecanismo onde áudio, vídeo e dados são enviados ciclicamente, de forma entrelaçada no tempo. De uma forma geral, carrossel permite que usuários da TV Digital Interativa possam selecionar seus serviços quando necessário. O uso do mecanismo carrossel é a forma mais eficiente para implementar *datacasting*. Em um carrossel, os dados são enviados periodicamente sobre um fluxo de transporte, como ilustrado na **Figura 13**.

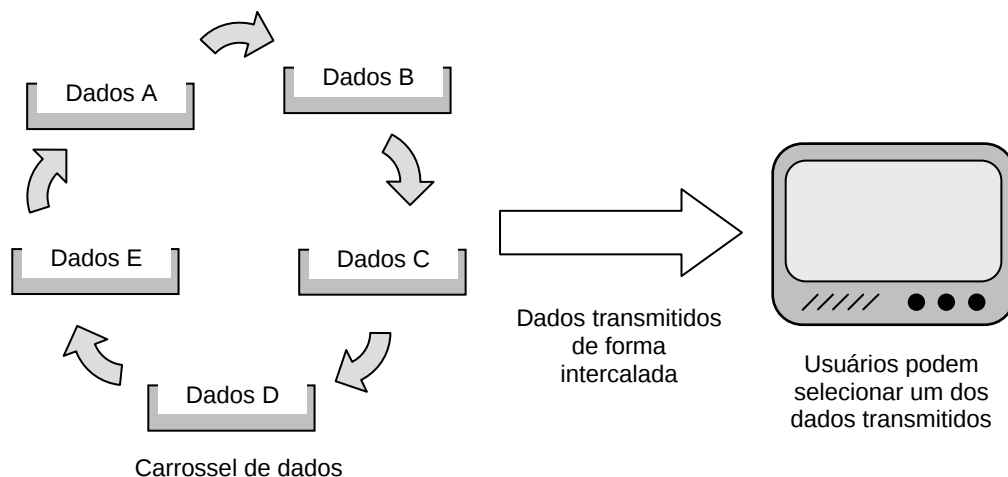


Figura 13 - Carrossel de dados.

Fonte: extraído e adaptado de Gawlinsk (2003).

O carrossel de dados é mais simples e limitado que o carrossel de objetos. Não possui itens individuais de dados, ou estruturas de diretórios, apenas um pedaço monolítico de dados. Por outro lado, o carrossel de objetos estende o de dados, padronizando uma forma de fazer difusão de dados identificáveis (ou objetos), de um servidor para um receptor, que podem ser imagens, programas, arquivos texto, etc. Os sistemas de TV Digital (europeu, norte-americano e japonês) especificam mecanismos com o mesmo objetivo.

De modo geral, a interatividade da TV Digital abre um grande horizonte para novos serviços como o *t-Mail*, o *t-Learning*, serviços de saúde, pesquisas de opinião, etc. – um grande benefício não só para o entretenimento, mas também para a Educação, Saúde, Economia, entre outras áreas essenciais à vida em sociedade.

3.3.2 Canal de Interatividade no Brasil

O canal de interatividade pode ser obtido a partir de uma conexão com a Internet,

porém, esta arquitetura é opcional no SBTVD, ou seja, um receptor poderá ou não implementar *hardware* e *software* destinados ao canal de interatividade. De um lado, a emissora, difusora ou terceiros pode disponibilizar servidores conectados a Internet provendo serviços aos usuários. Já no lado da recepção, os usuários podem realizar solicitações a esses servidores através da Internet, desde que conectados.

As aplicações interativas podem ser nativas do receptor ou serem armazenadas via *download*, através da transmissão *broadcast*, permitindo a execução dessas aplicações. Dessa maneira as aplicações, do lado da difusora e do lado do receptor, podem se comunicar utilizando como meio a Internet. Imagens, vídeos, documentos, entre outros, poderão ser acessados e armazenados ou visualizados desde que haja suporte ao objeto acessado. Diversas modalidades de redes de acesso permitem a conexão com a rede Internet, como por exemplo: - acesso por *modems* discados; - acesso *ethernet* (ADSL, FTTH, DOCSIS); - acesso ISDN; - acesso GSM-GPRS; - acesso CDMA-1xRTT; - acesso CDMA-EVDO; - acesso WiMAX; - acesso *Wi-Fi* e conexão com roteador.

A **Figura 14** mostra essa arquitetura do SBTVD com o canal de interatividade.

A transmissão de dados se dará através do carrossel de dados que é destinada a implementar a transmissão geral síncrona ou assíncrona sem a necessidade de dados *streaming*, como *download* de dados para uma unidade receptora ou transmissão de conteúdos para serviços de multimídia (ABNT, 2007c). No carrossel de dados, os dados são transmitidos em uma unidade modular formada por blocos onde todos os blocos, exceto aqueles ao final do módulo, têm o mesmo tamanho e cada bloco é transmitido em seções. É realizada uma transmissão repetida de dados, o que permite à unidade receptora obter dados em demanda em qualquer momento durante um período de transmissão.

3.4 Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD)

O Fórum SBTVD, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), padronizou as especificações obrigatórias e opcionais do Sistema Brasileiro da Televisão Digital (SBTVD) no Brasil, conforme elencado no **ANEXO A** (FRANCO, 2009). Esta seção apresenta os tópicos considerados mais relevantes ao trabalho desenvolvido. Assim, a **subseção 3.4.1** apresenta o *middleware* de aplicações da TV Digital brasileira (ISDB-TB), denominado Ginga. A **subseção 3.4.2**, por sua vez, apresenta a arquitetura dos receptores e os tipos que podem ser disponíveis no mercado. Esse componente é importante para a apresentação do conteúdo digital pelo aparelho de TV, conforme abordado na **subseção 3.4.3**.

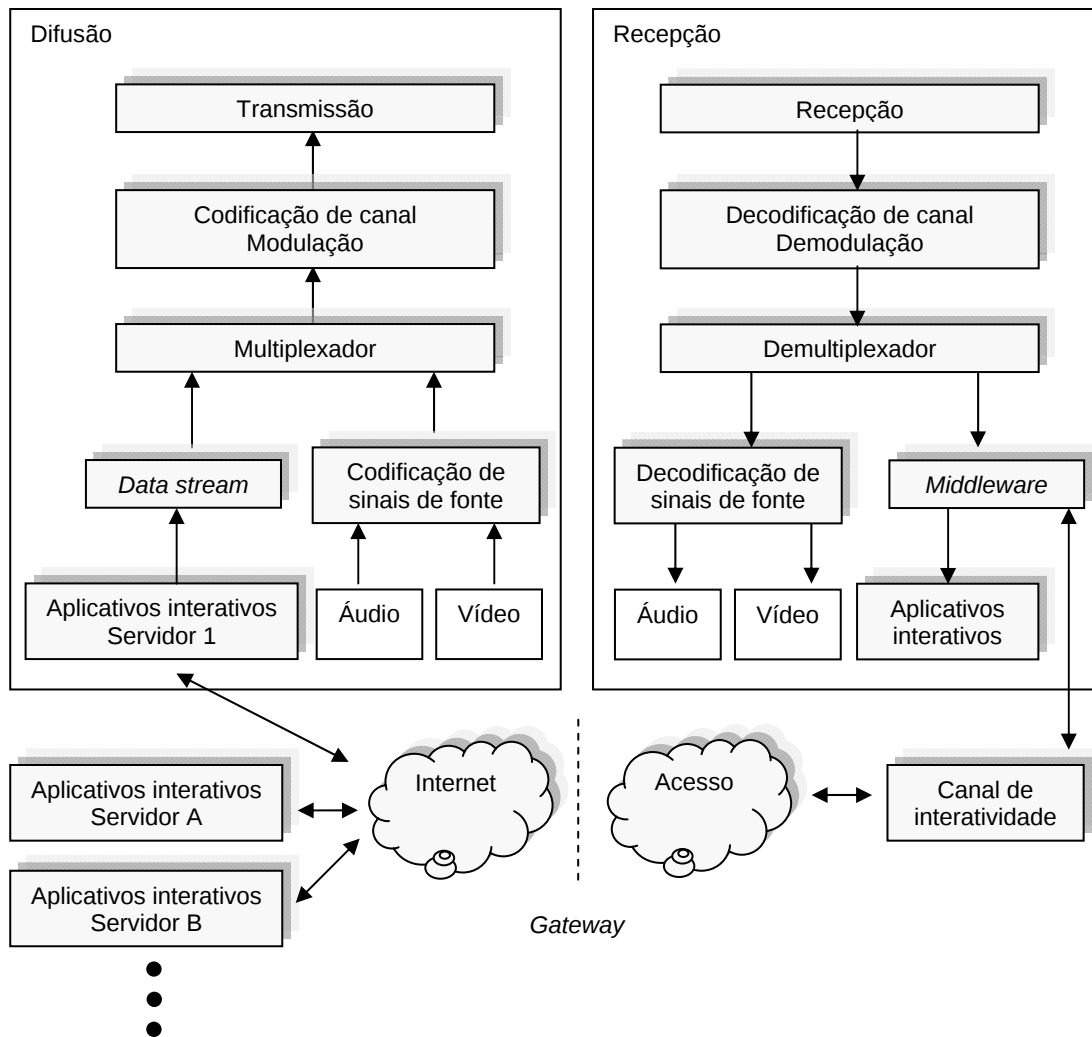


Figura 14 - Canal de interatividade bidirecional com acesso à Internet.

Fonte: extraído e adaptado de ABNT (2008b).

3.4.1 Middleware Ginga

A arquitetura do *middleware* Ginga, ilustrada na **Figura 15**, pode ser representada basicamente por dois importantes componentes:

- Ginga procedural ou Ginga-J: máquina de execução (*execution engine*);
- Ginga declarativo ou Ginga-NCL: máquina de apresentação (*presentation engine*).

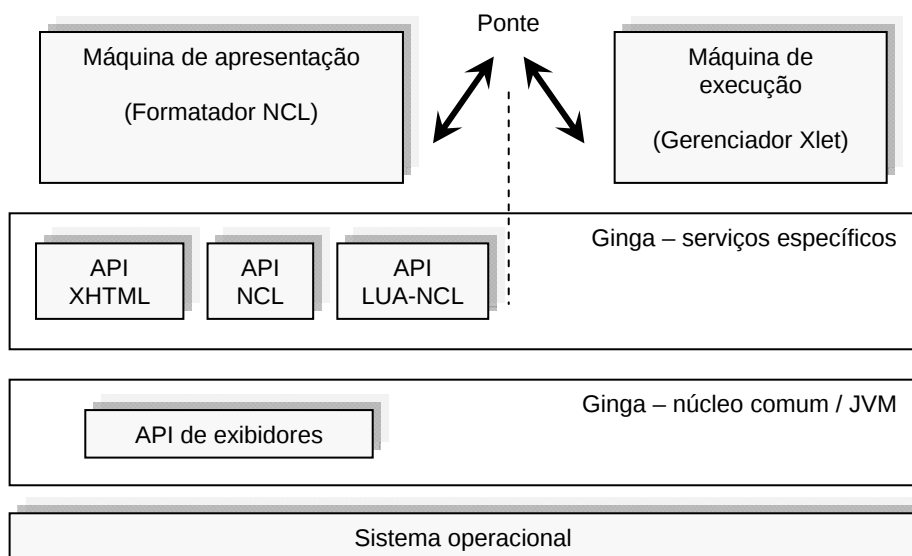


Figura 15 - Arquitetura Ginga.

Fonte: extraído e adaptado de ABNT (2007b).

O Ginga-J é um subsistema lógico do sistema Ginga, responsável pelo processamento de conteúdos ativos: programas na linguagem procedural JAVA. Um componente-chave desse ambiente de aplicação procedural é a máquina de execução do conteúdo procedural, composta por uma *Java Virtual Machine* (JVM).

O Ginga-NCL, por sua vez, é um subsistema lógico responsável pelo processamento de documentos em NCL (*Nested Context Language*) – uma linguagem declarativa baseada em XML para autoria de documentos hipermídia, com foco no sincronismo das mídias, na adaptabilidade e no suporte a múltiplos dispositivos de exibição (ABNT, 2007b). Em NCL um documento HTML é um tipo de objeto. De forma semelhante, linguagens imperativas podem ser adicionadas e usadas como nós de objetos. Em específico, a Ginga-NCL oferece suporte linguagem procedural Lua²².

A máquina de apresentação Lua, no Ginga-NCL, é responsável pela interpretação dos *scripts* da linguagem Lua. Também possui um exibidor (*user agent*) XHTML, que contempla interpretadores CSS e ECMAScript (ABNT, 2007b). Os relacionamentos de referência definidos pelos *links* XHTML são o foco da linguagem NCL. Outros tipos de relacionamentos, como de sincronização espaço-temporal e relacionamentos alternativos, são usualmente definidos através de uma linguagem imperativa utilizada em conjunto com a XHTML como, por exemplo, a ECMAScript (ABNT, 2007b). Observa-se, então, que a

²² Lua é uma linguagem de programação procedural que oferece suporte para a programação orientada a objetos, programação funcional e programação orientada a dados. Ela foi planejada para ser utilizada por qualquer aplicação que necessite de uma linguagem de script leve e poderosa (IERUSALIMSKY, 2003).

linguagem declarativa NCL é mais abrangente que XHTML. Na linguagem NCL há sincronização espaço-temporal com o conteúdo transmitido e há também suporte a múltiplos dispositivos de exibição, ou seja, há uma separação bem demarcada entre o conteúdo e a estrutura de um documento ou aplicativo (ABNT, 2007b). A **Figura 16** ilustra uma visão temporal da apresentação de um vídeo exemplificando eventos e objetos a serem carregados.

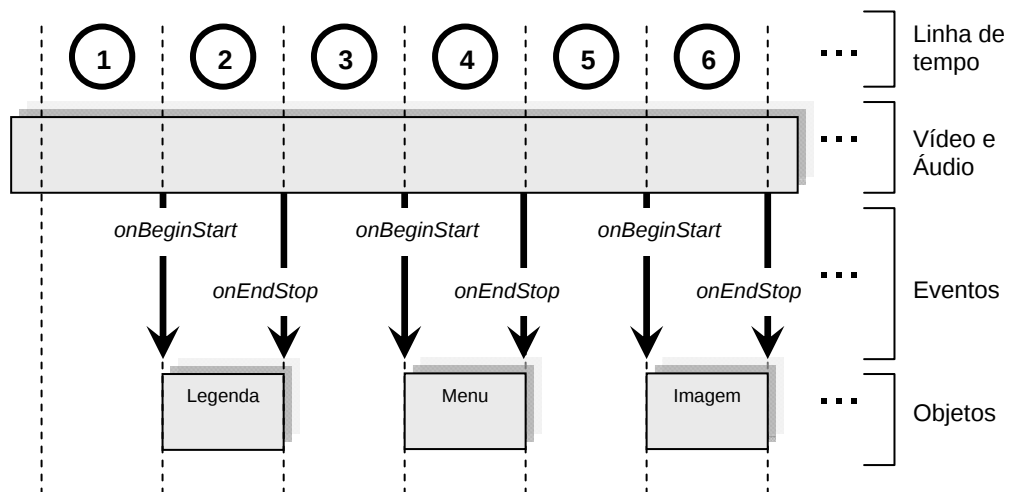


Figura 16 - Visão temporal da apresentação de um vídeo.

Fonte: extraído e adaptado de Neto, Soares e Rodrigues (2007).

Como ilustrado na **Figura 15** do Ginga, um componente-chave do Ginga-NCL é a máquina de apresentação do conteúdo declarativo: o formatador NCL. Um formatador pode ser chamado também de renderizador de documentos, agente do usuário ou exibidor. É possível ainda que um formatador ou visualizador seja recebido através da difusão de dados e seja instalado como *plug-in*. Assim, é criado um ambiente dinâmico quanto à apresentação dos dados. Além disso, durante a exibição do conteúdo de objetos são gerados vários eventos onde, a partir destes, é possível acessar e realizar ações relacionadas a outro objeto.

Um documento NCL pode fazer referência a diversos objetos como vídeos (MPEG, MOV, etc.), áudio (MP3, WMA, etc.), imagens (GIF, JPEG, etc.), textos (TXT, PDF, etc.) e outros objetos (XHTML, etc.), e até de execução (Xlet, Lua, etc.), entre outros. Assim, um documento NCL define como os objetos são estruturados e relacionados no tempo e espaço.

É importante se observar que os componentes Ginga-J e Ginga-NCL podem se comunicar, pois existem pontes de ligação entre a máquina de execução e a máquina de

apresentação (ver **Figura 15**). Além disso, podem existir outros componentes como aplicações nativas e outros *softwares*.

A ponte faz a ligação bidirecional entre as APIs Java e objetos e métodos do ECMAScript, LUA Script e DOM. Há também um monitoramento do ciclo de vida de aplicação por parte do sistema operacional com função de gerenciar todo o ciclo de vida da aplicação como inicialização, controle e término.

As aplicações podem ser desenvolvidas utilizando recursos oferecidos pelas máquinas de execução, pela máquina de apresentação ou compartilhar recursos de ambas as máquinas. Já o *software* nativo inclui *software* legado ou *softwares* escritos usando API adicionais com funcionalidades. A **Figura 17** mostra a estrutura do ambiente de aplicações.

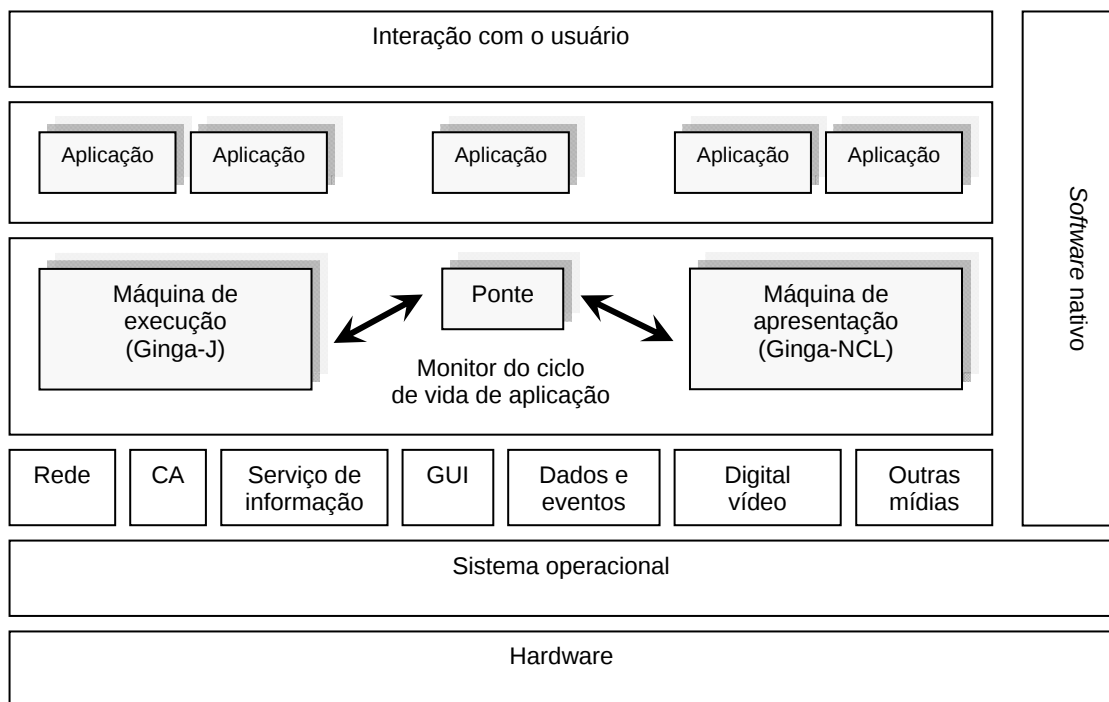


Figura 17 - Estrutura do ambiente de aplicações.

Fonte: extraído e adaptado de ABNT (2007a).

Uma aplicação Ginga pode ser declarativa, procedural e mesmo híbrida – conjunto de entidades que possui tanto conteúdo declarativo quanto procedural. Mas as aplicações declarativas normalmente fazem uso de *scripts*, cujo conteúdo é de natureza procedural e, além disso, uma aplicação declarativa pode fazer referência a um código Java TV Xlet. Já uma aplicação procedural pode fazer referência a uma aplicação declarativa, contendo, por exemplo, conteúdo gráfico, ou pode construir e iniciar a apresentação de aplicações com

conteúdo declarativo. Dessa forma, ambos os tipos de aplicação Ginga podem utilizar as facilidades dos ambientes de aplicação declarativo e procedural.

Os tipos comuns de conteúdo como imagens GIF, JPEG, MPEG, entre outros, possuem decodificadores que são compartilhados tanto para as aplicações procedurais quanto para as declarativas.

3.4.2 Receptores para a TV Digital brasileira

Entende-se por receptor um dispositivo ou conjunto deles capaz de decodificar informações de áudio, vídeo e dados. Os receptores podem ser divididos em três tipos (ABNT, 2008a):

- Receptor integrado: dispositivo de recepção de sinais de TV Digital integrado ao monitor, dispensando interfaces de saídas dos sinais de áudio e vídeo;
- Conversor digital (stB): dispositivo de recepção e decodificação de sinais de TV Digital, que é conectado a um televisor por meio de cabos ou qualquer outro tipo de conexão e que, para tanto, disponibiliza interfaces de saída de áudio e vídeo, sejam elas analógicas ou digitais;
- Receptor portátil: dispositivo de recepção e decodificação de sinais de TV Digital integrado ou não em telefones celulares, *dongle*, PDAs, entre outros.

De acordo com as normas da ABNT (2008a) é desejável que os receptores de televisão digital terrestre, especialmente os do tipo integrado com monitor, em princípio disponham simultaneamente das funções de recepção de sinais de televisão analógica e digital. Isso se deve ao fato de que um período de alguns anos será demandado para a completa transição das transmissões da televisão analógica para a digital, assim como a substituição de todo o parque instalado de televisores analógicos, em todo o território nacional.

A configuração básica do receptor é ilustrada na **Figura 18** e é composta pelas seguintes unidades: antena de recepção terrestre, *Integrated Receiver Decoder* (IRD) e cabo de conexão entre a antena e o receptor. Na recepção fixa, há pelo menos dois possíveis modelos de aparelhos com diferentes requisitos obrigatórios, em especial no que trata da saída de áudio e vídeo, assim como do divisor de antena. Por esta razão a configuração básica de um IRD deve ser dividida em *set-top box* (stB) e receptor integrado.

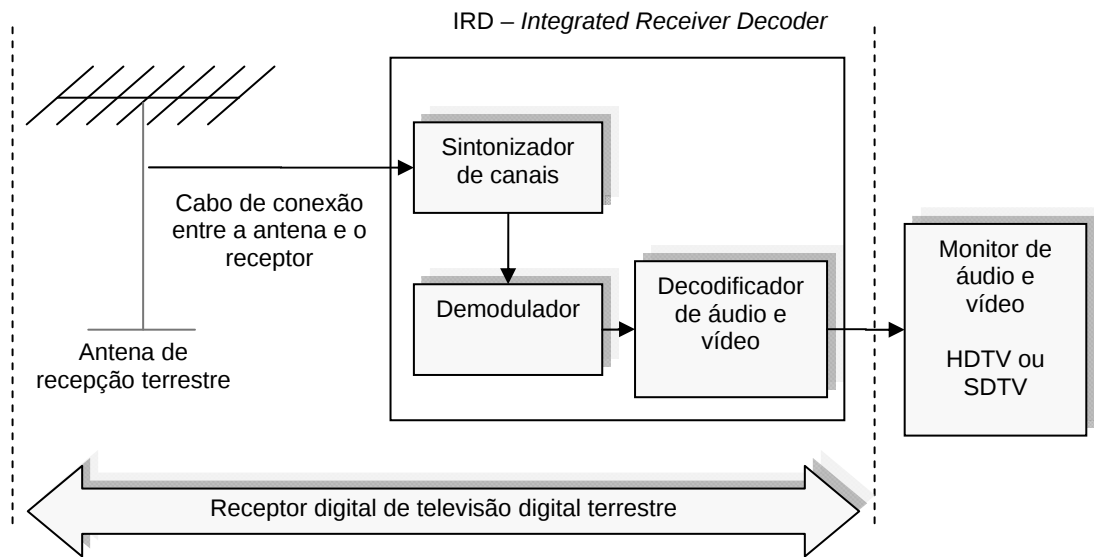


Figura 18 - Configuração básica do receptor da TV brasileira.

Fonte: extraído e adaptado de ABNT (2008a).

Os receptores são divididos em dois tipos quanto à decodificação de dados (ABNT, 2008a): (1) Receptor *full-seg*, destinado ao serviço fixo e oferecem uma alta qualidade de áudio e vídeo; (2) Receptor *one-seg*, destinado aos pequenos dispositivos com tela normalmente até 7 polegadas, como os *handhelds*, telefones celulares, PDAs, entre outros.

Os receptores *full-seg* são os dispositivos capazes de decodificar informações de áudio, vídeo e dados, contidas na camada do fluxo de transporte destinada ao serviço fixo. A classificação *full-seg* é aplicada aos stBs e aos receptores integrados com tela de exibição, mas não exclusivos a estes. Este tipo de receptor é capaz de receber e decodificar sinais de televisão digital terrestre de alta definição, e também de receber e decodificar informações transportadas na camada do fluxo de transporte destinada aos serviços portáteis, definidos como *one-seg*.

Os receptores *one-seg* são os dispositivos que decodificam exclusivamente informações de áudio, vídeo e dados, contidas na camada do fluxo de transporte destinada aos receptores portáteis. Entre os produtos classificados como *one-seg*, estão os receptores integrados com telefone celular, PDA, *dongle* e televisores portáteis. Os receptores *one-seg* suportam obrigatoriamente pelo menos as taxas de quadros de 5fps, 10fps, 12fps, 15fps, 24fps e 30fps, mas podem ser excedidas.

Em relação aos tipos de aplicações, os receptores *full-seg* contemplam suporte às aplicações desenvolvidas em conformidade com o Ginga-J e com o Ginga-NCL. Já os receptores *one-seg* só providenciam suporte ao componente Ginga-NCL.

3.4.3 Armazenamento e apresentação do conteúdo

Primeiramente, cada emissora de televisão irá dispor de um canal virtual que terá a mesma numeração do atual canal físico analógico. Os canais digitais serão acessados no receptor, pelo número do canal virtual. O usuário poderá ter disponíveis funções de acelerar e retroceder (*fast e forward*), assim como a de *pausa* durante um programa. Funções para cortar ou pular automaticamente os comerciais, no entanto, são proibidas quando se utiliza o os descritores e dados contidos no sinal de *broadcast*, mesmo quando se pretende apenas gravar programas (ABNT, 2008a).

Do lado da emissora, durante a exibição, é proibida a adição de notificações (propagandas sem relação com o programa), mas é permitido inseri-las no contexto de forma a causar a impressão de serem parte do programa. Também é proibido passar aos usuários a impressão errônea de que o conteúdo exibido pelo programa de televisão e o conteúdo de um navegador de Internet estão integrados (*pop-up*) (ABNT, 2008a)

Segundo a ABNT (2008a), é facultativa, aos receptores, a funcionalidade de armazenamento de áudio, vídeo e dados. Assim, o armazenamento efetivo de dados poderá ser efetuado em memória *flash*, assim como o áudio e o vídeo. Esses dois últimos, porém, também podem ser realizados em dispositivos secundários como, por exemplo, *pendrive* ou disco rígido (ABNT, 2008a). A apresentação do conteúdo seguirá uma ordem lógica na tela, garantindo que os serviços multimídia sejam reproduzidos de acordo com as intenções do produtor de conteúdo. A apresentação é estruturada em cinco camadas (ABNT, 2007a), conforme ilustrado na **Figura 19**: (1) camada de vídeo; (2) camada de imagem estática; (3) camada de seleção vídeo/imagem; (4) camada de texto e gráficos; (5) camada de legendas.

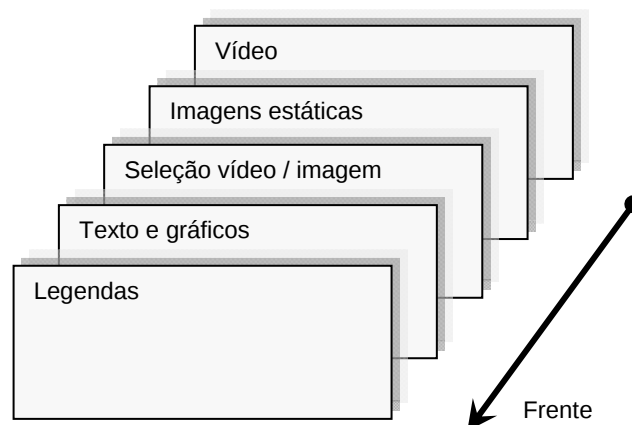


Figura 19 - Estrutura de camadas para a apresentação de serviços.

Fonte: extraído e adaptado de ABNT (2007a).

Os recursos de acessibilidade²³, no contexto de permitir acesso por telespectadores com deficiências intelectuais, auditivas e visuais em algum grau, estão especificados nas normas do padrão brasileiro de TV Digital (ABNT, 2008a). Contudo, a implementação é facultativa em qualquer tipo de receptor.

Seguem alguns desses recursos de acessibilidade (ABNT, 2008a):

- *Closed-caption*: implica na transcrição, em língua portuguesa, dos diálogos, efeitos sonoros, sons do ambiente e demais informações que não podem ser percebidos ou compreendidos por pessoas com deficiência auditiva;
- *Áudio-descrição*: locução em língua portuguesa, sobreposta ao som original do programa, destinada a descrever imagens, sons, textos e demais informações que não podem ser percebidos ou compreendidos por pessoas com deficiência visual. A informação deve ser enviada pelo provedor de conteúdo em um *Packetized Elementary Stream* (PES) de áudio individualizado que, a critério do usuário, pode ser selecionado;
- *Áudio-locução*: permite a inserção de locução, em português, destinada a possibilitar que pessoas com deficiência (inclui acuidade diminuída) auditiva e visual, bem como com certa deficiência intelectual, selecionem as opções desejadas em menus e demais recursos interativos. O *stream* de áudio relativo às aplicações será enviado pelo provedor de conteúdo;
- *Dublagem*: tradução de programa originalmente falado em língua estrangeira, com a substituição da locução original por falas em língua portuguesa, sincronizadas no tempo, entonação, movimento dos lábios dos personagens em cena, etc. O som na língua original, assim como de outras línguas, deve ser transmitido simultaneamente em um PES de áudio independente.
- A janela de LIBRAS é um espaço delimitado no vídeo onde as informações são interpretadas em LIBRAS.

3.5 Usabilidade e a TV Digital

Desde a introdução da TV na sociedade, na primeira metade do século passado, ela vem evoluindo em relação aos dispositivos físicos e, conseqüentemente, no modo de

²³ Convém observar que o modelo e o sistema apresentados no capítulo 4 não consideraram tais aspectos de acessibilidade, os quais poderão ser incluídos em trabalhos futuros.

acesso às funcionalidades dos programas e canais disponíveis. No início, nada mais era do que um rádio (meio predominante na época) com capacidade de sincronizar imagens (MACHADO, 1988). Com o decorrer do tempo, foi sendo possível a utilização de *videotapes*, visualização colorida (TV em cores), uso de fitas cassetes através de dispositivos acoplados ao aparelho de TV, controle remoto para maior conforto do telespectador, e assim por diante. Tais evoluções graduais não descaracterizaram a usabilidade da televisão. Continuou sendo um meio de fácil acesso ao conteúdo, requerendo poucas ações por parte do telespectador (usuário), normalmente restritas a ligar/desligar, alterar volume e sintonizar canais. Com o surgimento da TV Digital por assinatura, novas e significativas mudanças têm ocorrido, mas atendem um conjunto de indivíduos mais privilegiado economicamente do que o esperado para a TVDA, que está sendo introduzida no Brasil. O impacto de para a grande maioria da população será significativo e deverá ser considerado pelos estudiosos de interfaces com o telespectador para mitigar problemas decorrentes. É interessante que o telespectador sinta-se satisfeito com a migração, vislumbrando o sistema como simples e com mais benefícios. Assim, o conteúdo exibido deve ser elaborado para também contribuir com o conforto de uso do usuário.

De modo geral, a usabilidade é a qualidade que avalia a facilidade de aprendizado e uso de um sistema, assim como a satisfação do usuário frente às suas necessidades. Ela se refere à relação que se estabelece entre usuário, tarefa, interface, equipamento e demais aspectos do ambiente no qual o usuário utiliza o sistema. O grau de usabilidade oferecido por um sistema depende dos diversos componentes de uso no seu contexto. Para isso, os projetistas de sistemas devem contar com a participação ativa do usuário nas decisões de projeto da interface. Técnicas para avaliação das respostas dos usuários às propostas funcionais e visuais da interface (comunicabilidade da interface) têm sido propostas por diversos autores e instituições nas últimas décadas (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2007). Essa abordagem também deve ser relacionada aos sistemas para a TV Digital.

Um dos aspectos que se deve considerar é a distância e um telespectador da tela de projeção do conteúdo. Não se assiste à TV tão de perto quanto se utiliza o computador ou o celular. Textos longos e letras pequenas, portanto, não são muito viáveis.

Além disso, a TV tem um caráter coletivo diferente do computador e do celular, que são utilizados por um indivíduo, normalmente. É comum mais de um indivíduo assistir, juntos, programas pela TV.

Esses aspectos são ainda mais relevantes quando se pensa na TV Digital com interatividade. Segundo Oliveira *et al.* (2006), a nova tecnologia da TV Digital Interativa trará severas mudanças ao meio televisivo, aos hábitos de consumo, aos ambientes de

aprendizagem e ao modo como os indivíduos se relacionarão com essa nova mídia. Além de poderem obter maiores informações a respeito de seu programa favorito (sinopse, trailer, críticas, etc.), o autor enfatiza a disponibilidade de outros serviços através da TV Digital, como acesso à Internet, compras *on-line*, *home-bank*, entre outros. Esse novo meio de comunicação entrará na vida das pessoas também como alternativa ao computador. Os serviços serão semelhantes aos utilizados em ambientes computacionais.

O público da TV Digital é muito mais variado do que os usuários de computadores da Internet, onde muitos telespectadores podem não ter qualquer experiência com computadores. Nesse ponto, a interatividade na TV Digital pode ser um fator importante para a melhoria de qualidade de vida e integração social para as classes menos favorecidas. Mas, para isso, o grau de usabilidade do sistema deve ser elevado, assim como a comunicabilidade da interface do sistema (BECKER, 2006).

Outro aspecto que deve ser considerado na TV Digital com o oferecimento da Interatividade é a transmissão de múltiplas informações em um mesmo canal. Um único canal digital pode transmitir o vídeo principal, vídeos alternativos e informação textual, entre outras informações interpretadas pelos stBs. Assim, o telespectador poderá deixar de ser um usuário passivo e poderá passar a ser um usuário ativo em relação ao canal de televisão exibido, onde uma grande gama de possibilidades é aberta. Por exemplo, durante a exibição de um jogo de futebol, o telespectador poderá, a qualquer instante, exibir a escalação dos times em campo, bem como visualizar estatísticas da partida em questão. Neste novo cenário a televisão passa a oferecer uma interação com o usuário próxima à interação oferecida por um computador pessoal.

Em geral, o público da TV Digital Interativa a utiliza principalmente para entreter-se, assistindo um programa ou filme que selecionou entre as centenas de opções simultâneas normalmente providenciadas por um guia de programação eletrônico. O usuário da TV Digital Interativa pode participar de uma forma ativa de acordo com a emissora. Ele pode votar em personagens favoritos de um filme, alterar a câmera de visualização de um jogo de futebol e adquirir informações ou serviços sobre um produto que acaba de ver em um comercial (BECKER, 2006). É um estreitamento da relação da interatividade proporcionada pela Web com a TV. Essa convergência traz novos conceitos, como, por exemplo, *t-Commerce*, um ramo similar ao do *e-Commerce*. Também é o caso de *t-Learning*, um conceito similar ao de *e-Learning*, que associa o entretenimento ao *e-Learning* (*endutnement* ou “edutretenimento”) (PAZOS-ARIAS, 2006 *apud* FRANCO, 2009, p. 53). Assim, o usuário pode instruir-se, obter treinamento, procurar emprego, obter informação sobre saúde, marcar consultas, responder a pesquisas, votar em consultas populares e em candidatos a cargos políticos, etc. Todas estas tarefas se fazem a partir de interações

básicas de navegação entre itens, como escolher e selecionar um item ou uma opção de comando, digitar ou ler um texto, preencher formulários, etc.

Com a criação desse novo modelo denominado TV Digital Interativa acoplado a um novo ambiente para o usuário é preocupante o fato dos usuários enfrentarem problemas de falta de orientação, necessidade excessiva de navegação, telas com dificuldade de leitura e entendimento devido a pouca legibilidade. A grande quantidade de informação apresentada também pode se tornar um fator preocupante para ser demonstrada ao usuário. Sem falar no formato, organização, afastamento, denominação e atribuição das teclas do controle remoto que acompanha a TV Digital Interativa (BECKER, 2006).

Não é possível falar sobre usabilidade da TV Digital sem a preocupação com um importante equipamento usado no sistema: o controle remoto. Tal equipamento restringe o uso do telespectador se comparado com os dispositivos de entrada de um computador.

São freqüentes erros de seleção de funções pelos usuários de controle remoto. Pressionam teclas acidentalmente, acessando coisas que não desejam. Uma característica referente ao comportamento dos usuários é que eles fixam a atenção na tela, tendendo a olhar o controle remoto somente quando sentem dificuldades e sem nenhuma sinalização na tela. Os usuários esperam uma correspondência direta entre elementos da tela e o projeto de teclas do controle remoto, isto é, procuram as teclas que tenham os mesmos símbolos, cores, e uma relação àquelas vistas na televisão. Segundo Daly-Jones e Carey (2000), associam também as teclas coloridas das opções com as teclas do controle remoto da mesma cor.

O controle remoto possui um nível de detalhamento de informação elevada ao mesmo tempo em que o acesso proporcionado é muito limitado (para um conjunto pequeno de informações). É que a quantidade de informação que um usuário de televisão consegue visualizar e processar é pequena, devido à distância, resolução da tela e outros fatores técnicos.

Assim, o controle remoto deve receber especial atenção dos pesquisadores e produtores comerciais, de modo a propiciar o máximo de usabilidade possível.

4

MODELO PARA PORTABILIDADE DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

A construção de conteúdos digitais educacionais é um importante processo para a estratégia didática e pedagógica na Educação a Distância (EaD). A Internet, popularizada com o rico ambiente interativo da Web, proporcionou à EaD contar com a geração de sistemas de *e-Learning*. Várias estratégias e ferramentas digitais vieram sendo disponíveis para a construção de Objetos de Aprendizagem (OAs) digitais para os ambientes de *e-Learning*.

Com base na estruturação de metadados para a descrição de documentos digitais, denominada Dublin Core, foram sendo desenvolvidos padrões de OAs, de modo a automatizar a construção, armazenamento e transmissão dos OAs. A adoção de um padrão facilita a automação dos processos de criação, armazenamento e transmissão dos OAs, bem como a interoperabilidade entre os sistemas que o adotam (MOORE, KEARSLEY, 1996; LIMA, CAPITÃO, 2003). A estruturação de metadados permite a independência de sistemas gerenciadores de conteúdos e de armazenamento, contribuindo com a importação e exportação dos OAs.

Um OA, então, é composto pelos dados mais os respectivos metadados, normalmente armazenados em diferentes arquivos. Esse trabalho, no entanto, propõe um modelo para a implementação de OAs, que encapsula os dados e os metadados em um só arquivo, de modo a facilitar a portabilidade, criação, descoberta e visualização dos OAs. Esse modelo é denominado OAX. Ele permite a visualização em vários meios, como a Web e TVDA brasileira (fleXibilidade), e a conversão bidirecional para um padrão de OA que faça uso de metadados (eXtensibilidade).

A motivação para a geração desse modelo está no cenário atual de convergência digital para a EaD, onde é de interesse que se aproveitem os OAs gerados para serem utilizados em vários sistemas para o computador ou para a TV Digital. Isso possibilita que se explorem os meios tecnológicos para apresentar conteúdos educacionais em meios

alternativos ao aluno, em relação ao seu tempo disponível e às suas condições de acesso. O **capítulo 3**, de modo geral, mostrou que a TVDA no Brasil é uma realidade, com normas bem especificadas para que também contemple a interatividade, quer em aparelhos de TV, quer em dispositivos móveis, como os celulares.

Para a criação e gerenciamento dos OAXs, é proposta a arquitetura de um sistema de autoria, denominado SOAX, que consiste de uma aplicação Web, com ambiente de interação com o usuário simples e intuitivo.

O sistema possibilita vários formatos de apresentação para um OA (texto, imagem, áudio, vídeo, animações, etc.) e formas para o tráfego e exibição dos OAs (HTML, XML, XSL, ECMAScript, CSS, etc.).

Esse sistema objetiva prover alto grau de usabilidade aos usuários construtores de OAs para cursos à distância, que não sejam, necessariamente, especialistas da área de Informática. Podem construir o material de suas aulas e exportá-lo para sistemas de aprendizagem na Web ou para a TVDA. O material pode ser composto de qualquer arquivo em conformidade com padrão MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*), podendo, inclusive, ser importado de outros sistemas de aprendizagem. Com essa forma de manipulação, pode-se preservar a autoria dos OAs e reutilizá-los sem a necessidade de interfaces complexas para os usuários.

Face ao exposto, a **seção 4.1** apresenta o modelo OAX, definido com base na estrutura do modelo de referência SCORM (ADL, 2009). A **seção 4.2**, por sua vez, apresenta a arquitetura do sistema de autoria SOAX. Na descrição do sistema, também são feitos comentários relativos à conversão de um OA, segundo o modelo OAX, para o modelo SCORM e para um formato aceito pelo SBTVD. Contudo, é importante mencionar que um OA no formato OAX pode ser convertido para qualquer modelo (padrão) de OAs que faça uso de metadados. Mas, para efeitos desse trabalho, a conversão foi amplamente analisada para o padrão SCORM. A **seção 4.3**, por fim, apresenta um exemplo de criação de OA com aplicações para geração de conteúdo em formato de padrão para visualização na Web e na TVDA, bem como para o formato SCORM.

4.1 Modelo OAX para implementação de OAs

O modelo de implementação de OAs proposto, OAX, é baseado nos recursos da Web, compondo um modelo genérico para o conteúdo educacional digital. Esse modelo tira proveito da popularização da Web 2.0 e da democratização da publicação *on-line*.

A idéia é que os OAXs possam ser encontrados através de robôs de busca, como é feito com qualquer outro formato de conteúdo (imagens, documentos, etc.). Isso amplia as possibilidades de troca, reutilização e armazenamento do conteúdo.

O modelo proposto viabiliza a conversão bidirecional com padrões de OAs que façam uso de metadados (eXtensibilidade), como é o caso do padrão SCORM, selecionado para o estudo de caso apresentado. Como apresentado na **seção 2.3**, o SCORM é considerado um modelo de referência, com três componentes principais: (1) um Modelo de Agregação de Conteúdo (MAC), para a construção e empacotamento de conteúdos educacionais (OAs), baseado na definição de metadados; (2) ambiente de execução, que mostra o mecanismo de interação do conteúdo empacotado com o sistema de gestão de aprendizagem (LMS), através de uma API comum; (3) seqüenciamento e navegação, contemplando as regras para se criar uma seqüência de visualização dos OAs.

De acordo com o MAC do SCORM, os dados e metadados de um OA são arquivados separadamente. No formato OAX, esses arquivos são encapsulados de modo singular (pacote), como ilustrado na **Figura 20**.

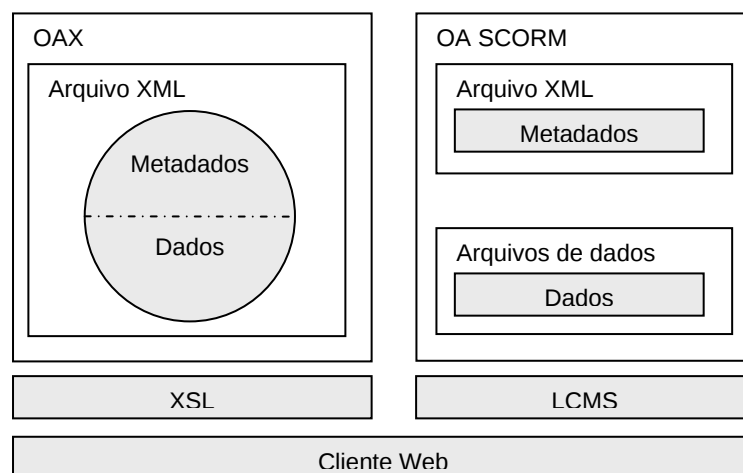


Figura 20 - Estrutura dos metadados e dados nos pacotes OAX e SCORM.

O MAC do OAX define que todos os dados e metadados sejam armazenados em um mesmo arquivo XML, baseado na linguagem XML Schema, também adotada no SCORM e recomendada pelo *World Wide Web Consortium* – W3C (W3C, 2004). Os dados, em conformidade com o padrão MIME (textos, imagens, animações, etc.), são codificados em Base64 e armazenados no XML.

Um importante conceito para o SCORM é o de átomo de conteúdo. Para o SCORM, um átomo de conteúdo é composto somente pelos dados. No modelo OAX, um átomo de

conteúdo é composto pelos dados e respectivos metadados em uma estrutura singular. Essa estrutura é representada por um arquivo no formato XML como mostra a **Figura 21**. Facilita a busca e reuso dos OAXs e, por conseguinte, dos conteúdos dos OAs implementados. Nesse formato, um pacote de conteúdo no padrão SCORM pode ser convertido no formato OAX e vice-versa.

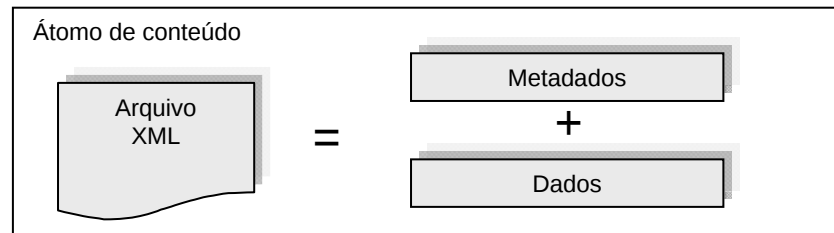


Figura 21 - Representação do conteúdo OAX quanto aos metadados e os dados.

Não se pode deixar de mencionar que o tamanho do arquivo XML da estrutura OAX está ligado diretamente ao tamanho físico do conteúdo do OA: quanto maior o tamanho do OA em *Megabytes*, maior o tamanho do arquivo XML. Dependendo desse tamanho do arquivo, pode se observar certa lentidão durante o acesso a um OAX pela Internet. Porém, ao contrário de uma página Web, será aberta uma única conexão entre o cliente (navegador Web) e a Web.

A estrutura do OAX está na *XML Schema Definition* (XSD), conforme exemplificado na **Figura 22**. Para cada átomo de conteúdo é criado um novo nó *content*. O identificador (*identifier*) do objeto é gerado automaticamente em sua criação. Os demais atributos ilustrados são: - título do objeto (nó *title*); - tipo (*type*), em conformidade com o padrão MIME; - referência para exibição (*exhibit*) do objeto (tela ou hyperlink para o objeto); - o conteúdo (*data*) propriamente dito, em Base64; - largura (*width*), altura (*height*), posição no topo (*top*) e posição à esquerda (*left*) do objeto em pixels; - novos atributos para o objeto (*other*), com seus respectivos nomes e valores.

A sequência de apresentação dos conteúdos OAXs é definida em XML Schema. Uma estrutura de nós, denominada *pages*, é responsável por armazenar a sequência de navegação dos OAs. Para cada página é criado um novo nó *page* que, por sua vez, contém uma lista de identificadores representados por nós *identifiers*. Logo, as especificações de sequência e navegação do OAX descrevem os elementos XML que possibilitam definir diferentes comportamentos de sequência do conteúdo.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-16"?>
<xs:schema id="OAX">
  <xs:element name="OAX">
    <xs:complexType>
      <xs:choice>
        <xs:element name="contents">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element name="content">
                <xs:complexType>
                  <xs:sequence>
                    <xs:element name="identifier" type="xs:string" />
                    <xs:element name="title" type="xs:string" />
                    <xs:element name="type" type="xs:string" />
                    <xs:element name="exhibit" type="xs:string" />
                    <xs:element name="data" type="xs:string" />
                    <xs:element name="width" type="xs:string" />
                    <xs:element name="height" type="xs:string" />
                    <xs:element name="top" type="xs:string" />
                    <xs:element name="left" type="xs:string" />
                    <xs:element name="others" type="xs:string" />
                  </xs:sequence>
                </xs:complexType>
              </xs:element>
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        <xs:element name="pages">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element name="page">
                <xs:complexType>
                  <xs:sequence>
                    <xs:element name="identifier" type="xs:string" />
                  </xs:sequence>
                </xs:complexType>
              </xs:element>
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
        <xs:element name="extendeds">
          <xs:complexType>
            <xs:sequence>
              <xs:element name="extended">
                <xs:complexType>
                  <xs:sequence>
                    <xs:element name="name" type="xs:string" />
                    <xs:element name="metadata" type="xs:string" />
                  </xs:sequence>
                </xs:complexType>
              </xs:element>
            </xs:sequence>
          </xs:complexType>
        </xs:element>
      </xs:choice>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:schema>

```

Figura 22 - Exemplo de código do XML Schema do OAX.

O ambiente de execução do OAX é composto por qualquer sistema que interprete XML, desde que sejam obedecidos os atributos definidos no XSD. Um exemplo disso pode ser a criação de uma aplicação *desktop*, em Java, que interprete o XML e o represente visualmente. No caso da TVDA, XML é interpretado e um código GINGA-NCL é gerado para representação visual. Logo, o ambiente de execução OAX se caracteriza por ser independente de plataforma.

Na Web, o conteúdo de um OAX pode ser exibido a partir de folhas de estilo em XSL (*eXtensible Stylesheet Language*) (ver **Figura 23**) associado ao arquivo OAX. O navegador Web se encarrega, então, de exibir a representação visual do conteúdo. A adoção de XSL, como exemplificado, no entanto, é opcional para a exibição de um OAX. O elemento *object*, recomendado pela W3C (RAGGETT; HORS; JACOBS, 1999), é utilizado para apresentar cada átomo de conteúdo. Durante a formatação, pelo XSL, os atributos do XML *width*, *height*, *left* e *top* são integrados ao elemento *object*. Os dados a serem exibidos podem ser fornecidos, ao *object*, de duas maneiras: *outline* (dados externos) ou *inline* (dados internos). No primeiro caso, *outline*, o atributo *data*, do elemento *object*, é preenchido com o caminho do arquivo a ser apresentado; esse caminho pode ser um endereço Web, por exemplo. No segundo caso, *inline*, o atributo *data* é preenchido obedecendo a uma sequência de atributos: primeiro o texto "*data:*" seguido do tipo MIME extraído do nó *type* do XML como, por exemplo, *image/gif*. "Na sequência vem o texto *;"base64,*" que indica o método de codificação dos dados a serem inseridos. Por fim, os dados (codificados em Base64) extraídos do nó *data* do XML. Obedecendo a sequência descrita anteriormente, a **Figura 24** mostra um trecho de código como exemplo. O método *inline* conduz para que os dados sejam exibidos mais rapidamente, porém, ele não é aconselhável quando há exibição de grandes quantidades de dados (RAGGETT; HORS; JACOBS, 1999).

```

...
<xsl:for-each select="OAX/contents/content">
  <tr>
    <td>
      <object data="data:{type};base64,{data}"
        style="position:absolute;
          width:{width}px;
          height:{height}px;
          top:{top}px;
          left:{left}px"></object>
    </td>
  </tr>
</xsl:for-each>
...
```

Figura 23 - Exemplo de código XSL para exibição do conteúdo OAX no navegador Web.

```

...
data="data:image/gif;base64,/9j/4AAQ ... 1Af/2Q=="
...
```

Figura 24 - Código exemplo do atributo *data*, do elemento *object*, utilizando método *inline*.

É importante observar que o método *inline* se mostrou adequado ao processo de exibição do conteúdo OAX armazenado no formato XML. Assim, para visualizar o conteúdo OAX, não é preciso armazenar, em arquivos, cada átomo de conteúdo decodificado (nó *data*) em Base64. A adoção de XSL, como exemplificado na **Figura 23**, no entanto, é opcional para a exibição de um OAX.

No caso da TV Digital o Modelo de Agregação de Conteúdo (MAC) foi ajustado para uma estrutura de diretórios, com arquivos binários referenciados por programas NCL, denominada pacote de conteúdo OAX-TV. O modelo de execução, por sua vez, consiste na estrutura contemplada nos programas NCL para visualização dos dados. Já o modelo de seqüenciamento e navegação é composto pelo encadeamento dos programas NCL para a exibição das páginas.

Como os OAXs-TV são aplicações NCL, podem ser transmitidos em *broadcast*, inclusive na forma de carrossel de dados (ABNT, 2007c). No carrossel, os dados compõem blocos (unidades de mesmo tamanho) que são transmitidos em seções. A transmissão iterativa dos dados permite, à unidade receptora, obter dados sob demanda, ou seja, em qualquer momento durante um período de transmissão.

4.2 SOAX: um sistema de autoria para OAX

A proposta apresentada neste trabalho objetiva prover um sistema com alto grau de usabilidade aos criadores de OAs para cursos a distância, que não sejam, necessariamente, especialistas da área de Informática. Podem construir o material de suas aulas e exportá-lo para sistemas de aprendizagem na Web ou para a TV Digital. O material pode ser composto de qualquer arquivo em conformidade com padrão MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*), podendo, inclusive, ser importado de outros sistemas de aprendizagem. Com essa forma de manipulação, pode-se preservar a autoria dos OAs e reutilizá-los sem a necessidade de interfaces complexas para os usuários.

Nessa direção, foi proposta a arquitetura de um sistema, SOAX, para criação e gerenciamento de OAs segundo o modelo OAX, composto por quatro componentes,

conforme ilustrado na **Figura 25**: (1) encapsulamento do átomo de conteúdo OAX; (2) armazenamento de conteúdo; (3) aplicativos de gerenciamento e visualização de conteúdo; (4) APIs de importação e exportação para padrões de OAs.

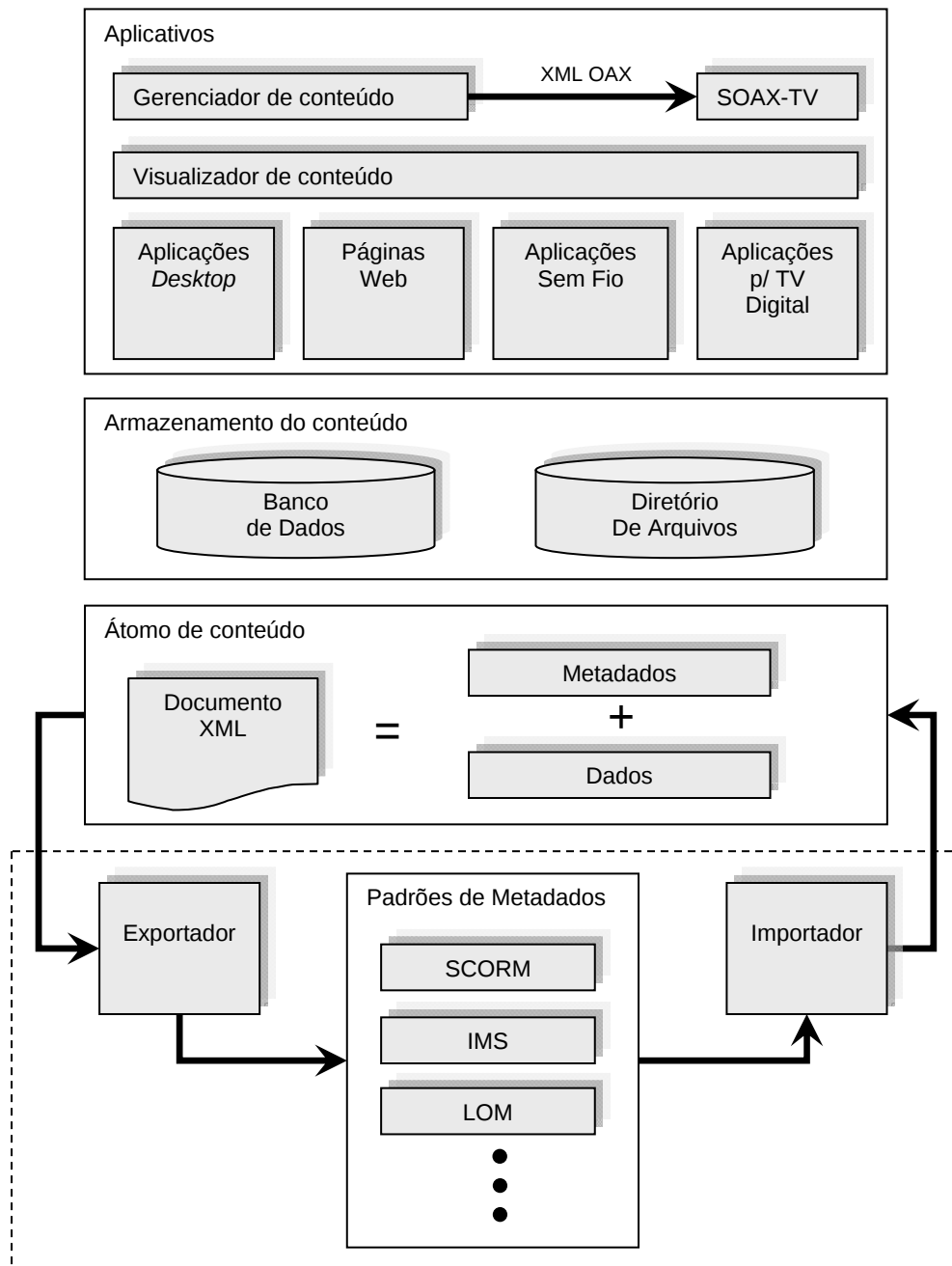


Figura 25 - Arquitetura do sistema SOAX.

O componente de encapsulamento do átomo de conteúdo é quem constrói a estrutura singular de dados e metadados do OAX, definida no *XML Schema Definition* (XSD), conforme exemplificado na **Figura 22**, e apresentado na **seção 4.1**.

Quanto ao armazenamento do átomo de conteúdo, pode ser feito em diferentes meios que providenciem suporte aos conteúdos MIME. Como os metadados e os dados descritos estão em um mesmo arquivo XML, o que facilita a busca e o reuso do OA na Web, o conteúdo pode ser armazenado, por exemplo, em sistemas de arquivos ou sistemas de banco de dados. Não é necessário depender de um sistema de repositório, pois os arquivos podem ser encontrados a partir de qualquer sistema de busca Web. Os OAXs podem ser armazenados e acessados em um *desktop*, ou acessados através de redes quando armazenados em servidores.

São propostos dois módulos de aplicativos: um gerenciador e um visualizador de conteúdo para o OAX, como mostra a **Figura 25**. Ambos utilizam o átomo de conteúdo como objeto principal. A especificação das interfaces dos dois aplicativos é direcionada a proporcionar interatividade com o usuário, considerando critérios de usabilidade e comunicabilidade da interface. O ambiente de interação deve proporcionar semelhantes facilidades para usuários especialistas ou não em Informática – abrangendo um grande conjunto de usuários (usabilidade universal) (SHNEIDERMAN, 2000). Observa-se que, nesta etapa do trabalho, não houve preocupações com acessibilidade, no sentido de suporte a indivíduos com algum grau de deficiência auditiva e visual – o que espera ser feito em etapa futura.

O gerenciador de conteúdo é uma aplicação Web, com ambiente de interação com o usuário simples e intuitivo. Possibilita vários formatos de apresentação para um OA (texto, imagem, áudio, vídeo, animações, etc.) e formas para o tráfego e exibição dos OAs (HTML, XML, XSL, ECMAScript, CSS, etc.). O gerenciador de conteúdo oferece, ao usuário, uma tela para a criação visual de conteúdo OAX (átomo de conteúdo), onde é possível trabalhar e gerenciar a visualização de formatos de textos, imagens, vídeos, documentos ou qualquer formato suportado na Web. Com a intenção de facilitar o reuso de conteúdo, é oferecida uma biblioteca para a seleção e uso de conteúdo já existente. A princípio, o gerenciador de conteúdo é uma aplicação Web, porém, pode ser estendida para outros tipos de aplicações como, por exemplo, *desktop*. Por se tratar da criação e gerenciamento de conteúdo, no momento exclui-se a necessidade de criar esta aplicação para dispositivos móveis e de TV Digital.

O aplicativo visualizador do SOAX oferece, ao usuário, a visualização de conteúdo criado através do gerenciador. Busca oferecer a visualização em qualquer dispositivo que tenha implementado um navegador Web (*browser*) que interprete a formatação XSL. No caso do SBTVD, para a TVDA, convém observar que a intenção de se utilizar o formato XSL para visualização de um OAX ainda não está sendo viável, pois esse formato ainda não está

reconhecido na versão atual do *set-top box* virtual Ginga-NCL versão 0.10.1 (GINGANCL, 2009).

Assim, foi necessário desenvolver uma interface para converter um OAX em um formato aceito pelo SBTVD e então serem visualizados pelo usuário. Para isso foi criado um componente denominado SOAX-TV (**Figura 25**) para interagir com o gerenciador de conteúdo do SOAX. Optou-se pelo Ginga-NCL devido ao suporte proporcionado a múltiplos dispositivos de exibição (ABNT, 2007b). Acredita-se que, em breve, também possa interpretar a formatação XSL como na Web. Além disso, seus recursos são de uso livre.

Conforme ilustrado na **Figura 26**, o componente SOAX-TV converte um OAX em um pacote Ginga-NCL, denominado OAX-TV. Para isso, basta o usuário selecionar o OAX a ser convertido. Essa conversão toma como entrada um arquivo XML OAX, que agrega átomos de conteúdo OAX com todos os atributos e os dados em Base64. Desse arquivo são extraídos os dados, que são decodificados para binário e armazenados em uma estrutura de diretórios. Os metadados do arquivo XML OAX, por sua vez, são contemplados em programas NCL, que apontam para os dados armazenados. Cada programa NCL exibe uma página na tela da TV Digital.

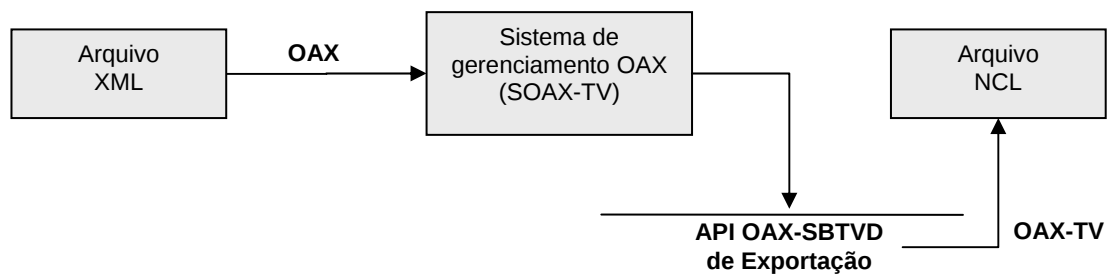


Figura 26 - Componente SOAX-TV de Exportação.

As APIs de importação e exportação, mostradas na **Figura 25**, são responsáveis pela interface entre padrões de OA e o modelo OAX. Elas implementam os processos de conversão bidirecional do átomo de conteúdo para um padrão de OAs que faça uso de metadados. Para estudo de caso, foi considerado o padrão SCORM. A **Figura 27** ilustra o mecanismo ocorrido com as duas APIs, de importação e exportação, com o identificador OAX-SCORM para fazer alusão ao padrão de OA selecionado.

Um pacote de conteúdo no padrão SCORM poderá ser importado para o OAX e vice-versa. No processo de importação, o pacote SCORM (arquivo compactado) será adequado às características do átomo de conteúdo OAX. Enquanto o processo de exportação

adequará o conteúdo OAX ao padrão SCORM. Convém ressaltar que o arquivo de metadados “*imsmanifest.xml*” do SCORM é armazenado na área *extended* do XML OAX.

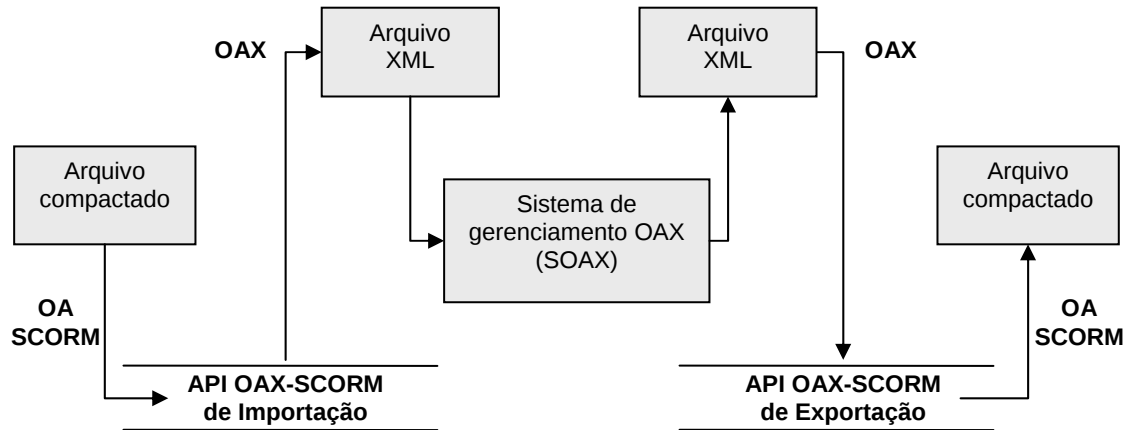


Figura 27 - API OAX-SCORM de Importação e Exportação.

Na API de importação, para cada átomo de conteúdo SCORM (SCOs ou assets) e seus respectivos metadados, é criado um átomo de conteúdo OAX; isso compreende a criação de um novo nó *content* no XML OAX, que armazena os atributos e o próprio conteúdo binário do arquivo – codificado em Base64. Algumas informações sobre o átomo de conteúdo, como *width*, *height*, *top* e *left*, são buscadas dentro dos SCOs com a interpretação do código HTML. Os dados referentes ao seqüenciamento e navegação SCORM são convertidos e armazenados no nó *pages* do XML OAX. Dessa maneira, são feitas adequações do SCORM para o OAX no que se refere ao modelo de agregação de conteúdo, ambiente de execução e seqüenciamento e navegação. Assim é gerado, no processo de importação, um arquivo XML OAX.

Para agregar valor social à criação de OAs, o trabalho buscou envolver a conjuntura social relacionada a OAs com a convergência digital proposta. A abordagem de Jenkins (2008) veio de encontro às perspectivas do trabalho. O autor considera três aspectos sociais que envolvem o ambiente da convergência digital:

- (1) convergência dos meios de comunicação: relativo à definição do fluxo de conteúdos através de múltiplos suportes midiáticos;
- (2) cultura participativa: relativo à produção de conteúdo dos meios de comunicação digital. Os consumidores de informação estão deixando de ser passivos para se tornarem ativos;

- (3) inteligência coletiva: refere-se à combinação do conhecimento de diversas pessoas para a criação de conteúdos.

Tais aspectos apontam direções em relação à comunicação de um OA com o mundo externo a ele no ambiente convergente. O mundo externo é composto pelas pessoas e pela conjectura social envolvidas.

Em relação ao aspecto (1), de convergência dos meios de comunicação, observa-se que o OA poderá ser exibido em diferentes dispositivos (TV, computador e celular), trafegando por diferentes meios de comunicação, principalmente Internet, telefonia móvel e *broadcast*. Assim, no sistema SOAX foi utilizada a linguagem XHTML (*eXtensible HyperText Markup Language*) para exibição de OAs em diferentes dispositivos e, no modelo OAX, foi definida a linguagem XML (*eXtensible Markup Language*) para armazenar e transportar os dados e metadados do OA em diferentes meios. Além disso, o sistema SOAX provê uma API de exportação para o padrão SCORM, que pode ser estendida para outros padrões, fazendo com que os OAs possam ser reutilizados ou exportados para sistemas de aprendizagem específicos. Nesta mesma linha, o sistema provê um componente de exportação para a TVDA segundo o SBTVD, abrangendo ainda mais os dispositivos e seus meios de atuação. Assim, o SOAX possui, para cada OA, a opção de exportação para SCORM ou SBTVD a partir de um clique que iniciará o *download* do respectivo pacote. Com isso, é maximizada a independência de dispositivo e meio de comunicação do OA.

Sobre a questão (2) levantada por Jenkins (2008), a qual considera um comportamento migratório dos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem em busca de novas mídias e conhecimentos, o SOAX opera como um sistema de autoria e catálogo de OAs em que todos os objetos se tornam acessíveis a um clique. Para criar um perfil no SOAX, o usuário deve informar no formulário de cadastro pelo menos seu nome, *login* e uma senha de acesso (**Figura 28**). Após este cadastro, o usuário passa a ter sua própria página virtual (*home-page*). Com o perfil criado, o usuário tem acesso ao ambiente de criação e edição de OAs. Neste ambiente o usuário cria e edita o OA adicionando ou removendo o material que pode ser composto de qualquer arquivo em conformidade com padrão MIME (.TXT, .JPG, GIV, .WMV, .HTML, etc.).

O SOAX mantém um catálogo de OAs (**Figura 29**) onde os usuários, cadastrados ou não, podem realizar busca, obter informações e visualizar os dados e os OAs criados por qualquer autor através do próprio sistema ou de qualquer sistema de busca Web. Na visualização dos dados do OA encontram-se as opções para se obter pacotes de conteúdo para a Web, para a TVDA ou para o padrão SCORM.



[Início](#) [Página de OAs](#) [Acesse o SOAX](#)
 Olá, você está criando um novo perfil.

Crie um novo perfil

Nome completo:
 Login:
 Digite uma senha:
 Digite a senha novamente:

[Criar meu perfil](#)

Figura 28 - Tela de criação de perfil no SOAX.



[Início](#) [Meus Dados](#) [Página de OAs](#) [Meus OAs](#) [Sair](#)
 Olá Everaldo, você está acessando sua lista de OAs.

[Pesquisar](#)

 As Cruzadas	 A trajetória de projétil	 Movimentos Relativos	 Conjugação do verbo "ser"	 Movimentos Circulares
 Química orgânica	 Construindo o futuro	 Aprendendo matemática no excel: seno e cosseno	 Estudo da função do 2º grau	 Drummond e o jogo da pedra
 Movimento uniformemente variado	 Dom Casmurro	 História do cinema	 Estudo das equações do 1º grau	 Força centrípeta

Página 1 de 1

Figura 29 - Tela de busca e listagem de OAs no SOAX.

O catálogo contém uma lista completa de todos os OAs cadastrados no sistema SOAX. Os usuários, com perfil criado, têm a opção de adicionar os OAs de sua preferência em uma biblioteca pessoal (lista), que fica disponível para consulta e facilita a localização de seus OAs preferidos. O autor criador de um determinado OA gerencia a adição de novas

adoções, atribuindo ou não permissão de edição do OA. Assim, um usuário adotante de um OA pode se tornar mais um autor de um mesmo OA. Neste sentido há a presença do conceito de inteligência coletiva, aspecto (3) definido por Jenkins (2008). Ressalta-se que cada OA possui um indicador de notoriedade, que mostra quantos acessos ele obteve, bem como o nome dos últimos usuários cadastrados que o acessaram. Para interação com seus adotantes, cada OA dispõe de uma página de comentários (**Figura 30**), uma lista de recados, que pode funcionar como uma forma de testemunhar as experiências com o OA.



Figura 30 - Tela de informações de um OA no SOAX.

4.3 Aplicação com o Sistema SOAX

Como exemplo, de utilização do sistema SOAX nesta seção, serão considerados três OAs para compor um OA lógico. Foram utilizados um texto, uma imagem e um vídeo:

- O texto é exemplificado com o poema “Aula de Português” de Carlos Drummond de Andrade (ANDRADE, 2002);
- A imagem mostra uma caricatura do poeta Drummond (BLOGGER, 2009);

- E no vídeo a mesma poesia de Drummond é declamada pelo estudioso Ailton Soares (YOUTUBE, 2009).

Foi utilizado o gerenciador de conteúdo do SOAX para a composição do OA. Como mostra a **Figura 31**, o gerenciador de conteúdo oferece, ao usuário, uma tela para a criação visual do átomo de conteúdo.



Figura 31 - Tela de criação do conteúdo no SOAX.

Na **Figura 32** é representado o código do OAX gerado, no gerenciador de conteúdo, considerando os três OAs. Esse XML OAX foi criado de acordo com as regras e atributos definidos pelo *XML Schema Definition* (XSD). Observa-se, no código do arquivo OAX, os átomos de conteúdo, e seus atributos, referentes a cada OA utilizado no exemplo.

A exibição do OA, a partir de folhas de estilo XSL associadas ao arquivo OAX, é mostrada na **Figura 33**. O navegador Web exibe, então, como visto na **seção 4.2**, a representação visual do conteúdo.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<?xml-stylesheet type="text/xsl"
  href="oax_stylesheet_processor.xsl"?>
<OAX>
<contents>
  <content>
    <identifiser>03151c0a-c28c-401a-a237-5524ccc89b95</identifiser>
    <title>Poesia de Drummond</title>
    <type>text/plain</type>
    <exhibit>Show</exhibit>
    <data>dW0gcG9ldGEg6SBmAA
      ...
      dDobyBzZSBhZm9nYXI</data>
    <width>360</width>
    <height>420</height>
    <top>60</top>
    <left>40</left>
    <others />
  </content>
  <content>
    <identifiser>6771e1df-49f0-48de-9420-c302dbb8262a</identifiser>
    <title>Imagem de Drummond</title>
    <type>image/gif</type>
    <exhibit>Show</exhibit>
    <data>/9j/4AAQSkZJRgABAQ
      ...
      6ee9c09AqalSoP/9k=</data>
    <width>200</width>
    <height>260</height>
    <top>40</top>
    <left>400</left>
    <others />
  </content>
  <content>
    <identifiser>45j45jha-fju37qsdq-e3ie-hqu834jfnmcs</identifiser>
    <title>Video de Drummond</title>
    <type>video/mpeg</type>
    <exhibit>Show</exhibit>
    <data>Qk9EWSANCnsNCglGT0
      ...
      ogbm9uZTsNCn0NCg==</data>
    <width>235</width>
    <height>180</height>
    <top>330</top>
    <left>415</left>
    <others />
  </content>
</contents>
<pages>
  <page title="OAX-SCORM">
    <identifiser>03151c0a-c28c-401a-a237-5524ccc89b95</identifiser>
    <identifiser>6771e1df-49f0-48de-9420-c302dbb8262a</identifiser>
    <identifiser>45j45jha-fju37qsdq-e3ie-hqu834jfnmcs</identifiser>
  </page>
</pages>
<extendeds>
  <extended>
    <name>SCORM</name>
    <metadata>UmVncmFzDQoNC1BvZX
      ...
      FyYSBjb211bm1jYXI</metadata>
  </extended>
</extendeds>
</OAX>

```

Figura 32 - Código do arquivo OAX gerado no gerenciador de conteúdo.

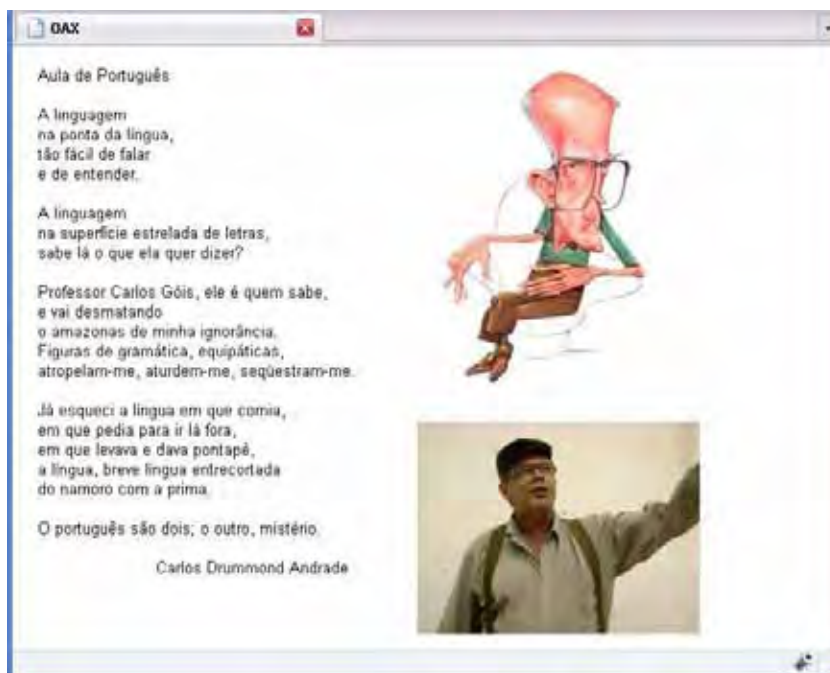


Figura 33 - Execução de um OAX na Web.

Para estudo de caso, foi considerado o padrão SCORM. O conteúdo OAX gerado no gerenciador de conteúdo foi, então, convertido para um pacote de conteúdo no padrão SCORM, através da API OAX-SCORM de exportação. A **Figura 34** mostra o arquivo de metadados, “*imsmanifest.xml*”, gerado de acordo com as normas SCORM a partir do conteúdo OAX de exemplo. Optou-se por selecionar dois sistemas de gerenciamento de conteúdo (LMS) para verificar se o pacote SCORM gerado seria reconhecido (validação). Assim, foi utilizado sistema Moodle versão 1.9.5+ (MOODLE, 2009), amplamente utilizado para *e-Learning* em cerca de 200 países. O outro sistema utilizado foi o ADL *Sample RTE* versão 1.0 (ADL, 2008), que segue as normas SCORM 2004 4th *Edition*, e é uma implementação da própria ADL fornecendo um exemplo funcional do ambiente de execução (RTE).

Em ambos os LMSs (Moodle e ADL *Sample RTE*) o processo de validação é semelhante. Primeiro, autenticado como administrador do sistema, é criado um curso informando alguns dados em um formulário. Posteriormente, é efetuado o *upload* do pacote SCORM a ser validado. E, por fim, para efeito de validação, o conteúdo é visualizado na tela dos LMSs como a **Figura 35** para o Moodle e a **Figura 36** para ADL *Sample RTE*. Na validação realizada foi criado, para os dois LMSs, um curso nomeado “Poesia de Drummond”. O pacote SCORM validado continha uma página também denominada “Poesia de Drummond”. Assim, foi realizado o *upload* do pacote SCORM e em seguida o conteúdo foi visualizado.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<manifest>
  <metadata>
    <schema>ADL SCORM</schema>
    <schemaversion>2004 3rd Edition</schemaversion>
  </metadata>
  <organizations
    default="ORG-AAE040C6-5D31-FF80-7A74-C93346D3DE42">
    <organization
      identifier="ORG-AAE040C6-5D31-FF80-7A74-C93346D3DE42">
        <title>OAX-SCORM</title>
        <item
          identifier="ITEM-8A36E0A3-08A2-6B58-F776-43930C365287"
          identifierref="RES-A5C12CB1-389E-4B4D-2420-2F194C3E51C0">
        </item>
      </organization>
    </organizations>
  <resources>
    <resource
      identifier="RES-A5C12CB1-389E-4B4D-2420-2F194C3E51C0"
      type="webcontent" href="Drummond.html">
      <file href="Poesia de Drummond.txt" />
      <file href="Imagem de Drummond.gif" />
      <file href="Video de Drummond.mpg" />
    </resource>
  </resources>
</manifest>
```

Figura 34 - Código de um arquivo de metadados “imsmanifest.xml” do SCORM.



Figura 35 - Execução de um OAX-SCORM no Moodle 1.9.5+.



Figura 36 - Execução de um OAX-SCORM no ambiente de execução da ADL.

Para fins de validação do OAX-TV, no SBTVD, foi utilizado o mesmo OAX que deu origem ao pacote SCORM validado nos ambientes Moodle e ADL *Sample RTE*. Então, o conteúdo OAX gerado no gerenciador de conteúdo foi convertido em um pacote OAX-TV através do componente SOAX-TV. O pacote OAX-TV contém os arquivos dos átomos de conteúdo (o texto, a imagem e o vídeo) mais um programa NCL que representa uma página de apresentação do OA. A **Figura 37** mostra o programa NCL gerado pelo componente SOAX-TV. Portanto, o exemplo de implementação OAX (ver **Figura 32**), exportado para OAX-TV foi validado no *set-top box* virtual Ginga-NCL. A apresentação do exemplo é vista na **Figura 38**.

Assim, o modelo OAX mostrou-se viável para a conversão em um padrão de OAs para a Web e em formato para a TVDA. Através do SOAX, os usuários podem investir esforços na construção de OAs e, através de um ambiente simples, convertê-los para formatos SCORM a fim de serem utilizados por sistemas de *e-Learning* e outras mídias como CD-ROM. Da mesma forma, podem converter os OAs para serem utilizados em ambientes da TVDA, com um simples clicar de botão.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<ncl>
  <head>
    <regionBase>
      <region width="1080" height="768" id="rgTV">
        <region left="40" top="60"
          width="360" height="420" id="rgContent0"/>
        <region left="400" top="40"
          width="200" height="260" id="rgContent1"/>
        <region left="415" top="330"
          width="235" height="180" id="rgContent2"/>
      </region>
    </regionBase>
    <descriptorBase>
      <descriptor region="rgContent0" id="dContent0"/>
      <descriptor region="rgContent1" id="dContent1"/>
      <descriptor region="rgContent2" id="dContent2"/>
    </descriptorBase>
  </head>
  <body>
    <media type="text/plain" id="mContent0"
      src="content0.txt" descriptor="dContent0"/>
    <media type="image/gif" id="mContent1"
      src="content1.gif" descriptor="dContent1"/>
    <media type="video/mpeg" id="mContent2"
      src="content2.mpg" descriptor="dContent2"/>
  </body>
</ncl>

```

Figura 37 - Código do arquivo NCL do OAX-TV.

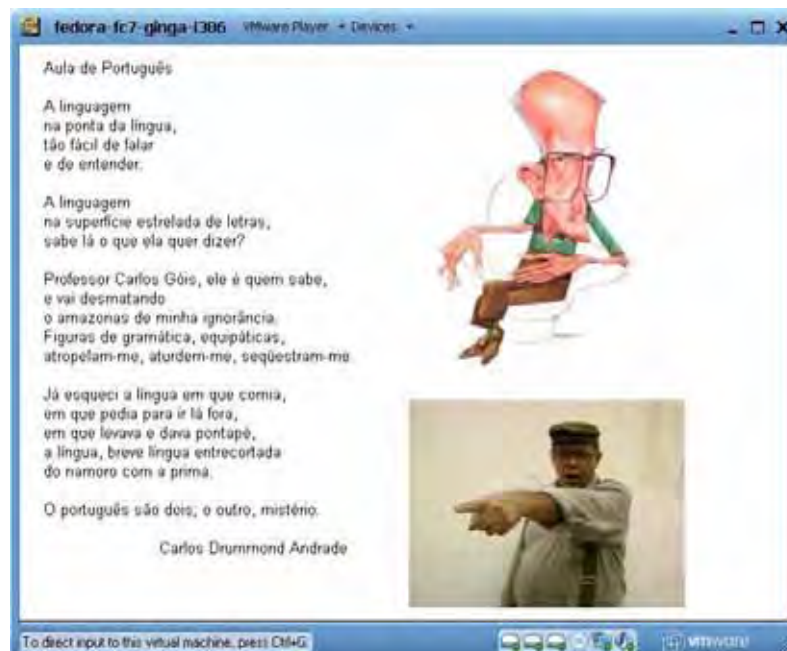


Figura 38 - Execução de um OAX-TV no set-top box virtual Ginga-NCL.

5

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, conta-se com uma diversidade de sistemas de *e-Learning*. Esforços são investidos na construção dos Objetos de Aprendizagem (OAs). No cenário atual de tecnologias digitais de Informação e Comunicação espera-se cada vez mais facilidades para a portabilidade dos OAs para diferentes ambientes, oferecidos como alternativas de acesso ao conteúdo pelos usuários aprendizes.

Alguns modelos de construção e manipulação de OAs têm sido definidos por organizações e consórcios internacionalmente reconhecidos, contribuindo para a padronização de OAs e, conseqüentemente, para o gerenciamento e portabilidade desses objetos educacionais. Reutilizar, ou mesmo utilizar, um OA em um sistema, sem suporte a um padrão, pode se transformar em uma árdua tarefa de recriação do OA. Contudo, mesmo com a adoção de padrões pelos sistemas, o que se observa é que o mecanismo de portabilidade dos OAs nem sempre é transparente aos usuários, principalmente quando se almeja diferentes meios digitais e de comunicação. É o caso da portabilidade de OAs para ambientes da Web e da TVDA – um meio alternativo de acesso à Educação que vem sendo integrado à vida dos brasileiros.

Nesse contexto, o principal objetivo deste trabalho foi investigar um novo modelo para implementação de OAs com portabilidade para ambientes da Web e para a TV Digital Aberta (TVDA) brasileira.

Conforme apresentado no **capítulo 2**, foram, então, realizados estudos sobre a construção de OAs digitais com metadados, incluindo padrões homologados como o SCORM. O capítulo também apresentou levantamentos sobre o conceito de *e-Learning*, bem como reflexões sobre o cenário de convergências de tecnologias digitais visando a portabilidade de OAs para diferentes ambientes.

O **capítulo 3**, por sua vez, apresentou um levantamento sobre a TV Digital, com ênfase no entendimento do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD), especificado em normas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Isso possibilitou reflexões sobre aspectos educacionais que podem ser explorados com o SBTVD, incluindo o *middleware* Ginga, para desenvolvimento e execução de aplicações para a TV Digital.

Assim, no **capítulo 4**, foi proposto um modelo para portabilidade de OAs denominado OAX, baseado em metadados. Em linhas gerais, os dados e metadados de um OA são encapsulados em uma estrutura singular, de modo a facilitar a portabilidade, criação, busca e visualização dos OAs. Os dados podem ser compostos de qualquer arquivo em conformidade com o padrão MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*). O modelo OAX teve sua definição apoiado no padrão de OAs SCORM (ADL, 2008). Assim, sua definição conta com: (1) um Modelo de Agregação de Conteúdo (MAC), para a construção e empacotamento de conteúdos educacionais (OAs), baseado na definição de metadados; (2) um ambiente de execução, que mostra o mecanismo de interação do conteúdo empacotado com o LMS, através de uma API (*Application Programming Interface*) comum; (3) seqüenciamento e navegação, contemplando as regras para se criar uma seqüência de visualização dos OAs. Os OAs construídos em conformidade com o modelo OAX podem ser visualizados em ambientes da Web, bem como em qualquer LMS com suporte às normas SCORM. O modelo OAX, também contemplou a visualização em ambientes para a TVDA brasileira, criando para isso, um formato ajustado para este ambiente, denominado OAX-TV.

Para viabilizar a implementação do modelo OAX, foi proposta a arquitetura de um sistema, denominado SOAX. O projeto do sistema recebeu influências de reflexões sobre aspectos sociais que envolvem o ambiente da convergência digital, segundo Jenkins (2008), comentadas na **seção 4.2**. Assim, o sistema teve como um dos objetivos, ser útil a educadores com conhecimentos básicos de Informática, de modo que construíssem OAs e os convertessem, automaticamente, para formatos de padrões de OAs (SCORM, ARIADNE, AICC, etc.) ou para formatos próprios para ambientes da TVDA. Assim, os educadores poderiam se preocupar com os aspectos didático-pedagógicos e não com conhecimentos tecnológicos específicos. Os OAs poderiam compor cursos ministrados através de diversos meios, provendo portabilidade entre sistemas de *e-Learning* com suporte a padrões de OAs.

A arquitetura do sistema SOAX bem como a implementação da versão beta disponível estão descritas no **capítulo 4**.

A arquitetura do SOAX oferece um ambiente Web ao usuário com facilidades de compor e reutilizar conteúdos. Esses conteúdos podem ser convertidos para padrões de OAs e, por conseguinte, serem reutilizados ou exportados para sistemas de aprendizagem

específicos. De forma similar, o sistema pode importar conteúdos em formatos padronizados e convertê-los para serem manipulados em ambiente próprio.

O Sistema foi implementado em linguagem C# e JavaScript, usando também componentes nas linguagens XML, XSL e XHTML (para visualização do conteúdo na Web) e NCL (para visualização na TV Digital). A versão implementada e disponível para testes com usuários finais (versão beta), contempla a conversão de OAs apenas para o padrão SCORM. Contudo, este padrão é amplamente utilizado e adotado por vários sistemas de *e-Learning*, como o Moodle (MOODLE, 2009), AulaNet (AULANET, 2009) e Blackboard (BLACKBOARD, 2009).

O **capítulo 4** apresenta um exemplo de construção de OAs, incluindo a conversão para o padrão SCORM e visualização em ambientes da Web e da TVDA. O formato SCORM foi validado pelo sistema ADL *Sample RTE*, da organização ADL, específico para certificação do padrão SCORM (ADL, 2008). O OA convertido foi reconhecido pelo sistema Moodle – um dos mais utilizados mundialmente. Os OAs construídos no ambiente SOAX também foram convertidos para o formato OAX-TV, sendo visualizados no sistema de simulação de *set-top Box* (stB) para a TVDA: o *Virtual Ginga-NCL* na versão 0.10.1 (GINGANCL, 2009).

A versão beta do SOAX ficará disponível para uso dos membros do Projeto de Inclusão Digital, que ministra cursos denominados “Inclusão Digital e Cidadania” a adolescentes em situação de vulnerabilidade social, bem como dos membros da equipe de EaD do programa CECMCA (Centro de Educação Continuada em Educação Matemática, Científica e Ambiental) – ambos da Unesp, campus de Rio Claro. A utilização deve ser acompanhada, de modo a promover um canal de contribuições para avaliação da comunicabilidade da interface e usabilidade do sistema. Para esse acompanhamento deve ser desenvolvida uma lista de referências com os indicadores a serem analisados, incluindo campo para livre sugestão.

Durante o desenvolvimento do trabalho apresentado, foram enfrentadas algumas dificuldades, dentre as quais se destacam: a compreensão do ambiente de convergência digital e a criação de um modelo de OAs portáteis (OAX). Outras atividades requereram tempo para amadurecimento do conhecimento e habilidades, como o estudo do padrão SCORM e o aprendizado da linguagem de programação NCL. Por outro lado, a facilidade de integração das tecnologias de linguagens de programação envolvidas (XML, XSL, XHTML, NCL, JavaScript e C#), em especial NCL, propiciou certa rapidez no desenvolvimento do sistema SOAX, incluindo os processos de exportação para o padrão SCORM e TVDA.

Como observado no **capítulo 4**, o projeto do sistema SOAX não contemplou estudos sobre acessibilidade, de modo a possibilitar que usuários com deficiências físicas, como visual, por exemplo, tivessem facilidades de acesso e uso do sistema. Essa pode ser uma direção para trabalhos futuros.

A proposta também pode ser estendida para dispositivos móveis e portáteis, como PDAs e celulares. Nesse caso, o tamanho da tela dos dispositivos impacta na visualização do conteúdo, requerendo estudos sobre a interface desses dispositivos. Essa abordagem pode abranger duas direções: ambientes Web e ambientes da TVDA. Critérios de avaliação da comunicabilidade da interface e usabilidade do sistema poderiam ser estudados para esses dois ambientes dos dispositivos móveis.

Outros caminhos podem ser seguidos em trabalhos futuros como: - implementação de APIs de exportação e importação para outros padrões de OAs além do SCORM; - investigações para inclusão de funcionalidades colaborativas no sistema SOAX; exploração das funcionalidades oferecidas pelo SBTVD, como o canal de retorno, acessibilidade, *closed-caption*, entre outras.

REFERÊNCIAS

ABED - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **Anuário Brasileiro Estatístico de Educação Aberta e a Distância**. 2008. Disponível em: <<http://www.abraead.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Perguntas Frequentes**: o que é normalização. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/m2.asp?cod_pagina=963>. Acesso em: 22 maio 2009.

_____. **NBR 15604**: Televisão digital terrestre: Receptores. Rio de Janeiro, 2008a. 68p. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/imagens/Normalizacao_TV_Digital/ABNTNBR15604_2007Vc_2008.pdf>. Acesso em: 22 maio 2009.

_____. **NBR 15606-1**: Televisão digital terrestre: codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital – Parte 1: Codificação de dados. Rio de Janeiro, 2007a. 24p. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/imagens/Normalizacao_TV_Digital/ABNTNBR156061_2007Vc_2008.pdf>. Acesso em: 22 maio 2009.

_____. **NBR 15606-2**: Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 2: Giga-NCL para receptores fixos e móveis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações. Rio de Janeiro, 2007b. 297p. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/imagens/Normalizacao_TV_Digital/ABNTNBR15606-2_2007Vc_2008.pdf>. Acesso em: 22 maio 2009.

_____. **NBR 15606-3**: Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 3: Especificação de transmissão de dados. Rio de Janeiro, 2007c. 81p. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/imagens/Normalizacao_TV_Digital/ABNTNBR15606-3_2007Vc_2008.pdf>. Acesso em: 22 maio 2009.

_____. **NBR 15607-1**: Televisão digital terrestre – Canal de interatividade Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software. Rio de Janeiro, 2008b. 20p. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/imagens/Normalizacao_TV_Digital/ABNTNBR15607-1_2008Ed1.pdf>. Acesso em: 22 maio 2009.

_____. **NBR ISO/IEC 9126**: Tecnologia de Informação – Qualidade de Produto de Software. Rio de Janeiro, 2003.

ADL - ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING. Disponível em: <<http://www.adlnet.org>>. Acesso em: 12 out. 2008.

_____. **Sharable Content Object Reference Model SCORM 2004 3rd Edition Overview**. Virginia, 2006. Disponível em: <<http://www.adlnet.org>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

AICC - AVIATION INDUSTRY COMPUTER-BASED-TRAINING COMMITTEE. **Aviation Industry Metadata Description**. 2006. Disponível em: <<http://www.aicc.org/docs/tech/dels002v1.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2008.

ANDRADE, C. D. **Poesia completa**. Rio de Janeiro: Aguilar, 2002.

ARIADNE - ALLIANCE OF REMOTE INSTRUCTIONAL AUTHORING AND DISTRIBUTION NETWORKS FOR EUROPE. Disponível em: <<http://www.ariadne-eu.org>>. Acesso em: 15 mar. 2008.

ATSC - ADVANCED TELEVISION SYSTEMS COMMITTEE. **A/65B**: Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable. Washington, 1998. Disponível em: <www.atsc.org>. Acesso em: 15 out. 2007.

AULANET. **E-Learning Tecnologia**. Disponível em: <http://www.eduweb.com.br/portugues/elearning_tecnologia.asp>. Acesso em: 13 mar. 2009.

BECKER, V. Recomendações de Usabilidade para TV Digital Interativa. In: WORKSHOP DE TV DIGITAL, 2., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2006. p. 27-38. Disponível em: <http://www.itvproducoesinterativas.com.br/pdfs/A-usabilidade_final-sbrc.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2008.

BELL, D. **O advento da sociedade pós-industrial**: uma tentativa de previsão social. São Paulo: Abril Cultural, 1976.

BERNERS-LEE, T.; CONNOLLY, D. **Hypertext Markup Language (HTML)**: A Representation of Textual Information and MetaInformation for Retrieval and Interchange. 1993. Disponível em: <<http://www.dlib.org/dlib/July95/07weibel.html>>. Acesso em: 5 abr. 2009.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web. **Scientific American**, San Francisco, v. 16, n. 2, p. 34-43, 17 maio 2001.

BLACKBOARD. **Blackboard**. Disponível em: <<http://www.blackboard.com/>>. Acesso em: 13 mar. 2009.

BLOGGER. Disponível em: <http://3.bp.blogspot.com/_UOyZcUafQbQ/Sa7yo_i_96I/AAAAAAAAASw/i_90hjKwB88/s1600-h/carlos+drummond+de+andrade.bmp>. Acesso em: 13 mar. 2009.

CAIN, B. et al. **RFC-3376**: Internet Group Management Protocol. Versão 3., RFC Editor, 2002. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=RFC3376&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=46996809&CFTOKEN=99949453>>. Acesso em: 4 jan. 2009.

CASTELLS, M. A cultura da virtualidade real: integração da comunicação eletrônica, o fim da audiência de massa e o surgimento de redes interativas. In: _____. **A sociedade em rede**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007. p. 413-466.

CGI.BR - COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no Brasil**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.cetic.br/tic/2008/index.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2009.

CYBIS, W.; BETIOL, A.; FAUST, R. **Usabilidade**: conhecimentos, métodos e aplicações. São Paulo: Novatec, 2007.

DALY-JONES, O. A.; CAREY, R. Navigating your tv: The usability of electronic programguides. In: COMPUTER-HUMAN INTERACTION, 2000, Haia, **Proceedings...** Haia: ACM press, 2000.

DCMI - DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE. Disponível em: <<http://dublincore.org/documents/dcmi-terms>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

DEERING, S. et al. **The PIM architecture for wide-area multicast routing**. Piscataway: IEEE Press, v. 4, n. 2, p. 153-162, 1996.

DIAS, M. H. P. **HIPERTEXTO - O Labirinto Eletrônico**: Uma Experiência Hipertextual. Tese (Doutorado em: Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

DRUCKER, P. **A sociedade pós-capitalista**. São Paulo: Pioneira, 1997.

DUFOURD, J. C.; AVARO, O.; CONCOLATO, C. An MPEG Standard for Rich Media Services. **IEEE MultiMedia**, Los Alamitos, v.12, n.4, p. 60-68, 2005. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1098546>>. Acesso em: 19 jan. 2008.

DVB - DIGITAL VIDEO BROADCASTING. Disponível em: <<http://www.dvb.org>>. Acesso em: 10 out. 2007.

FANTIN, E. Nem tudo está na Web. **Revista Guia de Educação a Distância**, São Paulo, v. 1, n. 4, p. 87-89, 2007.

FIGUEIREDO, C. M. S.; LOURENÇO, A. J. **Competência da Fucapi em tecnologia de TVD e convergência digital**. Manaus: T&C Amazônia, n. 12, 2007. Disponível em: <https://portal.fucape.br/tec/imagens/revistas/003_ed012_compet_fucapi_tecn_TVD_converg_digit.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2008.

FORRESTER. **Analog TV Shutdown Will Surprise Most**, 2007. Disponível em: <<http://www.forrester.com/Research/Document/Excerpt/0,7211,42729,00.html>>. Acesso em: 21 jul. 2008.

FRANCO, B. **Convergência digital de sistemas de aprendizado colaborativo, considerando ambientes da Web e da TV Digital no Brasil**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em: Ciências da Computação) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

FUNTEL - FUNDO PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DAS TELECOMUNICAÇÕES. **Arquitetura de Referência: Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre**, 10 fev. 2006. Disponível em: <http://sbtvd.cpqd.com.br/cmp_tvdigital/divulgacao/detalhe_xt.php?doc=71_141_ANEXO1_arquitetura_referencia_sbtv.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2008.

GAMA, R. **A Tecnologia e o Trabalho na História**. São Paulo: Nobel Edusp, 1987.

GIBBONS, A. S.; NELSON, J.; RICHARDS, R. The nature and origin of instructional objects. In: WILEY, D. A. (Ed.), **The Instructional Use of Learning Objects**. 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/gibbons.doc>>. Acesso em: 16 mar. 2008.

GINGANCL. **Ferramentas Ginga-NCL**. Disponível em: <<http://www.gingancl.org.br/ferramentas.html>>. Acesso em: 13 mar. 2009.

GOMES, E. R.; SILVEIRA, R. A.; VICCARI, R. M. Objetos Inteligentes de Aprendizagem: Uma Abordagem baseada em Agentes para Objetos de Aprendizagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 15., 2004, Manaus. **Anais...** Manaus: SBC, 2004. p. 408-417.

GONÇALVES, L. Ambiente Computacional para geração de Learning Objects no padrão SCORM a partir de conteúdos organizados através de Mapas. In: SEMINÁRIO DE ANDAMENTO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, 2005, Guaíba. **Anais...** Guaíba: Universidade Luterana do Brasil, 2005.

GRAVES, M. **Projeto de banco de dados com XML**. Tradução de A. J. C. da Silva. São Paulo: MAKRON Books, 2003. 518 p.

IEEE - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **Learning Technology Standards Committee (LTSC)**. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/>>. Acesso em: 14 nov. 2008.

IERUSALIMSKY, R. **Programming in Lua**. Lua.org, 2003. Disponível em <<http://www.lua.org/pil/>>. Acesso em: 15 fev. 2009.

IMS - INSTRUCTIONAL MANAGEMENT SYSTEM. **IMS Abstract Framework: White Paper**, 2003. Disponível em: <<http://www.imsglobal.org/af/afv1p0/imsafwhitepaper1p0.html>>. Acesso em: 25 fev. 2009.

_____. **Global Learning Consortium**. Disponível em: <<http://www.imsproject.org>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

ISDB - INTEGRATED SERVICES DIGITAL BROADCASTING. **Specification of channel coding, framing structure and modulation**. Disponível em: <http://www.dibeg.org/techp/Documents/Isdbt_spec.PDF>. Acesso em: 4 out. 2007.

JENKINS, H. **Cultura da Convergência**. São Paulo: Aleph, 2008.

JORDAN, P. W. et al. **Usability evaluation in industry**. Londres: CRC, 1998.

JOSEFSSON, S. **RFC3548: The Base16, Base32, and Base64 Data Encodings**, RFC Editor, 2003. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=RFC3548#>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

KARRER, T. E-learning 2.0. CEO, TechEmpower, Inc. **ASTD 2007 International Conference & Exposition**. Atlanta, June 2007. Disponível em: <<http://eLearningTech.blogspot.com>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

KEEGAN, D. On defining distance education. **Distance Education**, v. 1, n.1, p. 13-36, mar., 1980. Disponível em: <<http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=g739148103>>. Acesso em: 29 jan. 2009.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2007.

KITTLER, F. A história dos meios de comunicação. In: LEÃO, L. (Org.). **O chip e o caleidoscópio: Reflexões sobre as novas mídias**. São Paulo: Senac, 2006. p. 73-100.

LANDIM, C. M. **Educação a distância: algumas considerações**. Rio de Janeiro: Cláudia Maria das Mercês Paes Ferreira Ladim, 1997.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

_____. **O Que é Virtual**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1996.

_____. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2000.

LIMA, J.; CAPITÃO, Z. **E-Learning e Conteúdo: Aplicações das teorias tradicionais e modernas de ensino e aprendizagem à organização e estruturação de e-cursos**. Lisboa: Centro Acadêmico, 2003.

LOCKE, J. **Ensaio acerca do entendimento humano**. 2.ed. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

LTSC - LEARNING TECHNOLOGY STANDARDS COMMITTEE. **Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE Standard 1484.12.1**. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2009.

MACHADO, A. **A arte do vídeo**. São Paulo: Brasiliense, 1988.

MARTINS, F. D. **Proposta de arquitetura e modelo de negócios em sistemas PLC**. 2006. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MARCHI, A. C. B.; COSTA, A. C. R. Uma proposta de padrão de metadados para objetos de aprendizagem de museus de ciência e tecnologia. **Revista de Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, mar., 2004.

MARCO, D.; INMON, W. H. **Bulding and Managing the Metadada Repository: A full lifecycle guide**. Canada: Wiley, 2000. 416 p.

MASIE, E. Making Sense of Learning Specification & Standards: A Decision Maker's Guide to their Adoption. **The MASIE Center Consortium**. p. 1-40. 2002. Disponível em: <http://pps.teithe.gr/Learning_Standards.pdf>. Acesso em: 10 set. 2008.

MENDES, R. M.; SOUZA, V. I.; CAREGNATO, S. E. A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 5., 2004, Salvador. **Anais...** Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 2004.

MENDES, L. L. SBTVD: uma visão sobre a TV Digital no Brasil. **Revista T&C Amazônia**, Manaus, n. 12, p. 48-59, out., 2007. Disponível em: <https://portal.fucapi.br/tec/imagens/revistas/007_ed012_SBTVD_umaVisao_sobre_TVDigital_Brasil.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2008.

MENEZES, E. T.; SANTOS, T. H. **Universidade aberta (verbete)**. Dicionário Interativo da Educação Brasileira - EducaBrasil. São Paulo: Midiamix Editora, 2002. Disponível em: <<http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp?id=64>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

MONTEZ, C.; BECKER, V. **TV Digital Interativa: conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil**. 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

MOODLE. **Standard Moodle Package**. Disponível em: <<http://download.moodle.org/>>. Acesso em: 13 mar. 2009.

MOORE, M. G. Learning autonomy: The second dimension of independent learning. **Convergence**, v.5, n.2, p.76-88, 1972. Disponível em: <<http://scwong.myweb.uga.edu/FirstYearReview/Reflection%20on%20Moore's%20theory%20in%20distance%20education.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2008.

MOORE, M. G.; KEARSLEY, G. **Distance Education: a systems view**. Belmont: Wadsworth, 1996.

MOURA, S. L. **Uma arquitetura para integração de repositórios de objetos de aprendizagem baseada em mediadores e serviços Web**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

NETO, C. S.; SOARES, L. F. G.; RODRIGUES, R. F. **Construindo Programas Audiovisuais Interativos Utilizando a NCL 3.0 e a Ferramenta Composer**. Rio de Janeiro: PUC-RIO, 2007.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.

NUNES, I. B. Pequena Introdução à Educação a Distância. **Revista Educação à Distância**, Brasília, n. 1, 1992.

_____. Noções de Educação a Distância. **Revista Educação à Distância**, Brasília, v.3, n. 5, p. 7-25, 1994.

OLIVEIRA, J. A. et al. T-learning in amazon: The interactive education project. In: European Conference on Interactive Television, 4th, 2006, Athens. **Proceedings...** Athens, 2006. p. 290-295.

O'REILLY, T. **What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software**, 2005. Disponível em: <<http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>>. Acesso em: 16 jul. 2008.

PATO, L. IPTV: Será a Solução para a Difusão de iTV? **Observatorio Journal**, Coimbra, 2007, p. 123-145.

PEREIRA, J. T. Educação e sociedade da informação. In: COSCARELLI, C. V., RIBEIRO, A. E. (Org.). **Letramento Digital: aspectos sociais e possibilidades pedagógicas**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005, p. 13-24.

PETERS, O. **Didática do ensino a distância: experiências e estágio da discussão numa visão internacional**. São Leopoldo: Unisinos, 2001.

PICCIONI, C. A. **Modelo e Implementação de um Serviço de Datacasting para Televisão Digital**. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em: Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PONTE, J. P. Tecnologias de Informação e Comunicação na formação de professores: que desafios? **Revista Iberoamericana de Educación**, Madri, n. 24, p. 63-90, 2000.

PRATES, R.O.; DE SOUZA, C.S.; BARBOSA, S. D. J. Methods and tools: a method for evaluating the communicability of user interfaces. In: ACM INTERACTIONS, 2000, **Proceedings...** New York: ACM Press, 2000. p. 31-38. Disponível em: <http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=328608&type=pdf&coll=portal&dl=ACM&CFID=61110344&CFTOKEN=23319872>. Acesso em: 11 jul. 2009.

RAGGETT, D.; HORS, A.; JACOBS, I. **HTML 4.01 Specification: Objects, Images, and Applets**. W3C Recommendation, 24 Dec.1999. Relatório Técnico. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/1999/REC-html401-19991224/struct/objects.html#h-13.3.4>>. Acesso em: 21 abr. 2009.

ROHDE, G. O. **Proposta de referências com enfoque pragmático para o desenvolvimento de conteúdo instrucional no padrão SCORM**. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em: Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ROSENBERG, M. J. **E-learning: estratégias para a transmissão do conhecimento na era digital**. São Paulo: MAKRON Books, 2002. p. 25.

SANTOS, A. **Ensino a Distância e Tecnologias da Informação**. Lisboa: FCA, 2000.

SARDENBERG, R. M. (Org) **Bases de um Programa Brasileiro para a Sociedade da Informação**. Ministério da Ciência e Tecnologia. 1999.

SBTVD - SISTEMA BRASILEIRO DE TV DIGITAL. **Fórum do Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre**. Disponível em: <<http://www.forumsbtvd.org.br>>. Acesso em: 21 out. 2007.

SCHRAMM, W. Investigación acerca de la Comunicación en los Estados Unidos. In: _____ (ed.) **La ciencia de la Comunicación humana**. Barcelona: Grijalbo, 1982. p. 3-20.

SCRIMGER, R.; LASALLE, P.; PARIHAR, M. **TCP/IP a Bíblia**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

SEARCHCIO. SearchCIO-Midmarket.com: technology management strategies for the midmarket CIO. **Midmarket CIO Definitions**: TIC. 2004. Disponível em <<http://www.searchcio-midmarket.com>>. Acesso em: 27 abr. 2009.

SECOM - SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Em Questão**. Entrevista. n. 93, dez. 2008.

SEED - SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. Ministério da Educação. **Referenciais de Qualidade para Educação Superior a Distância**. 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/se-su/arquivos/pdf/referenciaisqualidadeead.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2008.

SGANZERLA, A. C. **Ensino à Distância no Brasil**: Legislação de Incentivo Fiscal. 2002. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SHACKEL, B.; RICHARDSON, S. J. Usability: context, framework, definition, design and evaluation. In: _____. **Human factors for informatics usability**. New York: Cambridge University Press, 1991. p. 21-37.

SHNEIDERMAN, B. Pushing human-computer interaction research to empower every citizen: Universal Usability. **Communications of the ACM**, v. 43, n. 5, p. 84-91, 2000.

SILVA, D. **Modelagem de Composição de Objetos de Aprendizagem**. 2006. 117 f. Tese (Doutorado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOUTH, J. B.; MONSON, D. W. A university-wide system for creating, capturing, and delivering learning objects. In: WILEY, D. A. (Ed.), **The Instructional Use of Learning Objects**. 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/south.doc>>. Acesso em: 30 mar. 2009.

STRAUBHAAR, J. **Comunicação, Mídia e Tecnologia**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

TAKADA, M.; SAITO, M. Transmission system for ISDB-T. In: PROCEEDINGS OF THE IEEE, 2006, Tokyo, **Proceedings...** Tokyo: IEEE, 2006. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?tp=&arnumber=1566634&isnumber=33232>. Acesso em: 27 jan. 2009.

TAKAHASHI, T. (Org) **Sociedade da Informação no Brasil**: Livro Verde. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. 2000.

TAPSCOTT, D. **The Digital Economy**: promise and peril in the age of networked intelligence. New York: McGraw-Hill, 1996.

TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M. J. M.; TAMUSIUNAS, F. R. Reusabilidade de objetos educacionais. **Revista novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, 2003. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/renote/fev2003/artigos/marie_reusabilidade.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2009.

TAYLOR, J. Fifth generation Distance Education. In: ICDE WORLD CONFERENCE, 20., 2001, Düsseldorf. **Proceedings...** Düsseldorf. Disponível em: <<http://www.usq.edu.au/electpub/e-jist/docs/old/vol4no1/2001docs/pdf/Taylor.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2008.

TEXAS, I. **Digital broadcast TV**: Coming soon to a mobile phone near you. Dallas: Millet the Printer. 2005. Disponível em: <http://focus.ti.com/pdfs/wtbu/ti_digitaltvforhandsets.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2008.

URDAN, T. A.; WEGGEN, C. C. **Corporate e-learning**: Exploring a new frontier. San Francisco: WRHambrecht+Co, 2000. Disponível em: <<http://www.spectrainteractive.com/pdfs/CorporateELearningHamrecht.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2009.

VAUGHAN, T. **Multimedia**: Making it Work. Osborne: McGraw-Hill, 2006.

VERASZTO, E. V. et al. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Revista Prisma.com**, v. 1, n. 7, p. 60-85, 2008. Disponível em: <http://prisma.cetac.up.pt/60_Tecnologia_Buscando_uma_definicao_para_o_conceito_Estefano_Veraszto_et_al.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2009.

WAITZMAN, D.; PARTRIDGE, C.; DEERING, S. **RFC-1075**: Distance Vector Routing Multicast Protocol (DVMRP). 1988. Disponível em: <<http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1075.txt>>. Acesso em: 18 fev. 2009.

WEIBEL, S. Metadata: The Foundations of Resource Description. **OCLC Online Computer Library Center**, Dublin, 1995. Disponível em: <<http://www.dlib.org/dlib/July95/07weibel.html>>. Acesso em: 5 mar. 2009.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, p. 94-104, 1991. Disponível em: <<http://www.ics.uci.edu/~dutt/ics212-wq05/weiser-sci-am-sep-91.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2008.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In: _____ (Ed.). **The instructional use of learning objects**, 2001. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 12 out. 2008.

WIENER, N. **Cybernetics or control and communication in the animal and the machine**. New York: MIT Press, 1948.

YAMADA, F. et al. Sistema de TV Digital. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 5, n. 5, p. 83, 2005. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/ano5_num5_2004.html?&L=0>. Acesso em: 25 abr. 2008.

YOUTUBE. **Airton Soares declama AULA DE PORTUGUÊS de Drummond**. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=cHaonX6_XSc>. Acesso em: 13 mar. 2009.

APÊNDICE A: METADADOS DE PADRÕES DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Esse Apêndice apresenta os elementos que compõem os grupos de informações da estrutura de metadados dos seguintes padrões de OAs, mencionados no **capítulo 2**: Dublin Cores, IMS, Ariadne, LOM.

A1. Dublin Core

Especifica um conjunto de 15 atributos para a descrição de seus elementos de dados, permitindo também a inclusão de outros para atender às particularidades de cada usuário (DCMI, 2009):

- *Title*, um título dado ao recurso;
- *Creator*, uma entidade principal para elaboração do conteúdo do recurso;
- *Subject*, assunto referente ao conteúdo do recurso;
- *Description*, uma descrição sobre o conteúdo do recurso;
- *Publisher*, instituição responsável pela difusão;
- *Contributer*, uma entidade responsável pela contribuição ao conteúdo do recurso;
- *Date*, data associada a um evento no ciclo de vida do recurso;
- *Type*, a natureza ou gênero do conteúdo do recurso;
- *Format*, manifestação física ou digital do recurso;
- *Identifier*, identificação não ambígua do recurso dentro de um dado contexto;
- *Source*, uma referência para um outro recurso que tenha dado origem ao presente recurso;
- *Language*, idioma do conteúdo intelectual do recurso;
- *Relation*, uma referência a um outro recurso que se relaciona com o recurso em questão;
- *Coverage*, extensão ou cobertura espaço-temporal do conteúdo do recurso;
- *Rights*: informações sobre os direitos do recurso e sua utilização.

A2. Instructional Management Systems (IMS)

Segundo o padrão IMS (2009), um OA é estruturado em três partes:

- **Objetivos:** essa parte do objeto tem como intenção demonstrar ao aluno o que ele poderá aprender a partir do estudo desse objeto. Também poderá conter uma lista dos conhecimentos prévios (pré-requisitos) necessários para um bom aproveitamento de todo o conteúdo disponível;
- **Conteúdo instrucional:** é nessa parte que realmente é apresentado todo o material didático e o conteúdo, podendo ser essa apresentação em vários formatos de conteúdo como: texto, imagens, animações, entre outros conteúdos Web. No final desse conteúdo e com os objetivos alcançados, é que o aluno pode finalizar o conteúdo;
- **Prática e *feedback*:** compreende mecanismos que possibilitem que, a cada final de aprendizado, o aluno verifique se o seu desempenho atingiu as expectativas. Caso contrário, o aluno deve ter a liberdade para voltar atrás e utilizar o OA quantas vezes julgar necessário.

A3. ARIADNE

Os metadados do padrão *Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe* (ARIADNE) são agrupados em seis categorias (ARIADNE, 2008):

- **Geral (*General*):** informações gerais que descrevem o OA (*Identifier, Title, Authors, date Language, Institution, Source, Description, Identifier, Version Type, Version Remarks*);
- **Semânticos (*Semantics*):** elementos que descrevem a classificação semântica do OA (*Discipline Type, Discipline, Subdiscipline, Main Concept, Main Concept Synonyms, Other Concepts*);
- **Pedagógicos (*Pedagogical*):** elementos que descrevem as características pedagógicas e educacionais do OA (*End User Type, Document Type, Document Format, Didactical Context, Country, Context, Level, Difficult Level, Interactivity Level, Semantic Density, Pedagogical Duration, Granularity*);
- **Técnicos (*Technical*):** elementos que descrevem os requerimentos técnicos e características do objeto de aprendizagem (*Document Handle, File Media Types, Package Size, Operating System Type, Operating System Version, Other Platform Requirements, Installation Remarks*);
- **Condicionais (*Conditions*):** elementos que descrevem as condições para uso do OA (*Access Rights, Restrictions, Usage Remarks*);
- **Meta-metadados (*Meta-metadata*):** elementos que descrevem informações sobre a própria instância do metadado (*Author, Creation Date, Last Modified Date, Language, Validator, Validation Date*);

- Opcionais (*Annotation*): elementos opcionais que descrevem pessoas ou organizações que fazem anotações sobre os objetos de aprendizagem (*Annotator*, *Creation Date*, *Content*).

A4. Learning Object Metadata (LOM)

Os metadados LOM são agrupados em nove categorias (IEEE, 2007):

- Características Gerais: informações que descrevem características do OA como um todo (*Identifier*, *Title*, *Catalog*, *Entry*, *Language*, *Description*, *Keyword*, *Coverage*, *Structure* e *Aggregation Level*);
- Ciclo de vida: informações relacionadas à história e ao estado corrente do OA e como ele foi afetado durante sua evolução (*Version*, *Status*, *Contribute*, *Role*, *Centity* e *Date*);
- Meta-Metadado: informações que dizem respeito à própria instância do metadado, ao invés do objeto em si (*Identifier*, *Catalog*, *Entry*, *Contribute*, *Role*, *Centity*, *Date*, *Metadata Scheme* e *Language*);
- Técnica: informações relacionadas aos requisitos e características técnicas do OA (*Format*, *Size*, *Location*, *Requirement*, *Type*, *Name*, *Minimum Version*, *Maximum Version*, *Installation Remarks*, *Other Platform Requirements* e *Duration*);
- Educacional: informações relacionadas aos aspectos educacionais e pedagógicos do OA (*Interactivity Type*, *Learning Resource Type*, *Interactivity Level*, *Semantic Density*, *Intended End User Role*, *Context*, *Typical Age Range*, *Difficulty*, *Typical Learning Time*, *Description* e *Language*);
- Direitos: informações relacionadas aos direitos de propriedade intelectual e condições de uso do OA (*Cost*, *Copyright And Other Restrictions*, e *Description*);
- Relação: informações de relacionamentos semânticos entre o OA e outros objetos (*Kind*, *Resource*, *Identifier*, *Description*, *Catalog* e *Entry*);
- Anotação: comentários relacionados com o uso educacional do OA e fornece informações dos autores e datas dos comentários (*Person*, *Description* e *Date*);
- Classificação: descreve o OA relacionando-o com um sistema de classificação pré-definido. Essa categoria pode ser utilizada para fornecer certos tipos de extensões ao LOM (*Purpose*, *Taxon Path*, *Source*, *Taxon*, *Identifier*, *Entry*, *Description* e *Keyword*).

APÊNDICE B: TRANSMISSÃO DA TV DIGITAL MÓVEL

Existem basicamente duas maneiras de fazer a transmissão de TV Digital para dispositivos móveis: em uma delas a transmissão dos sinais de TV Digital é feita dos satélites para torres de TV Digital que em seguida reenviam os sinais para os dispositivos móveis; em outra maneira os satélites enviam os sinais diretamente para os dispositivos móveis (TEXAS, 2007).

O serviço de transmissão de fluxo (*streaming*) de TV através da rede de telefonia celular é o mais familiar dentre os serviços de TV em telefones celulares. Este serviço é similar à transferência de fluxo de vídeo na Internet (TEXAS, 2007).

A transmissão de TV digital para dispositivos móveis apresenta características diferentes da tradicional transmissão para dispositivos fixos, uma vez que celulares e PDAs possuem telas de tamanho reduzido, uma antena pequena e geralmente embutida dentro do aparelho e com uma bateria de tempo de vida reduzida, um dos maiores limitadores da TV digital móvel. Os receptores fixos por sua vez possuem antenas grandes que ficam em telhados, telas grandes e fonte constante de energia.

As aplicações oferecidas pela TV Digital possibilitarão, de maneira interativa, a recepção de notícias e a visualização de programas de TV em PDAs e celulares que poderão vir a ser aparelhos de TV móvel e portátil.

Já para a TV Digital Interativa ser exibida em um dispositivo móvel é necessário que o dispositivo tenha recursos de *software* para a execução das aplicações interativas. Aplicações eletrônicas como *e-Commerce* e *e-Learning* surgem respectivamente como *m-Commerce* e *m-Learning* ligados à TV Digital Interativa.

Essa interatividade pode ser realizada a partir de um navegador (*browser*), de uma transição multimídia ou de um *middleware* instalado no dispositivo.

O navegador ou *browser* é similar a um *browser* de navegação na Web, para computadores pessoais. Um conjunto de elementos padronizados como campos de texto, botões e campos para figuras podem ser usados, customizados e organizados de forma simples em *layouts* pré-definidos. É possível ainda sincronizar o áudio e vídeo com eventos que ocorrem na aplicação;

A transição multimídia consiste em usar certas características do fluxo de dados existente no padrão MPEG-4 para desenvolver aplicações interativas (DUFORD; AVARO; CONCOLATO, 2005). Uma tecnologia que está sendo adotada é a LAsER (*Lightweight Application Scene Representation*). Ela é uma especificação de serviços *Rich Media* voltada para dispositivos móveis,

sistemas embarcados e dispositivos domésticos. Um serviço de *Rich Media* é uma coleção interativa e dinâmica de dados multimídia, como áudio, vídeo, gráficos e texto. Pode ser, por exemplo, um vídeo enriquecido com sobreposição de gráficos vetoriais;

O uso de um *middleware* permite desenvolver aplicações com lógica complexa, com controle total sobre a interação. Este tipo de aplicação pode ser transmitida em conjunto com o fluxo de áudio e vídeo ou baixada pelo canal de retorno. Da mesma forma que os padrões de TV digital terrestre possuem *middlewares*.

APÊNDICE C: ARQUITETURAS DE TV DIGITAL PARA A INTERNET

Ao se relacionar TV e Internet, a TV passa a ser baseada no protocolo IP, o que permite uma imagem de alta definição e vários outros serviços (PATO, 2007). E essa distribuição de canais de TV na Internet é um fenômeno relativamente recente.

Algumas arquiteturas cliente-servidor para distribuição de vídeo na Internet: *Download-and-play*, *Streaming* e *IP Multicast*.

A arquitetura *Download-and-play* possibilita o compartilhamento de arquivos multimídia sob demanda, e normalmente utiliza como base os protocolos *http*, *ftp* ou também redes *Peer-to-peer*. O compartilhamento de arquivos de vídeo é tratado com a mesma simplicidade que um arquivo texto ou imagens, ou seja, não se faz necessário desenvolver técnicas especiais para essas aplicações. O usuário realiza o *download* do arquivo de vídeo e posteriormente abre este arquivo em um aplicativo visualizador de vídeos. Esse processo de *download* do arquivo precisa ser concluído para que seja possível visualizar o vídeo, logo o atraso neste processo varia de acordo com o tamanho do arquivo solicitado e a largura de banda disponível. No momento em que o usuário reproduz o vídeo, ele tem controle completo sobre a reprodução, podendo parar ou pausar a reprodução e retroceder ou avançar até uma determinada parte de acordo com sua vontade.

A arquitetura *Streaming* é parecida com a arquitetura *Download-and-play*, diferenciando na possibilidade de apresentar o vídeo solicitado enquanto o arquivo é recebido, evitando assim a necessidade de efetuar um *download* completo deste arquivo antes de iniciar a sua reprodução. Mas para que isso seja possível, o servidor *Web* envia um meta-arquivo ao navegador do cliente, com informações básicas para a reprodução vídeo. O navegador, após interpretar o conteúdo do meta-arquivo, se encarrega de identificar a aplicação reprodutora repassando para esta a missão de exibir o vídeo enquanto o *download* é realizado. O cliente recebe um vídeo como se estivesse recebendo sinais transmitidos por emissoras de TV em seus televisores, porém, podemos dizer que podem existir interferências devido o arquivo de vídeo ser reproduzido à medida que ele é recebido. Tais interferências podem ser devido ao atraso no recebimento do arquivo. E a reprodução do arquivo já não oferece um controle completo, onde o cliente não pode avançar até uma determinada parte do vídeo, mas em algumas aplicações as funções de pausa e retrocesso podem estar habilitadas.

Na arquitetura *IP Multicast*, os dados só passam por um enlace de comunicação uma única vez e são replicados nos roteadores para os clientes que desejam receber o conteúdo. Esta arquitetura fornece a robustez necessária para prover a escalabilidade que os usuários de serviços multimídia requerem atualmente na Internet. Foi proposta para melhorar a eficiência na comunicação

de um-para-muitos e muitos-para-muitos na Internet. Os principais algoritmos de roteamento da arquitetura IP *Multicast* baseiam-se na construção de árvores de roteamento, que podem ser compartilhadas pelo grupo ou baseadas no servidor de conteúdo de origem. Como exemplo, podemos citar os protocolos DVMRP (WAITZMAN; PARTRIDGE; DEERING, 1988) (*Distance Vector Multicast Routing Protocol*), PIM (DEERING et al., 1996) (*Protocol Independent Multicast*), MOSPF (*Multicast Open Shortest Path First Protocol*), IGMP (CAIN et al., 2002) (*Internet Group Management Protocol*), entre outros.

ANEXO A: NORMAS TÉCNICAS DA ABNT PARA A TVDI NO BRASIL

Fonte: extraído de Franco (2009)

Normas ABNT para TVD, definidas pelo Fórum do Sistema Brasileiro de TVD, criado em 29 junho de 2006, pelo Decreto 5820.

Entre outras atribuições, o Fórum é responsável pelos aspectos técnicos referentes à geração, distribuição e recepção dos sistemas de televisão digital em alta definição (HDTV) e definição padrão (SDTV), bem como questões de mobilidade, portabilidade, serviços de dados e interatividade.

ABNT NBR 15601:2007 - “Televisão digital terrestre — Sistema de Transmissão” (*Digital Terrestrial Television Transmission System*) - 40 páginas

Primeira edição -30.11.2007 -Válida a partir de 01.12.2007 -Versão corrigida 07.04.2008 Televisão digital terrestre

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Transmissão. Modulação. Codificação de canal. OFDM.**

Descriptors: ***Digital terrestrial television. Transmission. Modulation. Channel coding. OFDM.***

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00539-1

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15601_2007Vc_2008.pdf

ABNT NBR 15602-1:2007 “Televisão digital terrestre — Codificação de vídeo, áudio e multiplexação Parte 1: Codificação de vídeo” (*Digital terrestrial television – Video coding, audio coding and Multiplexing Part 1: Video coding*) - 38 páginas

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 07.04.2008

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Codificação de vídeo. MPEG-4. Nível e perfil. Comutação seamless.**

Descriptors: Digital terrestrial television. Video coding. MPEG-4. Profile and level. Seamless switching.

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00540-7

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15602-1_2007Vc_2008.pdf

ABNT NBR 15602-2:2007 “Televisão digital terrestre — Codificação de vídeo, áudio e multiplexação Parte 2: Codificação de áudio” (*Digital terrestrial television –(Video coding, audio coding and multiplexing Part 2: Audio coding)*) - 12 páginas

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 07.04.2008

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Codificação de fonte. AAC. Nível e perfil.**

Descriptors: Digital terrestrial television. Source coding. AAC. Level and profile.

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00560-5

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15602-2_2007Vc_2008.pdf

ABNT NBR 15602-3:2007 “Televisão digital terrestre — Codificação de vídeo, áudio e multiplexação Parte 3: Sistemas de multiplexação de sinais” (*Digital terrestrial television - Video coding, audio coding and multiplexing Part 3: Signal multiplexing systems*) - 17 páginas.

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 07.04.2008
 Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Codificação de fonte. Informação específica de programa. Multiplexação. Descritores.**
 Descriptors: ***Digital terrestrial television. Source coding. Program specific information. Multiplexing. Descriptors.***
 ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00576-6
http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15602-3_2007Vc_2008.pdf

ABNT NBR 15603-1:2007 “Televisão digital terrestre — Multiplexação e serviços de informação (SI) Parte 1: SI do sistema de radiodifusão” (*Digital terrestrial television – Multiplexing and service information (SI) Part 1: SI for digital broadcasting systems*) - 40 páginas.

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 22.08.2008
 Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Multiplexação. Informação de serviço. Informação específica de programa. Descritores.**
 Descriptors: ***Digital terrestrial television. Multiplexing. Service information. Program specific information. Descriptors.***
 ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00577-3
http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15603-1_2007Vc2_2008.pdf

ABNT NBR 15603-2:2007 “Televisão digital terrestre – Multiplexação e serviços de informação (SI) Parte 2: Estrutura de dados e definições da informação básica de SI” (*Digital terrestrial television – Multiplexing and service information (SI) Part 2: Data structure and definition of basic information of SI*) - 129 páginas

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 22.08.2008
 Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Multiplexação. Informação de serviço. Informação específica de programa.**
 Descriptors: ***Digital terrestrial television. Service information. Program specific information. Descriptors.***
 ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00603-9
http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15603-2_2007Vc2_2008.pdf

ABNT NBR 15603-3:2007 “Televisão digital terrestre — Multiplexação e serviços de informação (SI) — Parte 3: Sintaxes e definições de informação estendida do SI” (*Digital terrestrial television – Multiplexing and service information (SI) – Part 3: Syntaxes and definitions of extension information of SI*) - 52 páginas

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 22.08.2008
 Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Multiplexação. Informação de serviço. EPG.**
 Descriptors: ***Digital terrestrial television. Multiplexing. Service information. EPG.***
 ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00602-2
http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15603-3_2007Vc2_2008.pdf

ABNT NBR 15604:2008 “Televisão digital terrestre — Receptores” (*Digital terrestrial television – Receivers*) - 68 páginas

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 07.04.2008
 Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Receptores. Conversor digital. Set-top box. IRD. Unidade receptora. One-seg. Full-seg. Comunicação interativa. Middleware. HDMI. Interfaces de saídas de áudio e vídeo. Interfaces digitais de alta velocidade. Canal virtual. Decodificação de áudio e vídeo. H.264. AAC. Decodificação de dados primários. Configuração do receptor. Nível e perfil.**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Receivers. Digital converter. Set-top box. IRD. Receiver unit. One-seg. Full-seg. Interactive communication. Middleware. HDMI. Audio and video output interface. High speed digital interface. Virtual channel. Audio and video decoder. H.264. AAC. Primary data decoder. Receiver configuration. Level and profile.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00578-0

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15604_2007Vc_2008.pdf

ABNT NBR 15605-1:2008 “Televisão digital terrestre — Tópicos de Segurança Parte 1: Controle de cópias” (Digital terrestrial television – Security issues Part 1: Copy control) - 18 páginas

Primeira edição 03.10.2008 Válida a partir de 03.11.2008

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Direito autoral. Direitos digitais. Proteção da interface. HDCP. DTCP.**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Copyright. Digital rights. Interface protection. HDCP.DTCP.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-01041-8

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15605-1_2008Ed1.pdf

ABNT NBR 15605-2:2008 “Televisão digital terrestre — Tópicos de Segurança Parte 2: Mecanismos de segurança para aplicativos” (Digital terrestrial television – Security issues Part 2:)

xx páginas ***** em elaboração *****

<http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1280X960>

ABNT NBR 15606-1:2007 “Televisão digital terrestre — Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 1: Codificação de dados” (Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification for digital broadcasting Parte1: Data coding specification) - 24 páginas

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 NORMA BRASILEIRA Versão corrigida 07.04.2008

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Radiodifusão digital. Codificação de dados.**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Digital broadcasting. Data coding.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00601-5

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15606-1_2007Vc_2008.pdf

ABNT NBR 15606-2:2007 “Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 2: Ginga-NCL para receptores fixos e móveis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações” (Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification for digital broadcasting – Part 2: Ginga-NCL for fixed and mobile receivers – XML application language for application coding Palavras-chave: Televisão digital terrestre. Middleware. Ginga. NCL) - 299 páginas

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 2 22.08.2008

Palavras-chave: **Receptores fixos e móveis. Perfil Full-seg.**

Descriptors: **Terrestrial digital television. Middleware. Ginga. NCL. Mobile and fixed receivers. Full-seg profile.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00583-4

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15606-2_2007Vc2_2008.pdf

ABNT NBR 15606-3:2007 “Televisão digital terrestre – Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 3: Especificação de transmissão de Dados” (Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification for digital broadcasting Part 3: Data transmission specification) - 81 páginas

Primeira edição 30.11.2007 Válida a partir de 01.12.2007 Versão corrigida 2 22.08.2008
 Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Radiodifusão digital. Transmissão de dados.**
 Descriptors: **Digital terrestrial television. Digital broadcasting. Data transmission.**
 ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00604-6
http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15606-3_2007Vc2_2008.pdf

ABNT NBR 15606-4:2008 “Televisão digital terrestre — Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital

Parte 4: Ginga-J – Ambientes para a execução de aplicações procedurais” (*Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification for digital broadcasting - Part 5: Ginga-J*)

***** em elaboração *****

<http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1280X960>

ABNT NBR 15606-5:2008 “Televisão digital terrestre — Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital Parte 5: Ginga-NCL para receptores portáteis – Linguagem de aplicação XML para codificação de aplicações” (*Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification for digital broadcasting Part 5: Ginga-NCL for portable receivers – XML application language for application coding*) - 106 páginas

Primeira edição 05.03.2008 Válida a partir de 05.04.2008 Versão corrigida 22.08.2008
 Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Middleware. Ginga. NCL. Receptores portáteis. Perfil one-seg**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Middleware. Ginga. NCL. Portable receivers. One-seg profile.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00536-0

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15606-5_2008Vc_2008.pdf

ABNT NBR 15607-1:2008 “Televisão digital terrestre – Canal de interatividade Parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software” (*Digital terrestrial television – Interactive channel Part 1: Protocols, physical interfaces and software interfaces*) - 20 páginas

Primeira edição 05.03.2008 Válida a partir de 05.04.2008

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Interatividade. Canal de interatividade. Protocolos e interfaces.**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Interactive. Return channel. Protocols and interfaces.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00537-7

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15607-1_2008Ed1.pdf

ABNT NBR15607-2:2008 “Televisão digital terrestre – Canal de interatividade Parte 2: Dispositivos Externos” (*Digital terrestrial television – Interactive channel Part 2*)

****em elaboração ****

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Interatividade. Canal de interatividade. Protocolos e interfaces.**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Interactive.**

<http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1280X960>

ABNT NBR15607-3: 2008 “Televisão digital terrestre – Canal de interatividade Parte 3: Interface de configuração para as tecnologias de acesso” (*Digital terrestrial television – Interactive channel Part 3*)

****em elaboração ****

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Interatividade. Canal de interatividade. Protocolos e interfaces.**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Interactive.**
<http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1280X960>

ABNT NBR 15608-1:2008 “Televisão digital terrestre — Guia de operação Parte 1: Sistema de transmissão – Guia para implementação da ABNT NBR 15601:2007” (*Digital terrestrial television – Operational guideline Part 1: Transmission system – Guideline for ABNT NBR 15601:2007 implementation*) - 64 páginas

Primeira edição 22.08.2008 Válida a partir de 22.08.2008

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Transmissão. Modulação. Codificação de canal. OFDM.**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Transmission. Modulation. Channel coding. OFDM.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00924-5

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15608-1_2008Ed1.pdf

ABNT NBR 15608-2:2008 “Televisão digital terrestre — Guia de operação Parte 2: Codificação de vídeo, áudio e multiplexação – Guia para implementação da ABNT NBR 15602:2007” (*Digital terrestrial television – Operational guideline Part 2: Video coding, audio coding and multiplexing – Guideline for ABNT NBR 15602:2007 implementation*) - 27 páginas

Primeira edição 22.08.2008 Válida a partir de 22.09.2008

Palavras-chave: **MPEG-4. H.264. AVC. AAC. Perfil@nível. Home theater. Codificação.**

Descriptors: **MPEG-4. H.264. AVC. AAC. Profile@level. Home theater. Encoding.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00925-2

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15608-2_2008Ed1.pdf

ABNT NBR 15608-3:2008 “Televisão digital terrestre — Guia de operação Parte 3: Multiplexação e serviço de informação (SI) – Guia para implementação da ABNT NBR 15603:2007” (*Digital terrestrial television – Operational guideline Part 3: Multiplexing and service information (SI) – Guideline for ABNT NBR 15603:2007 implementation*) - 85 páginas

Primeira edição 22.08.2008 Válida a partir de 22.09.2008

Palavras-chave: **Televisão digital terrestre. Multiplexação. Informação de serviço. Informação específica de programa. Descritores.**

Descriptors: **Digital terrestrial television. Multiplexing. Service information. Program specific information. Descriptors.**

ICS 33.160.01 - ISBN 978-85-07-00931-3

http://www.abnt.org.br/tvdigital/norma_bra/ABNTNBR15608-3_2008Ed1.pdf

ABNT NBR 15608-4:2008 “Televisão digital terrestre — Guia de operação Parte 4: Codificação dos dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital – Guia para implementação da ABNT NBR 15606:2007” (*Digital terrestrial television – Operational guideline Part 4*)

***em elaboração ***

<http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1280X960>

ABNT NBR 15609:2008 “Suíte de Testes”

***em elaboração ***

<http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1280X960>

ABNT NBR 15610:2008 “Ensaaios para receptores”

***em elaboração ***

<http://www.abnt.org.br/default.asp?resolucao=1280X960>

Autorizo a reprodução xerográfica para fins de pesquisa.

São José do Rio Preto, 31 / 08 / 2009

Assinatura