
Uma Arquitetura para Integrar Ambientes Educacionais na Web com Sistemas em T-Learning

Douglas V´eras¹, Marlos Silva¹, Pedro Bispo¹, Lucas M. Braz¹,
Ig Ibert Bittencourt¹, Evandro Costa¹

¹Instituto de Computação – Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Campus A. C. Simões, BR 104 - Norte, Km 97, C. Universitária, Maceió, AL – Brasil

{douglassverass,marlos.tacio,pedrobssantos,lukas.braz,ig.ibert}@gmail.com

Abstract. *The area of distance education has grown a lot lately in the world, due to the great interest that governments have to increase the educational level of its inhabitants. In addition, the Internet has helped to improve the educational environment by bringing more dynamic and interactive. However, there is also a new form of interaction with the concept of TV-based learning (t-learning), which will make a simple viewer in a student through interactive television. This article aims to investigate the integration of digital TV technologies and e-learning through interoperability services provided by a framework for building interactive learning environments on the Web.*

Resumo. *A rea de educação a distância tem crescido bastante ultimamente no mundo, devido ao grande interesse que os governos dos países tem em aumentar o grau de educação de seus habitantes. Paralelamente, a Internet tem contribuído para melhorar os ambientes educacionais trazendo mais dinâmica e interatividade. Entretanto, surge também uma nova forma de interação com o conceito de aprendizagem baseada na TV (t-learning), que tornar um simples telespectador em um estudante através da televisão interativa. Este artigo tem por objetivo investigar a integração entre a TV Digital e tecnologias de e-learning através da interoperabilidade provida pelos servios de um framework para construção de ambientes interativos de aprendizagem na Web.*

1. Introdução

A rea de educação a distância (EAD) tem crescido bastante ultimamente no mundo, devido ao grande interesse que os governos dos países tem em aumentar o grau de educação de seus habitantes, a fim de gerar uma maior capacitação e melhorar a qualidade de vida destes. Além disso, através da EAD, consegue-se prover ensino a uma maior quantidade de pessoas, inclusive para aquelas que vivem em regiões muitas vezes inacessíveis pela educação tradicional como também para as que não tem tempo para se deslocar a uma instituição de ensino. Segundo [Alexandre Nobeschi 2005] três milhões de pessoas participam de programas de ensino a distância no Brasil, efetuando estudos de ensino básico, profissionalizante, graduação e ps-graduação. Entretanto, existem muitos desafios a serem superados nesta área, como o que foi discutido em [de Leon F. de Carvalho et al. 2006] onde se destaca o “Acesso Participativo e Universal do Cidadão Brasileiro ao Conhecimento”, cuja discussão se refere à utilização de

tecnologias para garantir que os cidadãos tenham acesso ao conhecimento de forma personalizada e participativa, dando destaque a problemas como a diversidade populacional e as diferentes necessidades de cada cidadão.

Avanços tecnológicos na educação tem recebido a atenção de vários pesquisadores durante os últimos anos. A Internet tem contribuído para melhorar os ambientes educacionais trazendo mais dinâmica e interatividade. Esses ambientes (*e-learning*) proveem ferramentas que permitem professores e estudantes explorar a Web de forma a compartilhar conhecimento. Pesquisadores tem explorado algumas áreas a fim de que ambientes em *e-learning* se tornem ainda mais eficazes, tais como: sistemas tutores inteligentes, sistemas especialistas, hipertexto e multimídia, sistemas baseados na Web, entre outras. Essa última área ainda poderá receber muitos aprimoramentos através da Web Semântica [W3C 2009] em conjunto com a Inteligência Artificial, como o ensino personalizado e guiado por agentes de *software* compartilhados na Web de forma que possam ser “entendidos” também por máquinas [Bittencourt et al. 2009], o que facilita a busca e o acesso a conteúdos educacionais por tais ambientes.

Em meio a estes avanços surge uma nova tecnologia, a TV Digital Interativa (TVDI), que poderá mudar completamente o cotidiano dos usuários da televisão convencional no Brasil, pois através desta tecnologia o usuário comum, através de aplicativos ou programas de computador residentes no aparelho televisor (*set-up box*¹), poderá: interagir com outros usuários; utilizar sistemas de *t-commerce*, *t-learning*, etc.; personalizar a programação proveniente de emissoras; acessar a Internet; entre outras. Nesta nova forma de interação surge também o conceito de aprendizagem interativa baseada na TV (*t-learning*), que tornará um simples telespectador em um estudante através da televisão interativa, podendo além de ter acesso apenas a vídeos com materiais de ensino, responder perguntas, resolver problemas, interagir com outros estudantes através de fóruns, etc.

A televisão é um dos mais importantes meios de comunicação no Brasil, uma vez que ela está presente em mais de 94% dos domicílios brasileiros [IBGE 2007], e sempre teve um forte papel integrador, sendo um agente de cultura e entretenimento. Em algumas localidades, esse é o único meio de comunicação existente, desta forma, a TV Digital poderá ser fonte principal da inclusão digital no país, além de ser um meio de difundir educação para um maior número de pessoas, pois o usuário de TV deixa de ser um mero telespectador (receptor de informação) para se tornar um contribuidor (provedor de informação). Contudo, o Brasil está apenas começando o processo de transição da TV analógica para a digital, embora tenham ocorrido muitos avanços no desenvolvimento da TV Digital em termos de criação de um sistema de televisão interativo nacional (baseado no modelo japonês), o SBTVD [CPqD 2006], e de tecnologias que permitam o desenvolvimento de aplicativos, de forma mais rápida e fácil, como o GINGA [GINGA 2009].

Todavia, propõe-se neste artigo uma arquitetura para evidenciar a integração entre a TV Digital e tecnologias de *e-learning* através da interoperabilidade provida pelos serviços de um framework para construção de ambientes interativos de aprendizagem na Web, o MASSAYO-F [Bittencourt et al. 2009], em conjunto com a API provida pela Java TV [JAVATV 2009], a fim de unir as vantagens proporcionadas tanto pela *e-learning*

¹Set-top Box (STB) ou conversor é um termo que descreve um equipamento que se conecta a um televisor e a uma fonte externa de sinal, e transforma este sinal em conteúdo no formato que possa ser apresentado em uma tela.

quanto pela *t-learning* em um único ambiente de ensino integrado.

O artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2, são descritas algumas tecnologias presentes na TV Digital que estarão embutidas na arquitetura proposta, além do *framework* MASSAYO-F. A descrição da arquitetura proposta poderá ser encontrada na Seção 3. Um cenário ilustrativo, mostrando a utilização da arquitetura, pode ser encontrado na Seção 4. Os trabalhos relacionados são apresentados na Seção 5. Finalmente, trabalhos futuros e conclusões são apresentados na Seção 6.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta os principais conceitos e tecnologias relacionadas à arquitetura proposta.

2.1. TV Digital

Dentre todas as possibilidades que a TV Digital oferece, a mais interessante combinada com um canal de retorno é a possibilidade de criar serviços interativos como *chat* entre usuários, fóruns de discussão, questionários, enfim, várias possibilidades que estão também presentes em ambientes de *e-learning*. Além disso, temos em ambientes de *t-learning* uma maior facilidade na transmissão e exibição de mídias como, por exemplo, vídeos educativos ao usuários. Isso tudo se deve ao desenvolvimento de sistemas para TVDI, incluindo as tecnologias que as compõem. O sistema brasileiro de TV Digital (SBTVD) é baseado nas tecnologias descritas nas subseções a seguir, mas não se limita a somente estas.

2.2. GINGA

Ginga [GINGA 2009] é a camada de *software* intermediária (*middleware*) que permite o desenvolvimento de aplicações interativas para a TV Digital do SBTVD de forma independente da plataforma de *hardware* dos fabricantes de terminais de acesso (*Set-Top Boxes*). O Ginga pode ser dividido em quatro subsistemas dos quais apenas dois serão descritos, pois são utilizados diretamente na implementação de um sistema de TVDI:

- **GINGA-NCL** - desenvolvido para prover uma infra-estrutura de apresentação de aplicações baseadas em documentos hipermídia escritos em linguagem NCL (Nested Context Language), com facilidades para a especificação de aspectos de interatividade, sincronismo espaço-temporal de objetos de mídia, adaptabilidade e suporte a múltiplos dispositivos. Em conjunto com a linguagem NCL, pode-se fazer uso também da linguagem Lua e XHTML;
- **GINGA-J** - visa prover uma infra-estrutura de execução de aplicações baseadas em linguagem Java. O Ginga-J é uma plataforma que utiliza outras APIs para o processamento de classes compiladas. Estas, são consideradas como componentes e cada uma é definida para um tipo de serviço, como por exemplo a API Java TV para acesso a arquivos de mídia armazenados no *set-up box*.

2.3. Java TV

Trata-se de uma API que estende a plataforma Java e foi desenvolvida pela Sun Microsystems² para prover acesso e funcionalidades num receptor de televisão digital. Tais funcionalidades incluem:

²<http://www.sun.com/>

-
- fluxo de áudio e vídeo;
 - acesso condicional;
 - acesso aos dados nos canais de transmissão;
 - acesso aos dados do SI (Service Information);
 - controle do sintonizador de canais;
 - sincronização da mídia, para permitir que conteúdo interativo seja sincronizado com o vídeo e o áudio do programa;
 - gerenciamento do ciclo de vida das aplicações, que vai permitir que as aplicações coexistam com conteúdo televisivo como vídeo-aulas, por exemplo;
 - canal de retorno (acesso a Internet); entre outras.

2.4. Xlets

O conceito de Xlet [JAVATV 2009] foi introduzido pela Sun através da API Java TV e foi adotado por vários padrões de *middleware*. Uma Xlet em um ambiente de televisão interativa equivale a um *applet* Java em um *browser* para PC. Assim como o *applet*, que é carregado pelo *browser* através da Internet quando o usuário acessa determinado endereço, o Xlet é difundido em uma seqüência de transporte MPEG-2 e carregado pelo *set-top box* quando o telespectador seleciona determinado serviço (ou canal).

2.5. IPTV

IPTV [Held 2006] é, basicamente, uma tecnologia para entrega de serviços de televisão digital e outras mídias por meio de uma conexão banda larga. Através dela podemos obter qualidade de serviço e garantir a entrega completa dos recursos educacionais, tais como vídeo-aulas, conteúdo em texto (problemas, exercícios, resoluções, etc.), entre outros. Assim, torna-se importante o uso dessa tecnologia para um ambiente em *t-learning*, uma vez que perdas de informações podem atrasar o processo de aprendizagem ou até mesmo inviabilizá-lo. Além disso, a IPTV permite a personalização do que se está assistindo, bem como a configuração de perfis de clientes, sendo que para cada um, pode-se estabelecer uma programação diferente tanto de filmes e canais, quanto de aplicativos. Por fim, esta tecnologia permite o tráfego em mão dupla de informações em qualquer dispositivo capaz de codificar/decodificar datagramas IP, permitindo a interação entre o estudante e o sistema tutor, por exemplo.

2.6. MASSAYO-F

O MASSAYO-F [Bittencourt et al. 2009] é uma plataforma para desenvolvimento de ambientes interativos de aprendizagem que utiliza recursos tanto de Engenharia de Software quanto de Inteligência Artificial para dar suporte a construção de ambientes baseados em três papéis fundamentais: estudante, professor e autor. Seus principais objetivos são:

- permitir a rápida construção de sistemas tutores inteligentes;
- permitir adaptatividade de acordo com as necessidades do usuário;
- fazer uso de agentes tutores autônomos de forma a guiar o estudante no processo de aprendizagem;
- disponibilizar serviços semânticos a fim de que possam ser utilizados por agentes e descobertos via Web. Dentre outros serviços disponíveis, tem-se: *chat*, fóruns, exibição de conteúdo, exemplos, resolução de problemas.

Enfim, é a partir do *framework* que todo o processo de ensino-aprendizagem será realizado. A figura 1 mostra a arquitetura (descrição completa em [Bittencourt 2009]) baseada em agentes e serviços presente no *framework*. Estes serviços poderão ser invocados através de aplicativos utilizando a API do Java TV, a fim de suprir determinado objetivo educacional. Estes aplicativos estarão na camada superior fazendo requisições ao Service Manager, através da Fachada, a fim de obter os serviços desejados, como o próximo conteúdo a ser visto pelo estudante de acordo com seu nível de conhecimento, por exemplo.

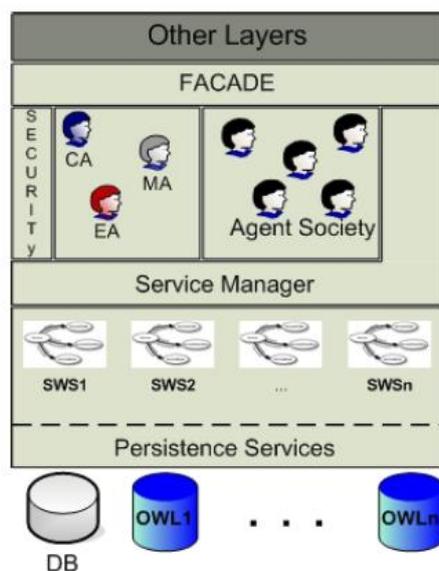


Figura 1. Arquitetura do ForBILE baseada em Agentes e Serviços. [Bittencourt et al. 2009]

3. Arquitetura Proposta

Nesta seção é descrita a arquitetura básica (vide figura 2) para um ambiente de *t-learning* baseado em um sistema de *e-learning* construído a partir do *framework* MASSAYO-F descrito na seção anterior.

Esta arquitetura está baseada em camadas, algumas delas provenientes do *framework*, com distinção entre as partes cliente e servidor do sistema educacional. Nessa mesma figura 2 temos que as duas camadas em azul (Interface Tv e Aplicações Java Tv), descritas posteriormente em subseções, são responsáveis pela execução de programas residentes no lado cliente, ou seja, em um *set-up box*, dispositivo móvel com IPTV, etc., enquanto que as camadas inferiores fazem parte do lado servidor do ambiente, um servidor Web, por exemplo. Para a comunicação entre cliente e servidor é utilizado o protocolo IPTV conforme discutido anteriormente, a fim de obter qualidade de serviço (QoS) e atingir um maior número de dispositivos que possam servir como ferramenta de ensino. Abaixo são descritas, de forma *top-down*, cada uma das camadas presentes na arquitetura:

- **Infra-Estrutura** - esta camada basicamente é responsável pela persistência, em ontologias, dos dados resultantes da interação do aluno com o sistema, além das informações presentes no modelo de domínio e do estudante;

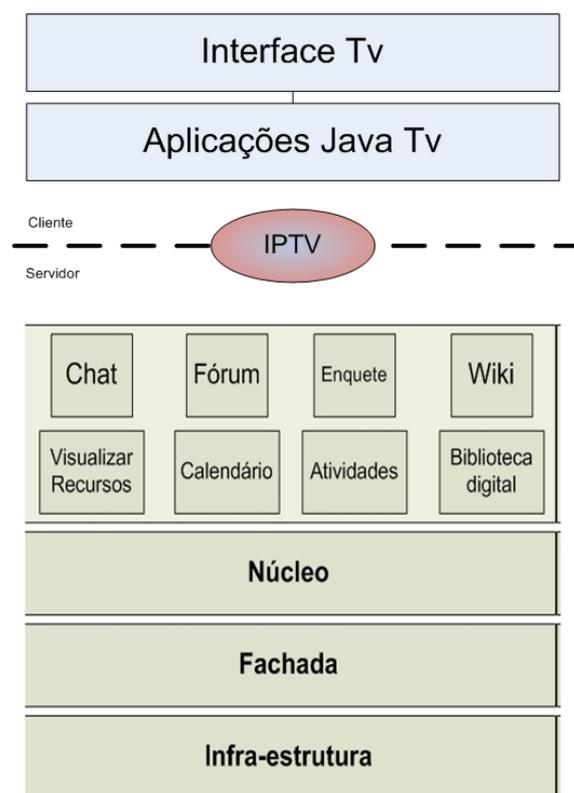


Figura 2. Arquitetura proposta baseada em Camadas.

- **Fachada** - é a camada intermediária entre a Infra e o Núcleo onde se encontram serviços (Web Services) de persistência que podem ser invocados remotamente, ou localmente pelos agentes que necessitem recuperar algum conteúdo educacional;
- **Núcleo** - este módulo possui os requisitos presentes no tutor, como recomendação, gerenciamento de atividades, resolução de problemas, dentre outros descritos em [Bittencourt 2009]. Adicionalmente, esta é a camada principal do *framework* responsável por toda a interação entre os agentes para suprir um determinado fim educacional;
- **Ferramentas** - dentre as ferramentas e serviços comuns a qualquer ambiente de *e-learning*, o modelo disponibiliza as ferramentas de *chat*, fórum, calendário, enquete, *wiki*, biblioteca digital, atividades, visualização de recursos e os serviços de mapeamento de nível. Além disso, o modelo disponibiliza o módulo de resolução de problemas e explicação para todos os tipos de problemas, exceto os problemas abertos;
- **Aplicações Java Tv** - na camada de Aplicações estão as classes, criadas através da API Java TV, que capturam as interações entre o usuário e interface, bem com as classes que fazem o acesso remoto ao servidor a fim de obter as ferramentas e serviços. Além disso, as classes presentes nessa camada serão responsáveis por fazer a persistência dos dados das interações no *set-up box*, bem como o armazenamento (através dos pacotes `javax.tv.media.protocol` e `javax.tv.locator`) de conteúdo de áudio e vídeo educacionais. O acesso ao servidor Web remoto pode ser feito através de classes e métodos presentes no pacote `javax.tv.net` que permitem uma interação do sistema executando no *set-up box* com um serviço disponível pela

Web. Através das classes de protocolo se pode capturar a interação do usuário com o sistema da TV, em seguida o conteúdo desta interação será encapsulado através de datagramas IP, pela classe `InetAddress` (`javax.tv.net`), e será enviado como resposta ao servidor, que retornará as informações a serem apresentadas nas classes da camada de Interface, como uma resolução de um problema, por exemplo. É nesta camada, também, que o acesso aos Web Services é feito, através do Service Manager, mostrado na arquitetura do MASSAYO-F, na seção anterior.

- **Interface** - esta camada é responsável por exibir ao estudante o conteúdo, proveniente do servidor, correspondente ao seu objetivo educacional indicado de acordo com seu nível de conhecimento. Para isso, existem dois Xlets principais: um para a exibição de vídeo-aula, por exemplo, cuja fonte pode estar no servidor, na Web ou no próprio STB; e outro para exibição de conteúdo adicional ao vídeo ou uma ferramenta de apoio, que pode ser um artigo em pdf, um *chat*, fórum, resolução de um problema, etc. Para ambos, é utilizada a tecnologia do Java Media Framework (JMF) para suporte a dados em MPEG-2. A fim de fácil adaptação da interface ao dispositivo em que o sistema irá executar faz-se uso da linguagem declarativa NCL, além de XHTML, para determinados dispositivos móveis. Isto visa uma melhor usabilidade ao usuário do sistema de *t-learning*.

Podemos ver na figura 3 uma arquitetura básica presente em um sistema de TV Digital com *set-up box*, que seria a parte cliente de uma aplicação em *t-learning* baseada na arquitetura descrita anteriormente. Desta forma, percebe-se que esta arquitetura é comum a maioria das aplicações em TVDI que possuam um aparelho conversor (STB) no Brasil, onde o SBTVD define como norma o uso do *middleware* GINGA. Assim, temos a compatibilidade do Java TV e linguagens declarativas, presentes nas camadas da arquitetura anterior, com os subsistemas do GINGA-J e GINGA-NCL, respectivamente.

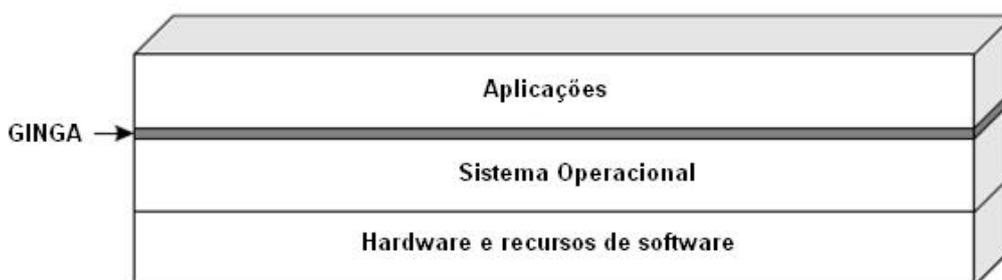


Figura 3. Arquitetura de um sistema típico de TV Digital com set-up box.

4. Cenário Ilustrativo

Esta seção apresenta um cenário ilustrativo a fim de demonstrar a utilização da arquitetura proposta, servindo de base para implementações de ambientes em *t-learning*. Nesse cenário, ilustram-se quais aspectos da arquitetura devem ser levados em consideração na construção destes ambientes. Entretanto, sua construção não é uma tarefa fácil e compreende outros aspectos além de implementações a partir da arquitetura, como criação do modelo de domínio, onde um especialista na área de criação do curso a ser disponibilizado, por exemplo, ensino de fração, que será utilizado nesta ilustração.

Em relação ao desenvolvimento da parte cliente da aplicação, devem ser criados arquivos, em XHTML, NCL, ou outra linguagem declarativa, para cada tipo de dispositivo (*set-up box*, Mobile TV, etc.) que exibirá a interface de interação com o aluno. Isto dependerá de como o desenvolvedor irá projetar sua interface levando em conta questões de *layout*, usabilidade, etc., neste cenário se deve atentar para a usabilidade em termos de facilidades para o estudante responder questões relativas a frações. Ainda se tratando de interface, deve-se criar um Xlet, pela API Java TV, comum a qualquer aplicação em TV Digital, o de reprodução de vídeos, porém que também esteja apto a exibir recursos remotos, como vídeo-aulas sobre fração disponíveis na Web. Outro Xlet necessário à interface é o de captar as informações (e.g., resolução de problemas, definição de conceitos, tabelas com regras básicas sobre frações, etc.) contidas no servidor Web com o sistema de *e-learning* em atividade, a fim de exibí-las de acordo com o nível do estudante, mapeado no próprio sistema, e seu objetivo educacional, resultado de interações com a interface. Ainda na parte cliente, devem-se ter implementações, na camada inferior a Interface, responsáveis pelo acesso a Web Services, especificamente ao Service Manager presente no servidor. Além disso, implementações comuns a qualquer sistema de *t-learning* serão necessárias, como persistência de vídeos, informações sobre o usuário, entre outras, para que sejam enviadas posteriormente ao servidor.

A parte servidor é em grande parte aproveitada do MASSAYO-F, onde se encontram os agentes de *software* responsáveis pelo: tutoramento do estudante, recomendação de outros estudantes ou tutores, etc.. Além disso, é no servidor que estão disponíveis as informações, representadas e salvas em ontologias, que serão enviadas ao cliente, de acordo com as interações do usuário. Contudo, o acesso pelo cliente de todas essas informações, serviços e ferramentas de aprendizagem, se deve ao Service Manager presente também no sistema criado a partir do *framework*. A fim de que haja a interação entre cliente e servidor é necessário a criação do curso de fração representado em ontologias, o que pode ser feito no módulo de autoria do MASSAYO [Bittencourt 2009], tendo em vista também a disposição dos recursos audio-visuais a serem enviados, através da URI da mídia como resposta ao cliente, além da adição, via ontologia, de conteúdos em hipertexto, conceitos, exercícios e explicações, que podem estar no próprio servidor ou na Web.

5. Trabalhos Relacionados

Atualmente, existem muitos exemplos de como a TV digital interativa está sendo utilizada para fins educacionais, embora existam poucos se comparado com a quantidade encontrada na Web. Em [da Rocha; Luís Meloni 2005] destacam-se as potencialidades que aplicativos de TV Digital Interativa podem apresentar quando desenvolvidos para educação. Nele, são apresentados trabalhos que foram desenvolvidos para auxiliar tanto professores quanto alunos que utilizem a TVD em programas de EAD.

Para desenvolvimento de aplicações em *t-learning* existe um *framework* chamado ATLAS ("Architecture for T-Learning interActive Services") introduzido em [Pazos-Arias et al. 2008] e sua avaliação frente aos ambientes de *e-learning* no que diz respeito a aprendizagem do estudante. Porém, esse tipo de abordagem faz com que sejam criados ambientes educacionais tradicionais, assim não se pode obter todas as vantagens que um ambiente de *e-learning* pode proporcionar juntamente com o ambiente de *t-learning*, como personalização do conhecimento e compartilhamento de

informações/conteúdo em uma maior rede de usuários. Isto poderia ser feito utilizando uma abordagem através da Web Semântica e adaptabilidade provida pela IA (técnicas de Hipermídia Adaptativa), como acontece no MASSAYO-F.

Em [Díaz Redondo et al. 2008] é mostrada uma arquitetura para um ferramenta de autoria, que permite ao especialista prover conteúdos pedagógicos aos estudantes, além de um sistema tutor inteligente residente no receptor de TV, que possui o conteúdo interativo e as preferências do usuário. Nesta abordagem, utiliza-se também ontologias baseadas no SCORM (Sharable Content Object Reference Model [ADL 2004]) para modelagem do modelo pedagógico, estas também presentes em ambientes de educação na Web. Entretanto, a complexidade de um ambiente de aprendizagem não está somente no modelo pedagógico, são necessárias ontologias que representem o domínio a ser aprendido e o modelo do usuário, a fim de as informações possam ser compartilhadas com outros ambientes de *e-learning* de forma mais eficiente.

Uma metodologia que visa interoperar aplicações em *e-learning* e TV Digital através de integração de ontologias SCORM com TV-Anytime [TV-ANYTIME 2009] é apresentada em [Frantzi et al. 2004]. A metodologia é proposta para facilitar o reúso na construção de novos ambientes em *t-learning* através do mapeamento entre as ontologias e os meta-dados de uma aplicação em TV-Anytime. Entretanto, embora a tarefa de construção de um novo ambiente seja facilitada por essa metodologia, que consegue interoperar ambientes Web e de TV, ainda se tem a grande complexidade na implementação de um ambiente de *t-learning*, especialmente se os ambientes que estiverem interoperando possuem diferentes infra-estruturas³. Esta dificuldade de implementação poderia ser amenizada fazendo uso de Web Services, o que é provido pelo *framework* MASSAYO-F.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Neste artigo evidenciamos, através da arquitetura proposta, a possibilidade de compatibilizar sistemas interativos de aprendizagem presentes em *e-learning* (MASSAYO-F) com aplicações em TV digital a fim de facilitar o desenvolvimento de ambientes de *t-learning* através de tecnologias como Java TV e Web Services. Assim, é possível interoperar tais ambientes e facilitar a especificação na construção de sistemas de educacionais para TVDI baseados nesta arquitetura. Além disso, ela também está em conformidade com as especificações da norma brasileira definida pelo ABNT para um SBTVD. Desta forma, espera-se prover ensino a uma maior quantidade de pessoas e compartilhar conhecimento entre usuários tanto da nova TV como para usuários de dispositivos móveis com acesso a Internet, uma vez que é utilizado o protocolo IPTV.

Trabalhos futuros irão ser focados na construção de uma ambiente baseado nesta arquitetura a fim de evidenciar ainda mais a utilização desta como base na especificação para um ambiente de *t-learning*. Assim, teremos o desenvolvimento de interfaces, tendo em mente a usabilidade do usuário, e de aplicações que possam ser executadas no *set-up box*, onde ficaria o lado cliente do sistema, que farão acesso ao ambiente de *e-learning* (MASSAYO-F). Por fim, visando uma melhor performance do sistema interativo de aprendizagem que utilize este ambiente, deve-se evitar um grande número de acesso

³Sistemas que possuam diferentes sistemas operacionais, aplicações em diferentes linguagens de programação, protocolos de comunicação diferentes sobre a rede, enfim, plataformas distintas

remoto, que pode ser amenizado com persistência de recursos não somente de vídeo no próprio aparelho.

Referências

- ADL (2004). Sharable content object reference model (scorm).
- Alexandre Nobeschi, S. H. (2005). Educação a distância exige disciplina.
- Bittencourt, I. I. (2009). *Modelos e Ferramentas para a Construção de Sistemas Educacionais Adaptativos e Semânticos*. PhD thesis, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).
- Bittencourt, I. I., Costa, E., Silva, M., and Soares, E. (2009). A computational model for developing semantic web-based educational systems. *Knowledge-Based System*, 22(4):302–315.
- CPqD (2006). Modelo de referência - sistema brasileiro de televisão digital terrestre. Technical report, FUNTTEL.
- da Rocha; Luís Meloni, D. S. M. (2005). Ferramentas de apoio ao ensino a distância via tv digital interativa. In *Taller Internacional de Software Educativo*.
- Díaz Redondo, R. P., Fernandez Vilas, A., Rey Lopez, M., Pazos Arias, J. J., Gil Solla, A., and Blanco Fernandez, Y. (2008). t-maestro: Personalized learning for idtv. In *12th Annual IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE)*. IEEE Computer Society Press.
- de Leon F. de Carvalho et al. (2006). Grandes desafios da pesquisa em computação no brasil - 2006 - 2016. Technical report, Sociedade Brasileira de Computação.
- Frantzi, M., Moumoutzis, N., and Christodoulakis, S. (2004). A methodology for the integration of scorm with tv-anytime for achieving interoperable digital tv and e-learning applications. *Advanced Learning Technologies, IEEE International Conference on*, 0:636–638.
- GINGA (2009). Disponível em <http://www.ginga.org.br/>, último acesso em 25 de agosto de 2009.
- Held, G. (2006). *Understanding IPTV (Informa Telecoms & Media)*. Auerbach Publications, Boston, MA, USA.
- IBGE (2007). Pesquisa nacional por amostra de domicílios.
- JAVATV (2009). Disponível em <http://java.sun.com/products/javatv/index.jsp>, último acesso em 25 de agosto de 2009.
- Pazos-Arias, J. J., López-Nores, M., García-Duque, J., Díaz-Redondo, R. P., Blanco-Fernández, Y., Ramos-Cabrer, M., Gil-Solla, A., and Fernández-Vilas, A. (2008). Provision of distance learning services over interactive digital tv with mhp. *Comput. Educ.*, 50(3):927–949.
- TV-ANYTIME (2009). Disponível em <http://www.tv-anytime.org/>, último acesso em 25 de agosto de 2009.
- W3C (2009). Disponível em <http://www.w3.org/2001/sw/>, último acesso em 25 de agosto de 2009.