

JOMAR ALBERTO ANDREATA

**InteraTV: Um Portal para Aplicações Colaborativas
em TV Digital Interativa Utilizando a Plataforma
MHP**

Florianópolis

2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**InteraTV: Um Portal para Aplicações Colaborativas
em TV Digital Interativa Utilizando a Plataforma
MHP**

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

JOMAR ALBERTO ANDREATA

Florianópolis, Fevereiro de 2006

InteraTV: Um Portal para Aplicações Colaborativas em TV Digital Interativa Utilizando a Plataforma MHP

Jomar Alberto Andreata

“Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em *Automação e Sistemas*, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina”.

Prof. Carlos Barros Montez, Dr.

Orientador

Prof. Nelson Sadowski, Dr.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

Prof. Carlos Barros Montez, Dr.

Presidente

Prof. Evandro Cantu, Dr.

Prof. Jean Marie Farines, Dr.

Prof. Frank Augusto Siqueira, Dr.

Queremos saber, o que vão fazer
Com as novas invenções
Queremos notícia mais séria
Sobre a descoberta da antimatéria
E suas implicações
Na emancipação do homem
Das grandes populações
Homens pobres da cidade
Das estepes, dos sertões

Queremos saber, quando vamos ter
Raio laser mais barato
Queremos, de fato, um relato
Retrato mais sério do mistério da luz
Luz do disco voador
Para a iluminação do homem
Tão carente, sofredor
Tão perdido na distância
Da morada do Senhor

Queremos saber, queremos viver
Confiantes no futuro
Por isso se faz necessário prever
Qual o itinerário da ilusão
A ilusão do poder
Pois, se foi permitido ao homem
Tantas coisas conhecer
É melhor que todos saibam
O que pode acontecer

Queremos saber
Queremos saber
Todos queremos saber

(Gilberto Gil, Queremos Saber)

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é a prova de que quando não seguimos o caminho do individualismo, que nesta nossa sociedade é o mais utilizado, e nos disponibilizamos a apoiar o próximo, podemos fazer a diferença.

Devo agradecimentos a muitos, e se por acaso, deixo de citar individualmente alguém, peço desculpas, o espaço é reduzido, mas o agradecimento não cabe nesta folha.

Em primeiro lugar um agradecimento ao Prof. Marcel Hugo e a Sra. Margélia Müller, que com suas recomendações para a minha liberação durante o processo de afastamento da Universidade Regional de Blumenau, tornaram possível o meu sustento durante o período em que estive em Florianópolis me dedicando a esta empreitada.

Agradecimento especial também ao Prof. Paulo Brandt, que se dispôs, com muita felicidade, a recomendar um ex-aluno, que o procurava nos últimos dias da inscrição deste programa de mestrado.

Obrigado a Ana Lúcia, Anatoli, Edson Braz, Marcos, Cristian, Thomas, Rudimar, Adilson, Gilberto e demais (ex-) membros da Seção de Apoio ao Usuário pelo seu esforço durante meu afastamento. Sei que estou devendo um barril de chope...

Um abraço a todos os membros da Comissão de Capacitação dos Servidores Técnicos Administrativos que recomendaram o meu afastamento.

Obrigado ao Edson, ao Wagner, a Luciene, ao João Paulo e a todos os colegas que tive a oportunidade de conhecer durante o período de créditos, e que sempre estavam à disposição para ajudar este engenheiro perdido no meio das pilhas e vetores dos algoritmos do Prof. Camponogara.

Devo agradecimentos também ao Prof. Jean Marie pelo seu apoio durante a escolha dos temas de dissertação e, agora a palavra agradecimento é muito pequena, ao meu orientador, Prof, Carlos Montez, pela sua compreensão, apoio, recomendações, orientações, seu senso crítico e impressionante humildade que sempre mostrava os caminhos certos nos momentos de incerteza.

Um grande abraço ao amigo Andrés Codas, que caçou os *bugs* e ajudou no desenvolvimento do protótipo, sempre empolgado com “essa coisa de *JavaTV*” e hidratado continuamente com Tereré.

Um agradecimento à minha família, pelo seu apoio incondicional e ao Criador, que com muita ironia escreve certo o nosso destino pelas linhas tortas da vida.

Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

InteraTV: Um Portal para Aplicações Colaborativas em TV Digital Interativa Utilizando a Plataforma MHP

Jomar Alberto Andreato

Fevereiro/2006

Orientador: Carlos Barros Montez, Dr.

Área de Concentração: Automação e Sistemas

Palavras-chave: Televisão Digital, Interatividade, T-Ensino, DVB, MHP, Aplicações colaborativas.

Número de Páginas: XIV + 96

RESUMO: Neste trabalho é proposto um portal para disponibilizar aplicações colaborativas no ambiente de TV Digital Interativa (TVDI). O portal foi planejado e implementado através de um protótipo – batizado de InteraTV – mantendo compatibilidade com a camada de software MHP do sistema europeu de televisão digital (DVB). Com o objetivo de utilizar o portal como apoios à área da educação, são abordadas formas de ensino à distância baseadas em TV Digital Interativa, método conhecido como T-Ensino. São apresentadas aplicações educacionais comerciais e acadêmicas de T-Ensino, sendo discutida suas viabilidades de implementação. É descrito o modelo funcional básico do InteraTV, detalhando os seus módulos. Descreve-se a simulação do ambiente de TVDI, apresentam-se as principais dificuldades encontradas durante o desenvolvimento, e como essas foram contornadas ou acabaram impactando no desenvolvimento do protótipo. Também são abordadas algumas diferenças entre a forma de desenvolver aplicações para o ambiente da TV Digital em comparação com o tradicional ambiente computacional.

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering

InteraTV: A Gateway of Collaborative Applications in Interactive Digital TV using the MHP Platform

Jomar Alberto Andreata

February / 2006

Advisor: Carlos Barros Montez, Dr.

Area of Concentration: Automation and Systems

Keywords: Digital Television, Interactivity, T-Learning, DVB, MHP, Collaborative Applications

Number of Pages: XIV + 96

ABSTRACT: In this work a portal is considered to offer collaborative applications in the interactive environment of Digital TV (TVDI). The portal was planned and implemented through an archetype - baptized of InteraTV - keeping compatibility with the layer of software MHP of the European system of digital television (DVB). With the objective to use the portal as support to the area of the education they are boarded forms of distance learning based in Interactive Digital TV, known method as T-Learning. Commercial and academic educational applications of T-Learning are presented, being argued its viabilities of implementation. The functional model of the InteraTV is described, detailing its modules. It describes simulation of the TVDI environment, the main difficulties found during the development are presented, and as these difficulties had been contouring or changing the development of the archetype. Also some differences between the form to develop applications for the environment of the Digital TV in comparison with the traditional computational environment are boarded.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	MOTIVAÇÃO	1
1.2	OBJETIVOS	1
1.3	METODOLOGIA	2
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	2
2	TV DIGITAL INTERATIVA	3
2.1	INTRODUÇÃO	3
2.2	APLICAÇÕES E SERVIÇOS.....	3
2.3	TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS.....	5
2.3.1	<i>Codificação, Compressão e Multiplexação</i>	6
2.3.2	<i>Modulação</i>	6
2.4	<i>MOVING PICTURE EXPERTS GROUP (MPEG)</i>	7
2.4.1	<i>MPEG-2 System</i>	8
2.4.2	<i>MPEG-2 Video</i>	9
2.4.3	<i>MPEG-2 Audio</i>	9
2.5	<i>DIGITAL STORAGE MEDIA - COMMAND AND CONTROL (DSM-CC)</i>	10
2.5.1	<i>Carrossel de Objetos DSM-CC</i>	11
2.5.2	<i>Canal de Retorno</i>	12
2.5.3	<i>Sistema de acesso condicional</i>	13
2.5.4	<i>Gerenciamento da rede</i>	14
2.6	RECEPTORES (<i>SET-TOP-BOX</i>)	14
2.6.1	<i>Sistema operacional de um set-top-box</i>	16
2.6.2	<i>Middleware e Máquinas Virtuais</i>	16
2.7	SISTEMAS DE TELEVISÃO DIGITAL INTERATIVA	17
2.7.1	<i>ISDB (Integrated Services of Digital Broadcasting)</i>	17
2.7.2	<i>ATSC (Advanced Television System Comitee)</i>	18
2.7.3	<i>DVB (Digital Vídeo Broadcasting)</i>	19
2.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
3	MIDDLEWARES PARA TV DIGITAL INTERATIVA	21
3.1	INTRODUÇÃO	21
3.1.1	<i>GEM (Globally Executable MHP)</i>	21

3.1.2	OCAP (OpenCable Application Platform)	21
3.1.3	DASE (Digital TV Application Software Environment).....	21
3.1.4	ACAP (Advanced Common Application Platform).....	22
3.1.5	ARIB (Association of Radio Industries and Business).....	22
3.2	O MIDDLEWARE MHP	22
3.3	ARQUITETURA MHP	23
3.4	APLICAÇÕES MHP	24
3.5	SINALIZAÇÃO DE APLICAÇÕES	26
3.5.1	Sinalização de aplicações por difusão.....	27
3.6	INTERFACE XLET	27
3.7	INTERFACE COM O USUÁRIO (GUI – GRAPHIC USER INTERFACE)	29
3.7.1	A interação com o usuário.....	31
3.7.2	Interfaces com o usuário produzidas em Java.....	31
3.8	HAVI – HOME AUDIO/VIDEO INTEROPERABILITY	33
3.8.1	Configuração da Interface gráfica: As classes HScreen e HScene.....	34
3.9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
4	APLICAÇÕES COLABORATIVAS EM TVDI E ABORDAGENS DE ENSINO À	
	DISTÂNCIA	37
4.1	INTRODUÇÃO	37
4.2	ENSINO À DISTÂNCIA	37
4.2.1	O Custo Benefício da Educação à Distância.....	40
4.3	T-LEARNING	41
4.3.1	As potencialidades do uso da TVDI em EAD	44
4.3.2	Focos de desenvolvimento de t-learning.....	45
4.3.3	Casos de uso de t-learning.....	47
4.4	COLABORAÇÃO E GROUPWARE.....	50
4.4.1	Introdução.....	50
4.4.2	Groupware.....	50
4.4.3	Groupware no ambiente da TVDI	53
4.4.4	Trabalhos relacionados	56
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
5	UM PORTAL DE APLICAÇÕES COLABORATIVAS PARA APOIO AO	
	ENSINO...	60
5.1	INTRODUÇÃO	60
5.2	O MODELO ADOTADO	60

5.3	INTERATV – UM PORTAL DE APLICAÇÕES COLABORATIVAS	62
5.3.1	<i>Módulo de configuração de informações pessoais e de grupo</i>	63
5.3.2	<i>Módulo de teletexto</i>	64
5.3.3	<i>Módulo de bulletin board</i>	65
5.3.4	<i>Módulo de Chat</i>	66
5.3.5	<i>Módulo de tele enquete</i>	67
5.4	EXEMPLO DE CENÁRIO DE USO DO MODELO	68
5.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PORTAL	69
6	PROTÓTIPO DO INTERATV	71
6.1	INTRODUÇÃO	71
6.2	EMULADORES DE TVDI.....	71
6.3	AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO: ECLIPSE	74
6.4	SIMULAÇÃO DE UM AMBIENTE DE TVDI.....	74
6.4.1	<i>Diagrama de Classes</i>	76
6.5	EXPERIMENTOS COM O PORTAL.....	83
6.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	84
6.7	COMPARAÇÃO COM OUTROS TRABALHOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
7	CONCLUSÃO	87
7.1	REVISÃO DAS MOTIVAÇÕES E OBJETIVOS.....	87
7.2	VISÃO GERAL DO TRABALHO.....	87
7.3	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	88
7.4	PERSPECTIVAS FUTURAS.....	88
8	REFERÊNCIAS:	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema da cadeia de transmissão em TVDI.....	5
Figura 2. Transmissão de dados em um Carrossel de Objetos.....	12
Figura 3. Representação de transmissão usando canal de retorno	13
Figura 4. Receptor de TVDI em módulos.....	15
Figura 5. Modelo da arquitetura MHP.	23
Figura 6. Aplicações diferentes simultâneas na arquitetura MHP.	24
Figura 7. Diagrama de estados de uma aplicação <i>Xlet</i>	28
Figura 8. Modelo referência de <i>display</i>	30
Figura 9. Representação de um <i>display</i> MHP.....	34
Figura 10. A união entre PC, TV e <i>e-learning</i>	42
Figura 11. Aplicação “ <i>SOS Teacher</i> ”.	48
Figura 12. Enciclopédia educacional acessada por TVDI.	48
Figura 13. Programa educativo “ <i>Walking With Beasts</i> ”.	49
Figura 14. Aplicação “ <i>Living Health</i> ”.	49
Figura 15. Aplicação “ <i>Maths Direct</i> ”.	50
Figura 16. Protótipo <i>2BeOn</i>	57
Figura 17. Visão geral do modelo.....	61
Figura 18. Exemplificação da interface da aplicação.....	63
Figura 19. Exemplificação da tela de Configuração.	64
Figura 20. Exemplificação do módulo de teletexto.	64
Figura 21. Exemplificação do cliente de <i>Bulletin Board</i>	66
Figura 22. Exemplificação do cliente de <i>Chat</i>	66
Figura 23. Exemplificação do módulo de tele enquete.	68
Figura 24. Diagrama seqüencial do exemplo de uso.....	69
Figura 25. Emulador <i>Xletview</i> executando versão do cliente de <i>chat</i>	73
Figura 26. Emulador IRT com aplicação de <i>chat</i> e teletexto em execução.	73
Figura 27. Abstração do ambiente de TVDI.	75
Figura 28. Diagrama de classes da aplicação lado servidor.....	77
Figura 29. Diagrama de classes da aplicação lado cliente.	82
Figura 30. Aplicação minimizada e <i>menu</i> de serviços.....	83
Figura 31. Cliente de <i>chat</i> em execução, simultaneamente módulo de tele texto.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela de classificação de métodos de ensino à distância.	38
Tabela 2. Comparação entre mídias usadas em ensino à distância.	43

GLOSSÁRIO

- 14:9 – Formato de imagem com 14 unidades de largura por 9 unidades de altura (*letterbox*).
- 16:9 – Formato de imagem com 16 unidades de largura por 9 unidades de altura (*widescreen*).
- 4:3 – Formato de imagem com 4 unidades de largura por 3 unidades de altura.
- AAC – *Advanced Audio Coding*, variação da codificação de áudio MPEG-2.
- AC-3 – Sistema de áudio digital multicanal desenvolvido pela Dolby Industries.
- ADSL – *Asymmetric Digital Subscriber Line*, transmissão digital de dados através de linhas analógicas.
- API – *Application Programming Interface*.
- ARIB – *Association of Radio Industries and Businesses*, associação que fomentou o desenvolvimento do sistema de televisão digital japonês.
- ATSC – *Advanced Television System Committee*, sistema de televisão digital desenvolvido pelo EUA.
- BIOP – *Broadcaster Inter ORB Protocol*, protocolo da comunicação do padrão CORBA.
- CA – *Conditional Access*, sistema que permite condicionar o acesso à programação paga.
- COFDM – *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, método de modulação de sinal.
- CORBA – *Common Object Request Broker Architecture*, arquitetura de comunicação desenvolvida para permitir a troca de mensagens entre sistemas heterogêneos.
- CPU – *Central Processing Unit*.
- CRC – *Cyclic Redundancy Check*, método de checagem de erro utilizado na transmissão de dados.
- DASE – *Digital Television Application Software Environment*, camada de software do padrão estadunidense de televisão digital.
- DVB – *Digital Video Broadcasting*, sistema de televisão digital europeu.
- DVD – *Digital Versatile Disk*, formato unificado de discos laser com capacidade até 16 GBytes de dados.
- EPG – *Electronic Programme Guide*, interface gráfica com o usuário para facilitar o acesso à programação da televisão digital.
- Frames – 1 unidade de uma seqüência de imagens.
- GSM – *Global System for Mobile Communication*, sistema de transmissão celular.
- HDTV – *High Definition Television*.
- IP – *Internet Protocol*.
- ISDB – *Integrated Services Digital Broadcasting*, sistema de televisão digital japonês.

ISO – *International Services for Standardization*.

Mbps – *Megabits per second*.

MHEG-5 – *Multimedia and Hypermedia Expert Group version 5, middleware* baseado em linguagem declarativa, com baixo consumo de recursos, utilizado no Reino Unido.

MHP – *Multimedia Home Platform*, camada de software do sistema DVB.

MP3 – Formato de compressão de áudio, baseado em MPEG-1 camada 3.

MPE – *Multiprotocol Encapsulation*, método de encapsulamento de dados permitida em um fluxo de transporte MPEG-2.

MPEG – *Moving Pictures Expert Group*, grupo de estudo que padroniza métodos de codificação e compressão de áudio de vídeo.

NTSC – *National Television System Committee*, associação que padronizou o sistema de televisão analógico dos EUA.

PAL – *Phase Alternating Line*, sistema de televisão analógica colorida, desenvolvida pelos europeus.

PC – *Personal Computer*.

PCMCIA – *Personal Computer Memory Card International Association*.

PES – *Packetized Elementary Stream*.

QPSK – *Quadrature Phase Shift Keying*, método de modulação de sinal.

RAM – *Random Access Memory*.

RGB – Sinal de vídeo dividido nas cores vermelho (red), cinza (green) e azul (blue).

ROM – *Read Only Memory*.

SDTV – *Standard Definition Television*.

Set-top-box – Receptor de sinal utilizado no ambiente de TV digital.

Surround – Sistema de sonorização de ambiente com 6 canais de áudio.

TVDI – *Televisão Digital Interativa*.

USB – *Universal Serial Bus*.

VOD – *Video On Demand*.

VSB – *Vestigial Side Band*, método de modulação de sinal.

Widgets – Objeto gráfico genérico existente em interface gráficas com o usuário em Java (botão, listas, etc...).

Xlet – Abstração de software que representa aplicação desenvolvida para TVDI.

YUV – Sinal de vídeo dividido em luminância, crominância azul e crominância vermelha.

1 Introdução

1.1 Motivação

A TV Digital Interativa (TVDI) é um assunto recente, relevante e ainda desconhecido para a maioria da população brasileira. O governo brasileiro está definindo o sistema que será adotado pelas redes abertas de transmissão terrestre. Pesquisas na área, como esta dissertação, ajudam a qualificar pessoas nesta tecnologia, que deverá se tornar disseminada nacionalmente, pelo fato da televisão estar já associada à cultura da nação.

Esta nova TV não será igual à sua antepassada analógica; também não é simplesmente uma junção de TV e Internet; ela é uma nova mídia, com grandes potencialidades, que devem ser exploradas em benefício da população. Em um país em desenvolvimento, como o Brasil, não se deve perder as mínimas oportunidades, e a troca do sistema de televisão colocará na casa de cada brasileiro não apenas uma TV e sim um equipamento tecnológico que poderá ajudar a minimizar a exclusão digital da população.

As potencialidades de usá-la em benefício público como terminal de acesso a serviços do governo, ou portal educacional, e ainda ajudar no crescimento da cadeia produtiva como ferramenta de trabalho cooperativo já começam a ser realidade em países com o estágio de implantação mais avançado. O Brasil começa a trilhar o mesmo caminho com o surgimento de pesquisas que buscam o oferecimento de novos serviços usando TV Digital Interativa. Esta dissertação se insere neste contexto.

1.2 Objetivos

A TV Digital tem, desde o seu nascimento, grande potencial para ser usada na educação. Contudo, essa característica inata muitas vezes passa despercebida devido ao grande apelo comercial usado para divulgar esse novo produto, enaltecendo somente características tecnológicas, deixando obscurecidas suas potencialidades para a disseminação de conhecimento em larga escala.

O objetivo principal desta pesquisa é o de mostrar as potencialidades de uso da TV Digital Interativa no desenvolvimento de aplicações colaborativas. Como objetivo secundário, pretende-se mostrar o emprego dessas aplicações colaborativas na área educacional, propondo seu uso em um cenário de ensino à distância.

Esta dissertação envolve, em um arcabouço único (um portal para disponibilização de serviços colaborativos), três áreas de pesquisa: (i) tecnologias de TV Digital Interativa; (ii) suportes educacionais para ensino à distância; e (iii) aplicações colaborativas aplicadas ao ensino.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho foi, inicialmente, estudar os sistemas de TV Digital em implantação atualmente, buscar suas similaridades e diferenças, com uma análise em especial nas características individuais para o desenvolvimento de aplicações. Foram estudados o ambiente tecnológico agregado a esta nova mídia, as características que a diferem da TV tradicional, e a cadeia produtiva que a torna realidade. Este estudo permitiu a escolha da plataforma a ser usada no desenvolvimento.

Buscaram-se também informações sobre aplicações colaborativas e educacionais existentes para essa nova mídia além de verificar a existência de estudos sobre o uso da TV Digital no ambiente educacional. Apesar da TV Digital Interativa não ser simplesmente a fusão da Internet com TV, o estudo dessas aplicações envolveu também as existentes na *Web*, levando-se em conta a grande quantidade de trabalhos nesta área.

Baseado nesses estudos foi proposto um modelo fundamentado em outros existentes na área de TVDI e, a partir desse modelo, foi desenvolvido um portal de serviços de aplicações colaborativas. Este portal, denominado InteraTV foi validado através da implementação de um protótipo, usando como cenário de fundo um ambiente educacional. Experimentos foram efetuados usando sobre esse protótipo.

1.4 Organização do texto

Esta dissertação, no Capítulo 2, introduz os conceitos básicos sobre TV Digital e uma descrição das principais tecnologias envolvidas. O Capítulo 3 trata das camadas de software para o ambiente de TVDI e é descrito de forma mais aprofundada a camada *Multimedia Home Platform* (MHP), escolhida para o desenvolvimento da aplicação. O Capítulo 4 traz os resultados da pesquisa sobre o uso da TV Digital no ambiente educacional, descrevendo suas potencialidades. No Capítulo 5 é modelado o portal proposto e suas funcionalidades. No Capítulo 6 são descritos os passos de sua implantação e alguns experimentos com este portal. E por fim, o Capítulo 7 encerra esta dissertação trazendo as conclusões pertinentes ao trabalho.

2 TV Digital Interativa

2.1 Introdução

A televisão sempre foi um dispositivo de comunicação unidirecional, disponibilizando somente um conjunto de informações pré-definidas aos seus telespectadores [SIVARAMAN2001].

A digitalização dos sistemas de televisão, que já vinha ocorrendo em algumas áreas nos últimos anos, como a captura de imagem e som, edição e armazenamento, caminham para a digitalização da transmissão do sinal até o telespectador. A digitalização da transmissão traz diversos benefícios ao telespectador, destacando-se entre todas as melhorias na imagem e no som, um melhor uso da largura de banda e o oferecimento de novos serviços.

Para se ter uma noção do aumento da qualidade de imagem possível com o uso da codificação digital pode-se usar como exemplo o aumento da quantidade de linhas e o número de pontos (*pixels*) por linha. As primeiras TV's na década de 30 do século passado possuíam uma resolução máxima de 240 linhas. Com o passar dos anos e a evolução das tecnologias houve um aumento na qualidade da imagem, atualmente boas TV's analógicas conseguem formar a imagem com uma resolução de 525 linhas com 600 *pixels* por linha. Transmissões de televisão digital no formato HDTV (*High Definition TeleVision*), formato de transmissão atualmente utilizado nos Estados Unidos, podem formar a imagem com 1080 linhas de 1920 *pixels* por linha, proporcionando um grande aumento na qualidade de imagem vista pelo telespectador. Uma melhoria no som também é percebida. Na transmissão analógica são transmitidos no máximo 2 canais de som, proporcionando um som estéreo, enquanto na TV digital podem ser transmitidos vários canais de áudio, permitindo a escolha do idioma da dublagem além da disponibilização de canais de áudio adicionais para efeitos *surround* (5 ou mais caixas acústicas no ambiente).

Padrões de compressão, como por exemplo, MPEG-2 [CHIARIGLIONE2000], desenvolvido pela *Moving Pictures Expert Group*, para codificar e transmitir sinais de áudio e vídeo de forma digital vem sendo amplamente utilizado. Devido as suas características de compressão de sinal estes padrões permitem que na mesma largura de banda onde se transmite um canal analógico de TV se possa transmitir vários canais digitais de TV, além de um canal de dados.

Um grande benefício da TV Digital é a possibilidade de oferecimento, graças ao canal de dados, de novas aplicações e serviços. Esse tema é de grande importância nesta dissertação, e será descrito na seção a seguir.

2.2 Aplicações e Serviços

Diversas aplicações e serviços são possíveis na TV Digital Interativa. Dentre as mais utilizadas atualmente se destacam [FOTSCHL2004]:

- EPG (Electronic Program Guide): um guia de programação eletrônico que fornece informações detalhadas sobre o conteúdo dos programas em diversos canais [LEISTER2002]. Com a disponibilidade de centenas de canais e programas sendo transmitidos, o único método de busca viável é através de um *search engine*, na qual podem ser informadas palavras chaves que retornam uma lista de programas que combinam com o critério de busca [SCHWALD2003].
- T-Comerce: modalidade de comércio eletrônico, já que o apelo comercial fortemente presente na TV Digital Interativa (TVDI) permite que aplicações comerciais sejam transmitidas com o programa visto pelo espectador permitindo ao mesmo a possibilidade de efetuar compras de produtos relacionados ou não ao programa visto [SCHWALD2003].
- VOD (Video on Demand): serviço já disponível em muitas operadoras que permite que o telespectador possa escolher qual e quando deseja assistir determinado programa, fazendo com que a TV se transforme em uma locadora doméstica [SCHWALD2003]. Aplicações típicas de VOD em países europeus permitem que se procure o filme pelo nome ou gênero no qual faz parte, permitindo um pequeno *preview* do filme e posteriormente, se desejado a seleção do filme que inicia a transmissão exclusiva do programa ao telespectador.
- Notícias interativas: durante a transmissão do programa de notícias, manchetes em texto podem correr horizontalmente na parte inferior da tela, possibilitando ao telespectador selecionar a de sua preferência buscando maiores informações, que são mostradas na tela, enquanto que o programa de notícias continua sendo visto, em uma janela que não ocupa a tela inteira.
- Programação educacional interativa: através da TVDI vários programas¹ podem ser desenvolvidos para auxiliar o ensino de crianças e adultos. Tendo a característica de ser de baixo custo e de fácil utilização, pode ser disponibilizada em larga escala nas escolas e residências, permitindo acesso a informação educacional maior que a Internet [TEIXEIRA1993]. Aulas podem ser ministradas à distância, com o aluno em sua casa ou na escola, sendo as aulas ao vivo ou com conteúdo gravado, com horário pré-determinado para transmissão ou com o uso de VOD.

1 No contexto de aplicações para TVDI, alguns autores preferem usar o termo “serviço” em vez de “programa”. Neste texto serão usados os dois termos de forma intercambiável.

O tema desta dissertação tem como enfoque uma análise das características técnicas envolvidas no desenvolvimento de aplicações colaborativas para um promissor ambiente educacional que está surgindo nesta nova mídia. Mais do que som e imagem são recebidos pelos telespectadores, permitindo que dados sejam transmitidos anexados aos programas permitindo navegação ou busca de informações adicionais pelo aluno. Dúvidas podem ser sanadas com o envio de perguntas ao professor, que pode, dependendo do tipo de tecnologia utilizada, respondê-las ao vivo. Palestras podem ser transmitidas na forma de vídeo conferência, possibilitando o debate de um determinado assunto com especialistas envolvidos ou entre os próprios alunos. O acesso a grandes enciclopédias digitais é possível, levando então o conteúdo de bibliotecas a locais remotos ou até a casa do aluno, estudos já estão sendo desenvolvidos neste sentido [FERNANDES2004], o que mostra que a TVDI será um dispositivo de comunicação em ambas as direções e o conjunto de informações acessadas pelo espectador não será mais imposta a ele [SIVARAMAN2001].

Existem inúmeras propostas de novos serviços para TVDI [FOTSCHL2004]. O capítulo 4 é específico sobre ensino.

2.3 Tecnologias envolvidas

O sinal digital precisa ser modulado na etapa de transmissão, e essa tarefa implica em uma série de tecnologias envolvidas. A Figura 1 mostra toda a cadeia de geração e transmissão em TVDI [O'DRISCOLL2000].

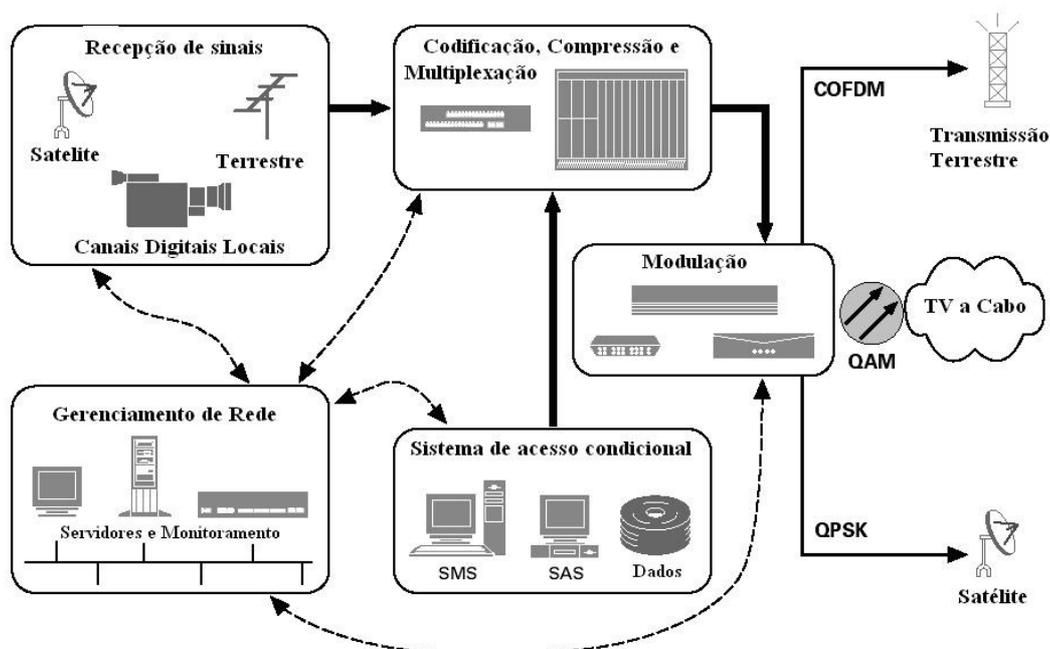


Figura 1. Esquema da cadeia de transmissão em TVDI.

Normalmente um operador de canal de TVDI pode receber sinal de diferentes origens, pode retransmitir sinal proveniente de outras transmissões, sejam estas terrestres, via satélite ou outra forma de transmissão analógica ou digital, e se analógica é necessário que a mesma seja digitalizada.

2.3.1 Codificação, Compressão e Multiplexação

O sinal de vídeo em uma transmissão de TV digital, na maioria dos casos, é codificado no formato MPEG [CHIARIGLIONE2000], que leva o nome do grupo de estudos que desenvolve este padrão, *Moving Pictures Expert Group*. Vários padrões de MPEG estão disponíveis, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, MPEG-7, MPEG-21. Atualmente as transmissões de TV digital codificam seus sinais de vídeo em MPEG-2, mesma codificação utilizada em aparelhos de DVD, norma de codificação atualmente aceita em mais de 190 países [NETCABO].

O sinal de áudio também é codificado, podendo ser em MPEG-1 camada 3, o conhecido MP3, ou MPEG-4 AAC, ou em Dolby AC-3 [DOLBY], formato proprietário da Dolby Industries.

Na TV digital uma grande inovação, além da transmissão de áudio e vídeo, é a possibilidade de transmissão de quaisquer dados digitais (além de áudio e vídeo), os quais podem conduzir informações relativas ao conteúdo audiovisual transmitidos, ou podem mesmo ser totalmente desvinculados.

Todos os padrões de codificação usados em TV Digital têm como função comprimir a informação a ser transmitida para que se possa entregar ao consumidor uma alta qualidade de áudio e vídeo utilizando a menor largura de banda possível [O'DRISCOLL2000].

Uma vez que se tenham os diversos fluxos elementares de áudio, vídeos e dados comprimidos e codificados entra em ação o multiplexador, que tem como objetivo multiplexá-los em um único fluxo de dados, ideal para a transmissão digital ou armazenagem.

O método escolhido para essa multiplexação é definido pelo padrão MPEG-2 parte 6. O fluxo único de dados é conhecido como MPEG-2 *System Transport Stream*. Este fluxo é dividido em pequenos pacotes de 188 bytes que podem ser transmitidos aos receptores que demultiplexam esse fluxo extraindo as informações de áudio, vídeo e dados originais.

2.3.2 Modulação

O sinal a ser transmitido, que na saída do multiplexador é formado por 0's e 1's, é modulado, isto é, o sinal é acoplado a uma portadora, onde são acrescentados estados para facilitar detecção de erros e aumento na taxa de transmissão.

Os métodos de modulação digital com maior utilização atualmente são: QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) e 8-VSB (*8 Vestigial Side Band*).

- **QAM:** Esta forma de modulação modifica a amplitude e fase de um sinal para transmitir o fluxo de transporte MPEG-2. QAM é o esquema de modulação preferida para as companhias de televisão à cabo porque podem atingir taxas de transferências de até 40Mbits/sec. [O'DRISCOLL2000]. Como foi desenvolvida para a transmissão via cabo, o seu uso em transmissões terrestres identificou fraquezas devido ao excesso de interferências e a quase impossibilidade de recepção por equipamentos móveis de televisão [BOLANÑO2004].
- **QPSK:** É mais imune que o QAM ao ruído eletromagnético e é normalmente utilizada em ambientes de transmissão via satélite. QPSK trabalha com o princípio de chavear o sinal digital a ser transmitido de forma de a saída fique fora de fase com o sinal recebido. QPSK é uma forma robusta de transmissão, mas esta modulação é somente capaz de atingir taxas de transmissão de 10Mbits/sec.
- **COFDM:** Forma de modulação que opera muito bem em áreas com muitas construções, onde transmissões digitais se tornam distorcidas por obstáculos como prédios, pontes e montanhas. COFDM é diferente do QAM porque ele utiliza múltiplas portadoras de sinal para transmitir o sinal de um ponto ao outro. COFDM pode ser implementado com 2000 ou 8000 portadoras de sinal. É usado com muito sucesso em transmissões terrestres de TV digital, inclusive para a recepção em aparelhos móveis [O'DRISCOLL2000]. A taxa de transmissão varia de 5 a 31 Mbps.
- **8-VSB:** 8-VSB é o padrão de modulação de radio frequência escolhido pelo sistema americano de TVDI para transmissão terrestre. O modo 8-VSB inclui oito níveis de amplitude (4 positivos e 4 negativos) que provêem até 19,28 Mbps de dados em um canal de 6 MHz. Existe também o modo com 16 níveis de amplitude (16-VSB) com uma taxa de transmissão de 38,57 Mbps em um canal de 6 MHz. O 8-VSB não suporta receptores móveis de TVDI. [FERNANDES2004b].

2.4 Moving Picture Experts Group (MPEG)

Vídeo e Áudio no padrão DVB costumam ser codificados e comprimidos (compactados) utilizando o padrão MPEG-2 (existem propostas recentes de utilização do H.264, mas que não serão tratadas aqui nesta dissertação).

Para conseguir um grande fator de compressão, este padrão de codificação utiliza diversas técnicas que tiram vantagem de como o olho humano percebe a variação de cores e os movimentos; além de características inerentes da audição humana. Por exemplo, dentro de cada quadro de vídeo, o codificador MPEG-2 armazena somente os detalhes necessários para que o olho humano não perceba deterioração do vídeo (essa técnica é denominada compressão com perdas). O codificador

também compara quadros de vídeo consecutivos e armazena somente a seção da imagem que foi alterada. Se somente uma pequena seção da imagem foi alterada o codificador somente altera aquela área e não modifica as demais partes da imagem. No próximo quadro do vídeo, somente aquela seção da imagem é adicionada (essa técnica é denominada compensação de movimento) [LOVOLD2002].

Esse método de codificação e compressão é o mesmo padrão escolhido na indústria de DVD's, e foi desenvolvido para codificar e comprimir vídeos, resultando em taxas acima de 4 Mb/s.

O padrão MPEG-2 é dividido em 9 partes, sendo que as mais importantes para a TVDI são [LOVOLD2002]:

- MPEG-2 *System* (ISO/IEC 13818-1) que define como será um fluxo de sistema, composto pelos fluxos elementares de áudio, vídeo e dados.
- MPEG-2 *Video* (ISO/IEC 13818-2) que define a codificação de um fluxo elementar de vídeo.
- MPEG-2 *Audio* (ISO/IEC 13818-3) que define a codificação de um fluxo elementar de áudio.
- DSM-CC (ISO/IEC 13818-6) *Digital Storage Media – Command and Control*, que define, dentre outras coisas, como encapsular dados dentro de carrosséis de dados e de objetos.

2.4.1 MPEG-2 *System*

As informações codificadas em MPEG-2 são divididas em fluxos elementares (*Elementary Streams* – ES), que podem ser áudio, vídeo, dados ou de dados de controle. Um codificador MPEG-2 transforma todos os ES em um fluxo elementar empacotado (*Packetized Elementary Stream* – PES), onde cada PES pode ter até 65536 bytes por bloco e inclui um cabeçalho de 6 bytes.

O MPEG-2 *System* especifica como combinar PES em um ou mais fluxos, para melhor armazenagem ou transmissão, podendo fazê-lo de duas formas: Fluxo de Programa (*Program Stream*) ou Fluxo de Transporte (*Transport Stream*).

Cada uma delas é otimizado para um conjunto diferente de aplicações. Um Fluxo de Programa MPEG-2 é utilizado em sistemas com baixa taxa de erros, de preferência quase nula, sendo usado tipicamente em mídias como DVD ou CD-ROM.

Um Fluxo de Transporte MPEG-2 foi desenvolvido especialmente para transmissão de dados por longas distâncias. O tamanho dos pacotes é relativamente pequeno para ser possível a implementação de algoritmos de detecção de erros efetivos. O comprimento de um pacote deve ser de 188 bytes, tendo cada pacote 184 bytes de carga útil (*payload*) e 4 bytes de cabeçalho.

2.4.2 MPEG-2 Video

O padrão MPEG-2 possui níveis que definem a resolução de uma imagem, e perfis que definem a técnica de compressão utilizada.

Os níveis são os seguintes:

- Low Level: A mesma resolução usada em MPEG-1, 352x288/240 *pixels*.
- Main Level: Corresponde à resolução padrão de 704x576x480 *pixels*.
- High 1440: Para TVs's de alta definição (HDTV). Formato de tela de 4:3 com resolução de 1444x1152 *pixels*.
- High Level: Otimizado para TV's no formato de imagem *widescreen*.
- Multiview Level: Codifica de forma eficiente duas seqüências de vídeo obtidas por duas câmeras filmando o mesmo objeto de posições diferentes.
- 4:2:2 Level: Para imagens com uma resolução de 4:2:2 e alta taxa de transmissão de dados, especial para uso profissional. Um fluxo de vídeo quando produzido em *Main Profile*, isto é, usando três tipos de *frames* (I,P,B) e em *Main Level* foi comprimido utilizando algoritmos de compressão com perdas, o que no caso da necessidade de reedição do vídeo, como em pós produção, necessita que seja recodificado em um formato não comprimido que possibilite evitar perdas na qualidade do vídeo após alterações. Para isso foi padronizado o nível 4:2:2, onde o sinal é descomprimido, causando então aumento da taxa de transmissão de 15 MBps para normalmente 50 MBps, mas podendo chegar a 300 MBps, além de um aumento na resolução para 608 linhas [CINEMASOURCE2002].

Os perfis são os seguintes:

- Simple Profile: Não usa a predição bilateral (quadros B), para simplificar a codificação e a decodificação.
- Main Profile: Usa três tipos de *frames* (I,P,B), proporcionando maior qualidade de imagem com maior tempo de codificação.
- Scalable Profile: Planejado para uso futuro.
- High Profile: Utilizado para a transmissão de aplicações na transmissão em HDTV nos níveis *Main Level* ou *4:2:2 Level*.

2.4.3 MPEG-2 Audio

O ouvido humano possui limitações com a combinação de determinadas frequências de sons. Esta limitação é levada em conta na codificação de sinais de áudio, permitindo que menos dados sejam codificados sem deteriorar a qualidade de som que é ouvida. Sinais que são incapazes de serem ouvidos são removidos e frequências que são mais bem percebidas podem receber um tratamento especial.

O padrão define 3 tipos de codificações, chamadas de camadas, que possuem taxas de compressão diferentes para uma mesma qualidade de áudio [LOVOLD2002] .

Camada 1: Usa o algoritmo de codificação PASC (*Precision Adaptive Sub-band Coding*), que é um método de compressão com perdas para ser usado em áudio.

Camada 2: Usa o algoritmo MUSICAM (*Masking pattern adapted Universal Sub-band Integrated Coding And Multiplexing*). Este algoritmo reduz a redundância e informações irrelevantes do sinal de áudio.

Camada 3: Usa a codificação de Huffmann e a Transformada Discreta do Cosseno (*Discrete Cosine Transform – DCT*). Huffmann minimiza o número médio de bytes requeridos para representar um caractere em um texto e a DCT é uma transformação ortogonal discreta inversível. Esta codificação ficou conhecida como MP3.

2.5 Digital Storage Media - Command and Control (DSM-CC)

DSM-CC é a especificação de um conjunto de protocolos que provê funções de controle e operações específicas para gerenciar fluxos MPEG-2. Estes protocolos podem ser usados no suporte à distribuição de aplicações em TVDI. No modelo DSM-CC um fluxo MPEG originário de um servidor é entregue aos clientes. DSM-CC define uma entidade lógica chamada de Gerenciador de Recursos e Sessões (SRM) que provê um gerenciamento centralizado das sessões DSM-CC e seus recursos. Tanto o servidor de dados como os clientes são considerados usuários da rede DSM-CC [LOVOLD2002].

O DSM-CC é independente da camada de transporte. O ponto chave é que cada protocolo DSM-CC pode ser usado de forma independente, ou em cooperação com outros. Estes protocolos cobrem as seguintes áreas:

- Gerenciamento de seções e recursos da rede
- Configuração de clientes
- Transferência de dados aos clientes
- Gerenciamento de fluxos de vídeo
- Aplicações para o controle dos serviços disponibilizados
- Carrossel de dados e objetos para aplicações transmitidas por difusão

Mensagens U-N são enviadas entre os usuários e a rede e servem para gerenciar sessões e recursos da rede. Fluxos de informações U-U são enviados entre o servidor e o cliente. DSM-CC suporta os protocolos PPP (*Point-to-Point Protocol*) e o protocolo de difusão para o *download* de dados.

Os seguintes protocolos DSM-CC são suportados:

- Protocolo de sessão U-N.
- Serviço de diretório, controle de fluxo e acesso a arquivos U-U.
- *Download* interativo (pelo canal de retorno) e por difusão.
- Difusão por carrossel de objetos.

2.5.1 Carrossel de Objetos DSM-CC

Um carrossel de objetos DSM-CC (*Digital Storage Media Command and Control*) é utilizado para facilitar a transmissão de um grupo estruturado de objetos para os receptores dos usuários. Os objetos podem ser de diversos tipos, desde diretórios a arquivos de diversos tipos. Os arquivos e diretórios atuais estão localizados no servidor de difusão que os insere em um fluxo de transporte MPEG-2 usando protocolos do carrossel de objetos.

Objetos no carrossel de objetos são encapsulados em mensagens BIOP (*Broadcast Inter-ORB Protocol Messages*). O formato BIOP permite a identificação do tipo de objeto e sua identificação através de chaves [LOVOLD2002].

Mensagens BIOP são agrupadas em módulos, que são transmitidas em um carrossel de dados DSM-CC. Um módulo é dividido em blocos e estes são inseridos em seções MPEG-2. Os objetos são transmitidos periodicamente no fluxo de transporte, desta forma o *set-top-box* apenas aguarda a próxima transmissão para ter acesso ao dado desejado. Essa periodicidade constante fez com que essa forma de transmissão recebesse o nome de carrossel de objetos.

Em um carrossel de objetos DSM-CC um grupo estruturado de objetos é chamado de Domínio de Serviço. Cada Domínio de Serviço possui um diretório de objetos que é o diretório raiz desse domínio. Esse diretório raiz é chamado de *Service Gateway*. Desta forma um *set-top-box* após receber todos os objetos possui armazenado um diretório de objetos idêntico ao diretório de objetos existente no servidor de difusão.

O carrossel de objetos além de ser definido da especificação DSM-CC é definido no padrão DVB pelas especificações EN 301192 e TR 101202. É uma especificação independente de plataforma e compatível com a ISO 13818-6 e o *Object Request Broker* (ORB) definido nas especificações CORBA [PENG2002].

Na Figura 2 é apresentada imagem ilustrativa da transmissão intercalada de dados através de um carrossel de objetos.

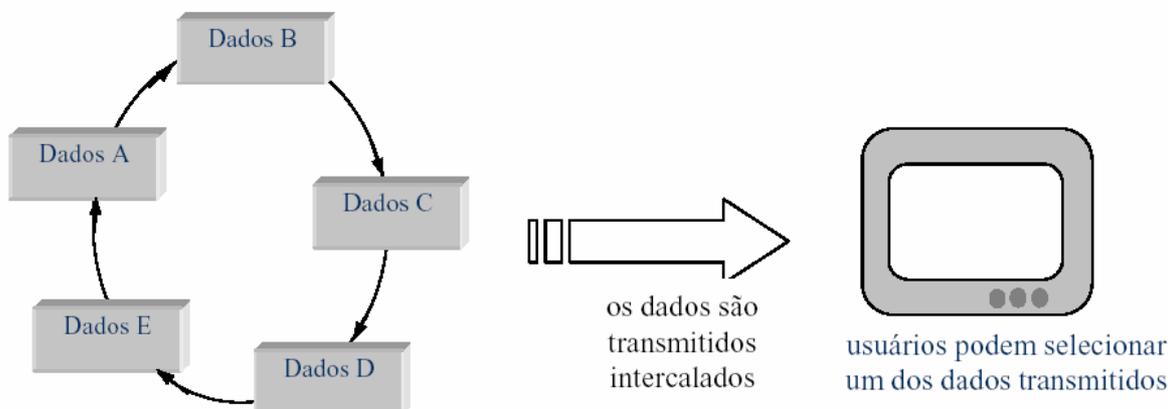


Figura 2. Transmissão de dados em um Carrossel de Objetos.

2.5.2 Canal de Retorno

Um canal de retorno pode ser uma conexão permanente (*Ethernet*, *ADSL*, *Cable Modem*) ou temporária, por exemplo, conexão discada por *modem*. Especificações de sistemas de TVDI costumam exigir o suporte ao protocolo TCP/IP no canal de retorno.

Para conexões permanentes é utilizado parte do já conhecido pacote `java.net`, importado do Java tradicional, onde encontram-se classes como a `java.net.InetAddress` (para a resolução de nomes através de DNS), `java.net.Socket` (para gerenciar conexões) e `java.net.URLConnection` (para o acesso de páginas HTTP). Atualmente somente é obrigatório o suporte ao protocolo DNS, sendo que protocolos como SMTP ou IMAP devem ser implementados pela aplicação.

Contudo, tirando alguns casos específicos como sistema de TVDI por TV a cabo, onde já se recomenda o uso de *cable-modem* como canal de retorno e, desta forma, uma conexão permanente, na maioria dos casos as conexões possíveis serão temporárias, como conexões discadas. Nesta situação foram desenvolvidas classes para o gerenciamento destas seções e prevenir que aplicações disquem sem autorização. O pacote `org.dvb.net.rc` possui as classes necessárias para o gerenciamento das seções de conexão. Neste pacote se destacam as classes `RCInterface` que representa uma interface para o canal de retorno, possuindo métodos para identificar o tipo de canal de retorno existente e velocidade de transferência permitida. A classe `ConnectionRCInterface` representa então a interface para uma canal de retorno que não é permanentemente conectado, possuindo métodos para lidar com a reserva do recurso, conexão, desconexão e parâmetros de conexão como número de telefone, usuário e senha. A especificação MHP não diz como deve ser o servidor destas conexões do canal de retorno, deixando então aberto para uso de servidores específicos da própria rede de TV ou de empresas afiliadas. A camada de software MHP será abordada na seção 3.2.

Subclasses adicionais como `ConnectionFailedEvent` e `ConnectionDroppedEvent` ajudam ao desenvolvedor no controle da conexão.

Na Figura 3 é representado o esquema de funcionamento com o uso de canal de retorno, difusão (*broadcast*) unidirecional e canal de retorno bidirecional.

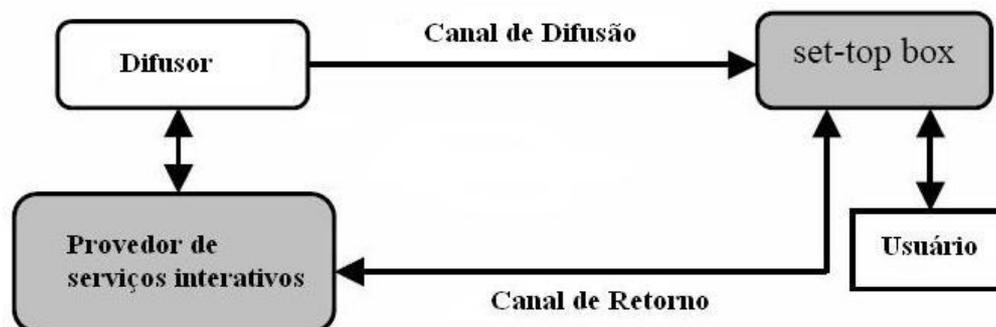


Figura 3. Representação de transmissão usando canal de retorno

Um ponto de destaque na especificação MHP é a recomendação de não transmitir aplicações pelo canal de retorno, somente dados.

2.5.3 Sistema de acesso condicional

A TV digital possui um sistema de segurança, conhecido como Controle de Acesso Condicional (AC - *access control*) que permite que os telespectadores controlem o que querem ver, quando quiserem ver, e também para controlar os serviços pagos da TV digital, assegurando que somente os espectadores autorizados possam assistir determinado programa, seja por terem pago por ele, ou por controle de acesso de conteúdo, como controle familiar (PA - *Parent Control*). Os programas são encriptados com chaves de segurança, assim somente os espectadores que possuem as chaves de decifração conseguirão ter acesso ao conteúdo. Isto é, o sinal de TV é transformado em um formato não possível de leitura, e a decifração é o processo que consegue converter esse sinal de volta ao sinal original. Uma chave de decifração pode ser descrita como um valor secreto, consistindo de uma seqüência variável de bits, na qual é usada por um computador em conjunção com fórmulas matemáticas chamadas de algoritmos para encriptar e decifrar as informações [O'DRISCOLL2000].

Todo o sistema foi desenvolvido pensando em necessidades comerciais, pois assim certas publicidades e promoções podem ser bloqueadas por área geográfica, segmentos de mercado ou diversos perfis de espectadores [SCHWALD2003].

Pode-se modular o sistema de acesso condicional em duas partes, o SMS (*Subscriber Management System* - Sistema de Gerenciamento do Assinante) e o SAS (*Subscriber Authorization System* - Sistema de Autorização do Assinante) [O'DRISCOLL2000].

- **SMS:** Desenvolvido para prover o suporte desejado para gerenciar o modelo de negócio da TVDI. Gerencia a base de dados dos assinantes que envia requisições ao SAS, que é o gerente técnico do sistema de controle de acesso. Funções básicas incluem registrar, modificar e cancelar registros de assinantes, campanhas de *marketing* direcionadas, gerenciamento de inventário de *smart cards*, interface entre bancos e companhias de cartão de crédito, preparação de contas a pagar pelos assinantes, serviços de auditamento, etc. O objetivo principal do SMS é que os assinantes vejam exclusivamente o que pagaram para ver.
- **SAS:** A função principal do SAS é receber as requisições do SMS e traduzi-las em mensagens que serão enviadas ao multiplexador e encaminhadas aos assinantes. Podem ser mensagens periódicas como, por exemplo, para renovar dados de assinatura de serviços nos *smart-cards* dos assinantes ou habilitar serviços de *Pay-Per-View* para determinados assinantes. O SAS pode armazenar diversos tipos de informações como informações de produtos pagos, prover informações para o guia de programação eletrônico, números de identificação dos *smart-cards* autorizados no sistema, perfis de usuários, etc.

2.5.4 Gerenciamento da rede

Para monitorar todos os diversos sistemas que integram um provedor de serviços de TVDI pode existir um sistema de gerenciamento geral, que recebe informações de funcionamento de todos os módulos para de forma rápida e fácil detectar e resolver falhas técnicas no sistema.

O objetivo principal é minimizar a interrupção de serviços aos assinantes. Funções típicas do sistema de gerenciamento incluem monitoramento de disponibilidade de todos os módulos que integram o sistema, armazenagem de estatísticas de uso e falhas, gerar mensagens de alarme para a equipe de suporte técnico e em muitos casos efetuar diagnósticos remotos de módulos do sistema.

2.6 Receptores (*set-top-box*)

No outro extremo, na recepção do sinal de TV digital existe um equipamento conhecido como “*set-top-box*” [BECKER2004]. O *set-top-box* é o receptor, que decodifica o sinal recebido, verifica direitos de acesso e níveis de segurança, possui saída de sinal de vídeo com “qualidade de cinema” e áudio com qualidade *surround* de múltiplos canais além de processar os programas e dados recebidos, permitindo então a interatividade da TV digital..

Um *set-top-box* é composto de diversos módulos, conforme pode ser visto na Figura 4 [SILVA2003].

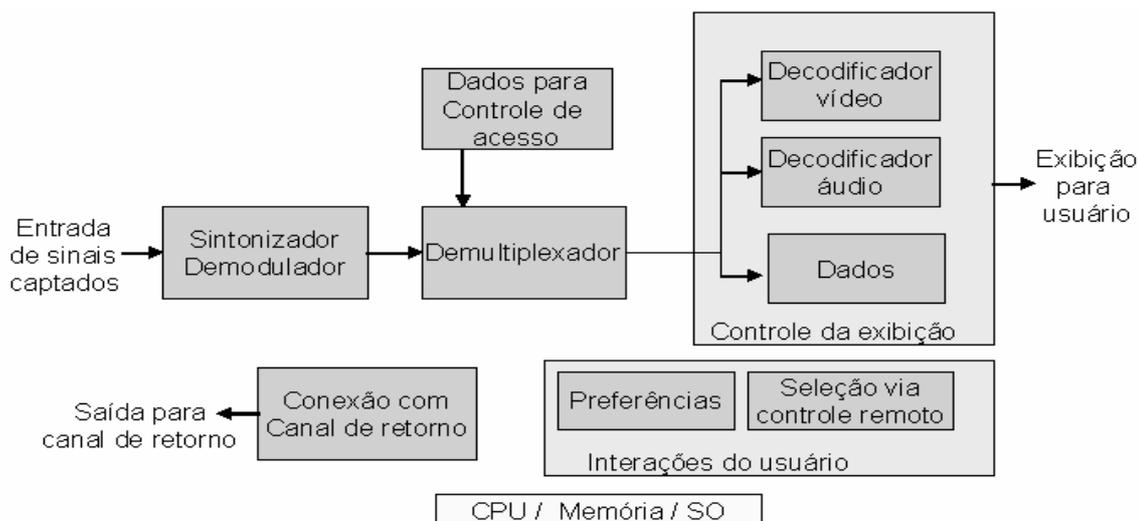


Figura 4. Receptor de TVDI em módulos.

- **Sintonizador:** Sintoniza as transmissões digitais. No mercado existem aqueles que além de sintonizar sinais digitais também sintonizam sinais analógicos, já preparados para a fase de transição do sistema de televisão.
- **Demodulador:** O sinal em banda base analógica vindo do sintonizador é encaminhado ao demodulador que recupera o fluxo de dados modulado no sinal e encaminha esse sinal já digital ao demultiplexador.
- **Demultiplexador e Descriptor (CA – Controle de Acesso):** Um fluxo de dados MPEG-2 consiste em vários pacotes de dados identificados com números únicos, os *Packets ID's* (PID), que identificam os pacotes que contém um formato de dados particular, áudio, vídeo ou dados. Então a função do demultiplexador é separar esses vários tipos de fluxos de dados deste fluxo principal, entregando cada fluxo ao descriptor, descriptando o fluxo se necessário, e este envia o fluxo descriptado ao decodificador correto.
- **Decodificadores:** Normalmente um *set-top-box* possui 3 decodificadores. O decodificador de vídeo, que transforma o fluxo de vídeo numa sequência de imagens, já formatando estas para diferentes tipos de resolução de monitores de TV, mas também suporta imagens paradas. O decodificador de áudio decodifica e descomprime o fluxo de áudio, extraíndo um, dois ou mais canais de áudio. Os espectadores da TV digital possuem acesso a centenas de canais e serviços interativos, sendo que estes são armazenados em um fluxo MPEG-2 de dados em tabelas e são interpretadas por um decodificador de dados que entrega esses dados ao processador do *set-top-box*.
- **Unidade de processamento central – CPU:** É o cérebro do *set-top-box*, o processador. Possui a função de inicializar os vários componentes. Processa as aplicações da TV

interativa, monitora e administra as interrupções de hardware, coloca e retira dados da memória, executa diversos programas, etc. A arquitetura é única para cada fabricante, mas todos os processadores tendem a ter uma unidade aritmética lógica e um relógio que controla a velocidade do processador e sincroniza todos os componentes.

- Memória: Utilizada para armazenar e manipular dados e interrupções. A memória é dividida em RAM e ROM. Quanto maior a quantidade de recursos gráficos e interatividade proporcionados ao espectador, maior quantidade de memória será necessária para armazenar estas informações e maior a necessidade de capacidade de processamento.
- Interfaces de armazenamento: Existe a possibilidade de armazenar e recuperar dados dos espectadores, sejam transmitidos ou gerados no *set-top-box*, como documentos pessoais, *sites* favoritos ou *emails*. Nas primeiras gerações de receptores a mídia de armazenagem era limitada a memórias flash. Nas novas gerações foram adicionados interfaces permitindo o uso de várias tecnologias de armazenamento, como *interface* IDE e SCSI, discos ZIP e JAZZ. Isto permite nas últimas versões de receptores inclusive a gravação local de programas para posterior visualização.
- Interfaces físicas: Diversas interfaces físicas são disponibilizadas na maioria dos modelos de receptores, sendo as principais *MODEM*, IEEE-1284, USB, IEEE-1394, 10BASE-T, RS-232, PCMCIA II, e ainda leitores de *SmartCards* e portas de comunicação infra-vermelha.

2.6.1 Sistema operacional de um *set-top-box*

O sistema operacional utilizado possui recursos de hardware limitados ao seu dispor. Contudo isto não exclui certas exigências, pois ele deve ser robusto e confiável, porque os espectadores não estão acostumados com mensagens de erro durante o seu programa predileto e verificar a necessidade de reiniciar o aparelho no meio de um filme [SCHWALD2003]. Deve ser um sistema multitarefa, obtendo assim a capacidade de realizar diversas operações simultaneamente, como analisar vários fluxos de dados, enviar e receber dados, salvar informações, etc. Alguns dos sistemas operacionais encontrados no mercado são o JavaOS da Sun Microsystems [JAVAOS], Linux, Windows CE [MSWCE] da Microsoft e sistemas exclusivos de algumas operadoras de TV como a PowerTV [PTV], Wind River [WRIVER], LSI [LSI] e MicroWare [MICROWARE].

2.6.2 *Middleware* e Máquinas Virtuais

Em um *set-top-box* o *middleware* consiste de um certo número de máquinas virtuais. Uma máquina virtual pode ser definida como um ambiente independente, comportando-se como fosse um *set-top-*

box separado [NETCABO]. Permite que se desenvolva aplicações para *set-top-box* sem se preocupar com o hardware existente, pois a aplicação apenas enxerga uma abstração do hardware. Com isso desenvolvedores podem criar aplicações que funcionam em receptores com hardware e de fabricantes diferentes.

As principais são máquinas virtuais HTML [HTML] e JavaScript [JSCRIPT], que permitem que desenvolvedores reutilizem conteúdo da Internet, reduzindo custos e mantendo um estilo de publicação de documentos eletrônicos que ficou quase que padronizado com a explosão da Internet. Também é comum máquinas virtuais Java, como a Personal Java [PJAVA] da Sun Microsystems [SUN], uma máquina virtual mais leve e limitada do que a encontrada em PC's, mas ainda assim extremamente robusta, permitindo a programadores desenvolverem uma infinidade de aplicações diferentes. Uma outra máquina virtual, que chegou a ser padronizada pela ISO [ISO] é a MHEG-5 [PRICE1993], que é uma linguagem desenvolvida para utilizar objetos multimídia em aplicações desenvolvidas em programas de TV interativa.

Os grandes consórcios de padronização da TV digital interativa estão desenvolvendo cada um seus próprios *middlewares*, e anexando neles máquinas virtuais, de acordo com suas necessidades, o que faz com que certas aplicações sejam compatíveis com *middlewares* diferentes.

2.7 Sistemas de Televisão Digital Interativa

2.7.1 ISDB (*Integrated Services of Digital Broadcasting*)

Sistema japonês desenvolvido pelo DIBEG (*Digital Broadcasting Experts Group*), *pool* de empresas que desde 1970 trabalhava no desenvolvimento de um sistema digital de televisão, mas que teve somente o seu lançamento no mercado nos anos 90. Muitos estudiosos consideram a estrutura desse sistema semelhante ao europeu, só que mais avançada [SILVA2003].

Utiliza o método de modulação de transmissão terrestre COFDM, que teve bons resultados em transmissões metropolitanas, observado pelos testes da ABERT/SET [DONZELLI2001].

Um diferencial desse sistema é a possibilidade de substituir uma antena de transmissão de grande potência por uma rede de antenas de transmissão de baixa potência, o que produz um desempenho superior em relação aos demais padrões no que diz respeito a ruídos e interferências, pois um receptor pode recuperar o sinal perdido através de outro transmissor.

Similarmente ao padrão europeu também possui o modo de transmissão hierárquica, possibilitando a transmissão do mesmo programa com resoluções diferentes.

Contudo, inicialmente os japoneses possuem a preferência em transmitir em HDTV. Além disso escolheram o método MPEG-2 AAC para a codificação dos sinais de áudio, uma versão melhorada da codificação utilizada pelos europeus. Testes realizados mostraram a capacidade de

recepção de sinal de TV digital no formato de imagem HDTV em aparelhos móveis sem distorções [DONZELLI2001].

A camada de software utilizada no sistema japonês é padronizada pela ARIB (*Associations of Radio Industries and Business*), que é uma aliança de empresas ligadas a telecomunicações, rádio e televisão do Japão. É conhecida como ARIB B24.

Oficialmente só o Japão adotou este sistema. Analistas expõem que um ponto importante levado em conta na escolha deste padrão é o custo. A tecnologia utilizada, necessária para atingir tais níveis de eficiência, fez com que o hardware utilizado nos receptores seja o mais caro atualmente [BOLAÑO2004].

2.7.2 ATSC (*Advanced Television System Comitee*)

Em 1987, nos Estados Unidos, o órgão regulador dos meios de comunicação deste país, o FCC (*Federal Communications Commision*) [FCC] constituía um grupo de pesquisadores e representantes das indústrias de televisão para que iniciassem a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias na área de televisão digital, bem como para a organização de políticas públicas para a organização da exploração das possíveis aplicações advindas desta pesquisa [BOLAÑO2004].

Em 1990 aparece o primeiro sistema totalmente digital, desenvolvido pela General Instrument, recentemente adquirida pela Motorola [MOTOROLA], desenvolvido para transmissão em HDTV (*High Definition TeleVision*), isto é, imagem em alta definição e formato de tela estilo cinema (16:9). Nos anos de 1991 e 1992 sistemas desenvolvidos por diversas empresas foram testados, até que em maio de 1993 as empresas interessadas em padronizar a transmissão formam a *Digital HDTV Grand Alliance* [ATSC], que começa a trabalhar no desenvolvimento de um padrão único, que oficialmente só foi homologado em 1996.

Foram padronizados a transmissão em alta definição (HDTV), o som codificado no sistema Dolby AC-3 em 5.1 canais, uma camada de software aberta, o DASE (*DTV Application Software Environment*) [DASE], que permite que serviços interativos sejam executados normalmente por qualquer receptor, também foi criado um protocolo bidirecional com o objetivo de retornar dados pelo canal de transmissão com o objetivo de colocar em prática a interatividade, foram também padronizados os tipos de modulação utilizados para a transmissão, o QPSK para transmissão via satélite, o 64QAM para transmissão via cabo e o 8-VSB para radiodifusão. Neste último caso não foi levado em conta a recepção por aparelhos móveis, o que fez com que o desenvolvimento para este fim acabasse inicialmente sendo abandonado. No Brasil testes realizados [DONZELLI2001] com este padrão (pela ABERT/SET [SET]) expuseram essas limitações, mostrando a impossibilidade de recepção móvel, e dificuldade de recepção por antenas internas em alguns pontos, principalmente em grandes cidades, levantando diversas críticas contra o padrão norte-americano [SET].

Atualmente mais de 200 empresas trabalham em conjunto para tentar melhorar o sistema ATSC de forma que este seja escolhido pelo maior número de países possível. Até o momento foi oficialmente escolhido pelo Canadá e o México, além dos Estados Unidos.

2.7.3 DVB (*Digital Video Broadcasting*)

Apesar dos países europeus terem começado a desenvolver sistemas de HDTV antes dos americanos, eles acabaram ficando defasados na tecnologia de transmissão terrestre [BOLAÑO2004], o que fez com que em 1991 diversas empresas européias privadas e estatais ligadas à televisão e de outros setores se unissem na formação da *European Launching Group* (ELG) [DVBH], que posteriormente culminou com o nascimento do DVB [DVB].

O sistema de transmissão terrestre DVB é o mais usado atualmente no planeta. Esse foco na transmissão terrestre resultou no desenvolvimento da modulação COFDM, que apresenta ótimo desempenho na recepção usando antenas internas. Uma característica importante deste padrão é que o mesmo possibilita uma transmissão hierárquica, permitindo que o telespectador possa assistir o mesmo programa em resoluções diferentes (480 linhas na recepção móvel e 1028 na recepção fixa). Além de ser menos susceptível a interferências.

Atualmente o consórcio DVB possui mais de 300 membros, inclusive com diversas empresas do setor de informática, que tem dado grande ajuda no desenvolvimento do MHP (*Multimedia Home Platform*) [MHP], a camada de software padrão do DVB, que permite a interação do espectador com as aplicações oferecidas pelo sistema. Empresas de telefonia celular contribuíram para o desenvolvimento do RCT (*Return Channel Terrestrial*), canal de retorno exclusivo de informações dos espectadores que não prejudica as transmissões, pois utiliza a tecnologia GSM, predominante na Europa. [BOLAÑO2004].

Lembrando que o padrão de codificação de áudio utilizado no DVB é o MPEG-2. Disponibilizando 6 canais de áudio e o formato de transmissão SDTV (*Standart Definition Television*) que mantém um formato de imagem 4:3, similar com o analógico só que com resolução similar ao um DVD (720 linhas). Permitindo assim otimização no uso dos espectros de frequência pelas produtoras de conteúdo, pois uma canal de 6 MHz da antiga transmissão analógica (igual no Brasil) que antes era 1 canal de TV, pode agora em SDTV ser vários canais diferentes com qualidade digital, mais um canal de dados.

Essa escolha européia, que deu preferência a maior quantidade de programação e maior capacidade de transmissão de dados, proporcionou o desenvolvimento de programas mais elaborados na tela da TV.

Comercialmente se mostrou um sucesso de vendas, pois necessita de um *set-top-box* com menor poder de processamento, tornando o mesmo mais acessível, inclusive às camadas mais

humildes da população, sendo esse um dos fatores que permitiu uma grande adoção, vista na Europa, pela TV digital [BOLAÑO2004].

O *middleware* MHP é de suma importância neste trabalho, e será visto com mais detalhes no capítulo 3.

2.8 Considerações finais

Os sistemas abertos de TVDI são padronizados por consórcios internacionais, formados por empresas de diversos setores, como fabricantes de aparelhos de televisão, empresas de radiodifusão, desenvolvedores de softwares, empresas da área de informática, desenvolvedores de aplicações interativas, empresas ligadas à publicidade e mídia, institutos de pesquisa científica e universidades.

Este capítulo apresentou uma visão geral sobre TVDI, enfatizando os principais sistemas abertos encontrados. Existem várias propostas de aplicações e serviços, alguns implementados comercialmente, outros não. Uma abordagem sobre serviços colaborativos, utilizando a plataforma da TV Digital Interativa, será vista no capítulo 4.

3 *Middlewares* para TV Digital Interativa

3.1 Introdução

Middlewares são camadas de software que servem como interface entre as camadas inferiores (sistema operacional, protocolos) e superiores (aplicações), garantindo a comunicação entre as camadas de forma transparente, gerenciando os componentes sem que as aplicações precisem se preocupar com a localização dos componentes requeridos, permissões de acesso, dentre outras funções [SOUZA2003].

Atualmente existem diversos *middlewares* para sistemas de TVDI especificados por organizações de padronização. Um breve destaque dos principais sistemas serão vistos a seguir, além do DVB-MHP, adotado no desenvolvimento nesta dissertação, o qual será visto de forma aprofundada.

3.1.1 GEM (*Globally Executable MHP*)

Com o objetivo de permitir que aplicações MHP fossem compatíveis em plataformas não totalmente MHP, como plataformas de *middlewares* proprietários, desta forma permitindo a interoperabilidade de aplicações, foi dado início ao desenvolvimento da especificação GEM. A especificação GEM lista quais partes da especificação MHP são tecnologias DVB para que as mesmas possam ser substituídas por tecnologias equivalentes às originais, chamadas então de “equivalentes funcionais” [DVB2], permitindo assim que essas tecnologias possam ser negociadas à parte entre a DVB e qualquer organização interessada em utilizar o GEM.

3.1.2 OCAP (*OpenCable Application Platform*)

OCAP é a especificação do *middleware* usado nos receptores (*set-top-box*) de TVDI dos operadores de TV a cabo na América do Norte (EUA e Canadá). Desenvolvido inicialmente pela empresa CableLabs, possui a versão 1.0 baseada na especificação DVB-MHP 1.0.2 e está compatível com a especificação GEM 1.0.0. No nível técnico várias tecnologias DVB não utilizadas pela OCAP são removidas ou substituídas pelos seus “equivalentes funcionais” como especificados pelo GEM, a OCAP possui funcionalidades além das fornecidas pela DVB-MHP, como aplicações embutidas, por exemplo, clientes de correio eletrônico e clientes de aplicações de vídeo sob demanda.

3.1.3 DASE (*Digital TV Application Software Environment*)

Foi desenvolvido pela ATSC para ser o *middleware* oficial da TVDI americana com transmissão terrestre. A especificação DASE é dividida em três versões, chamadas de níveis, que são baseados

nas complexidades das aplicações possíveis de serem usadas no receptor (*set-top-box*), levando em conta os recursos de hardware disponíveis [DASE]

3.1.4 ACAP (*Advanced Common Application Platform*)

Inicialmente desenvolvido pela CableLabs e outras empresas em conjunto com a ATSC, a ACAP nasceu com o objetivo de permitir a interoperabilidade entre aplicações desenvolvidas em ATSC-DASE e CableLabs-OCAP, permitindo assim a fácil conversão de sinais de TVDI terrestre (incluindo aplicações interativas) para a TV a cabo. Iniciou com a padronização do conteúdo declarativo, o qual é baseado no DASE-XHTML e o conteúdo procedural importado do CableLabs-OCAP que por si próprio é baseado na especificação GEM.

3.1.5 ARIB (*Association of Radio Industries and Business*)

A última especificação do *middleware* ARIB, conhecida como B24 é um complemento da especificação ARIB B23, especificação base para transmissão de TVDI japonesa com o acréscimo de compatibilidade ao GEM. Um “equivalente funcional” definido pelo ARIB é o carrossel de dados que substitui o protocolo de transmissão de dados baseado em carrossel de objetos do DVB-MHP.

3.2 O *Middleware* MHP

O objetivo do MHP (*Multimedia Home Platform*) [MHP] é manter a compatibilidade entre aplicações desenvolvidas por diferentes provedores de serviços com hardware proprietários, ou não, recebidos pelos receptores heterogêneos dos usuários. O padrão MHP consiste de uma combinação de suportes à difusão (*broadcast*) e à Internet, oferecendo uma interface de programação comum (API - *Application Programming Interface*) que é acessível a todos que desejam desenvolver aplicações, receptores e aparelhos de TV.

De forma similar aos níveis DASE o padrão DVB-MHP define perfis, que delimitam a área de atuação das aplicações e desta forma classificam os receptores de acordo com as funcionalidades habilitadas [MHP].

- *Enhanced Profile*: Apesar do nome, este é o perfil mais simples, não oferecendo suporte a canal de retorno e conexão IP. Executa tanto as aplicações residentes como as recebidas via difusão (*broadcast*).
- *Interactive Profile*: Possui suporte a um canal de retorno e também a uma conexão IP, permitindo interatividade remota. Pode receber aplicações por difusão e também pelo canal de retorno e conexão IP.

- *Internet Access Profile*: Este é o perfil que possui as funcionalidades mais avançadas, incluindo suporte a aplicações *web*. Além de suporte a aplicações desenvolvidas em linguagem procedural (Java), é compatível com aplicações desenvolvidas em linguagens declarativas (HTML).

Os dois primeiros perfis foram definidos na primeira especificação MHP – denominada MHP 1.0; enquanto o último foi especificado em uma atualização – MHP 1.1.

Todos os perfis possuem suporte a aplicações interativas desenvolvidas com a DVB-J API, uma interface de programação de aplicações baseada em Java, provendo assim interoperabilidade entre diferentes redes de difusão, porque aplicações transmitidas desenvolvidas em Java são completamente independentes da plataforma em que executam.

Dois importantes diferenças entre o MHP 1.0 e o MHP 1.1 são que a nova especificação permite a possibilidade de armazenar localmente aplicações e *plug-ins* recebidos por difusão, além do acréscimo da DVB-HTML API, uma interface de programação de aplicações baseadas em HTML.

3.3 Arquitetura MHP

Um modelo da arquitetura MHP consiste de três camadas [PENG2002], descrevendo desta forma elementos de hardware e software, organizados conforme a Figura 5:

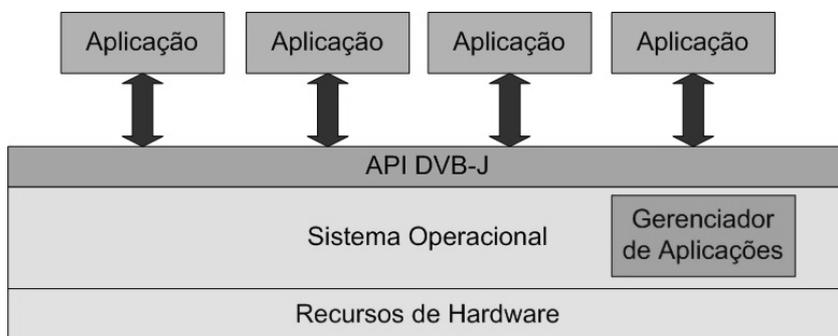


Figura 5. Modelo da arquitetura MHP.

- Camada de recursos: Nesta camada estão incluídos os recursos de hardware embutidos na televisão ou *set-top-box*. Não é definido como os recursos são agrupados, nem sua quantidade, devido à variedade de plataformas de hardware usadas. Recursos disponíveis incluem hardware de decodificação MPEG, dispositivos de entrada e saída de dados, CPU, memória e sistemas de geração de imagem.
- Camada de Software: As aplicações não acessam diretamente os recursos de hardware. A camada de software traz uma visão abstrata dos recursos disponíveis. Isolar assim as aplicações do hardware permite a portabilidade das aplicações desenvolvidas no

ambiente MHP. A camada de software inclui um gerenciador de aplicações, que é uma aplicação residente responsável por controlar o ciclo de vida das aplicações.

- Camada de Interface das Aplicações: Esta camada mantém a interoperabilidade das diversas aplicações MHP desenvolvidas, utilizando principalmente a DVB-J API, aplicações estas orientadas a objeto e baseadas na linguagem de programação Java. Esta DVB-J API é um conjunto de funções de alto nível, estruturas de dados e protocolos que representam uma interface padrão para o desenvolvimento de software independente de plataforma de hardware [FOTSCHL2004].

3.4 Aplicações MHP

Aplicações podem ser desenvolvidas em DVB-J, DVB-HTML ou em outro tipo de linguagem ou código nativo e que depois sejam executadas via *plug-ins*. Uma visão desta situação onde aplicações diferentes convivem simultaneamente pode ser vista na Figura 6.

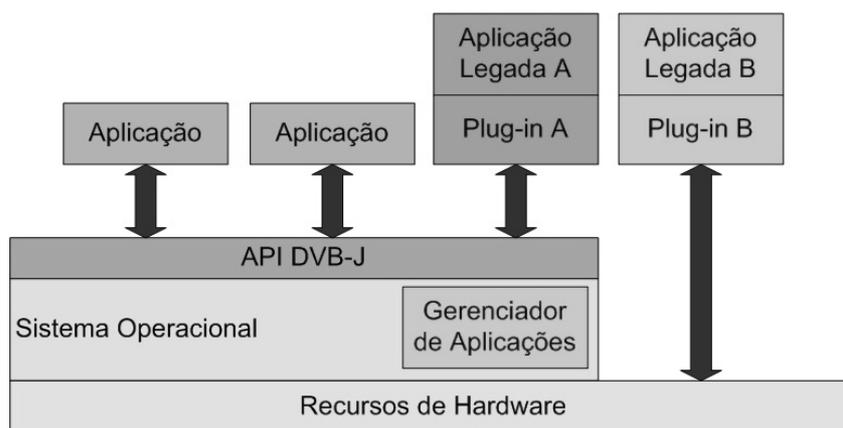


Figura 6. Aplicações diferentes simultâneas na arquitetura MHP.

Um *plug-in* oferece uma funcionalidade que pode ser adicionada ao MHP com o objetivo de prover a interpretação de aplicações e formatos de conteúdo não especificado no padrão MHP. Existem duas formas de se implementar um *plug-in* no ambiente MHP [MHP] :

- O *plug-in* pode ser disponibilizado em código nativo ou implementado na especificação MHP (na imagem acima o *plug-in B*).
- Pode ser embutido em uma aplicação MHP.

Aplicações que não necessitam de *plug-ins* são consideradas aplicações MHP compatíveis. Estas aplicações são implementadas na linguagem de programação Java utilizando a interface de programação de aplicações DVB-J API. Um *set-top-box* pode receber em um fluxo de difusão uma ou várias aplicações DVB-J, que podem ser executadas sequencialmente ou simultaneamente. Se elas forem executadas simultaneamente o provedor de serviço é responsável pelo comportamento

dessas aplicações para garantir que não causem problemas de interferência entre elas perceptíveis ao usuário.

O padrão DVB-J é formado por um número de pacotes de software que provêem API's genéricas para uma grande gama de funcionalidades permitidas na plataforma. Desenvolvedores devem utilizar estas API's para criar aplicações DVB-J compatíveis. As API's DVB-J são baseadas em um subconjunto do Kit de Desenvolvimento Java (*Java Development Kit* – JDK 1.1) que foram modificadas para se adaptarem ao ambiente MHP. Além da JDK 1.1 outros pacotes foram adicionados ao padrão MHP. A API DVB-J consiste de algumas pequenas API's, dentre elas as mais importantes são as seguintes:

- API Fundamental : As API's fundamentais possuem parte das API da plataforma Java (destaca-se os pacotes `java.lang` com algumas restrições e a `java.util`). Existem também outras API's definidas pelo DVB como os pacotes `org.dvb.lang` e o `org.dvb.event`.
- API de Apresentação : Algumas classes provenientes do pacote `java.awt` são incluídas para permitir suporte aos componentes pesados (*heavyweight*) no ambiente MHP. A maioria das classes dos pacotes `java.awt.event` e `java.awt.image` são suportadas. Classes adicionais foram incluídas para estender as funcionalidades do pacote `java.awt`, isso com a intenção de adicionar funcionalidade de interface com o usuário específicas do ambiente televisivo, funcionalidades essas que incluem componentes pesados adicionais ao pacote Java padrão e gerenciamento de cores específicas.
- API de Fluxo de Mídia : As classes `javax.media` e `javax.media.protocol` originárias do pacote *Java Media Framework* (JMF) [JMF] são suportadas. Uma extensão ao JMF é incluída como uma API específica do padrão MHP. Esta API de controle de fluxo de mídia permite que aplicações acessem mídias que são transmitidas através de um fluxo de transporte MPEG.
- API de acesso a dados : No ambiente MHP dados podem ser acessados através de um canal de difusão ou do canal de retorno. Estão presentes API's com funcionalidades para serem utilizadas para acessar dados em cada um dos canais. Para acessar arquivos de uma aplicação que são transmitidas em um canal de difusão através de um carrossel de objetos é utilizada a classe `java.io.File`. Por causa das propriedades de um ambiente de difusão, as aplicações podem somente ter acesso a arquivos provenientes de um carrossel de objetos. Somente os operadores de canal podem atualizar arquivos que são transmitidos via difusão em um carrossel de objetos [FAGERQVIST2000].

- API de seleção de serviços e informações : API's que incluem funcionalidades de obter informações de serviços selecionados e selecionar outros serviços disponíveis.
- API's de Controle da Infraestrutura : Pacotes que incluem a classe de interface *Xlet* e a *XletContext* que são utilizadas na comunicação entre as aplicações e o gerenciados de aplicações. (Aplicações DVB-J costumam ser chamadas de *Xlets*. Os conceitos de *Xlet* e *XletContext* serão vistos adiante, na seção 3.6).

3.5 Sinalização de Aplicações

O conceito de sinalização de aplicações foi definido na especificações MHP [MHP]. Aplicações pertencem a um serviço, e um serviço pode conter zero ou mais aplicações. Quando um usuário seleciona um serviço, o *set-top-box* MHP deve identificar as aplicações relacionadas com este. As sinalizações de aplicações são incluídas (multiplexadas) no fluxo de transporte MPEG-2 transmitido, e conduzem informações sobre o ciclo de vida das aplicações.

O fluxo de transporte contém uma *Program Association Table* – PAT (Tabela de Associação de Programas), que lista todos os serviços que são transmitidos em um fluxo de transporte. Para cada serviço em um fluxo de transporte existe uma *Program Map Table* – PMT (Tabela Mapa dos Programas), que mantém informações específicas sobre o conteúdo de um serviço, incluindo identificadores dos fluxos elementares (fluxos de áudio e/ou vídeo e/ou dados) incluídos neste serviço.

Se um serviço possui mais de uma aplicação associada, uma *Application Signalling Descriptor* (Descritor de Sinalização de Aplicações) é incluída no PMT deste serviço. Este descritor identifica o fluxo elementar na qual a *Application Information Table* – AIT (Tabela de Informações de Aplicações) é enviada. A AIT provê informações sobre as aplicações associadas com o serviço, para cada aplicação são incluídas as seguintes informações:

- O tipo de aplicação. Se é DVB-J ou uma aplicação que necessita de *plug-in*.
- Um identificador único que identifica esta aplicação.
- O código de controle desta aplicação que controla o ciclo de vida desta aplicação.

Os diferentes códigos de controle enviados para controlar o ciclo de vida de uma aplicação são os seguintes [MORRIS2005]:

- AUTOSTART – Aplicação é iniciada quando este controle é enviado, permitindo dessa forma que o difusor solicite a execução automática de aplicações vinculadas à transmissão.

- **PRESENT** – Indica que a aplicação está presente com o serviço. A aplicação não será iniciada automaticamente, mas será adicionada à lista de aplicações disponíveis no receptor.
- **DESTROY** – O método `destroy()` da interface *Xlet* é chamado com o *flag* incondicional configurado para falso. Neste caso a aplicação ainda poderá ficar em execução caso a própria aplicação ou o usuário desejarem.
- **KILL** – O método `destroy()` da interface *Xlet* é chamado com o *flag* incondicional configurado para verdadeiro. A aplicação será removida da execução incondicionalmente.
- **REMOTE** – Comunica ao gerenciador de aplicações que esta aplicação somente poderá ser executada a partir da sintonia do serviço apropriado.
- **PREFETCH** – Válido somente para aplicações DVB-HTML. Indica que a aplicação pode ser carregada, mas não iniciada a sua execução.

Um exemplo pode ser visto no seguinte caso: O serviço A é selecionado, então os códigos de controle deste serviço na AIT são lidos. Como a AIT para um serviço específico é transmitido em pequenos intervalos de tempo, os seus *flags* de controle podem ser atualizados entre algumas destas versões de AIT. Assim o operador de serviço controla o momento de inicialização de uma determinada aplicação enviando o AUTOSTART no momento programado para coincidir com a transmissão de um programa em especial.

3.5.1 Sinalização de aplicações por difusão

O controle básico sobre o ciclo de vida das aplicações se dá através das transmissões dos serviços via difusão. Assim o operador de canal possui o controle de inicializar uma determinada aplicação no momento desejado. Quando um serviço transmitido é selecionado, as aplicações que são listadas na AIT deste serviço e identificadas com AUTOSTART são inicializadas imediatamente. O *set-top-box* MHP monitora as mudanças de sinalização de aplicações emitidas pelo operador de canal, que incluem o início ou fim de uma aplicação, como também a inicialização de outras novas aplicações simultaneamente. Aplicações que não são sinalizadas com o AUTOSTART na AIT requerem um comando explícito de inicialização. Essa inicialização pode ser feita através de um navegador de aplicações residente no *set-top-box* ou através de outra aplicação MHP [FAGERQVIST2000].

3.6 Interface *Xlet*

Uma aplicação DVB-J possui sempre uma classe na aplicação que define uma interface *Xlet*. Normalmente as aplicações DVB-J são chamadas de *Xlets*.

Uma interface *Xlet* possui métodos que permitem controlar o ciclo de vida da aplicação. É através desta interface *Xlet* que o gerenciador de aplicações do *set-top-box* controla as aplicações.

Existe uma certa similaridade entre um *Xlet* e um *Applet*, utilizado no ambiente da Internet. Ambos não possuem um método `main()` como há nas aplicações Java tradicionais [JAVAOS], e sim métodos para que uma segunda aplicação (no caso do *Xlet*, o gerenciador de aplicações) possa controlar o seu ciclo de vida.

Existe uma comunicação bidirecional entre a classe *Xlet* e o gerenciador de aplicações, que usa os métodos da interface *Xlet* para se comunicar com a aplicação e esta usa uma referência a um objeto da classe *XletContext* para se comunicar com o gerenciador de aplicações. A referência ao objeto *XletContext* é passada ao *Xlet* quando o método `initXlet()` é chamado.

Existem três motivos que podem fazer com que uma aplicação DVB-J mude seu estado:

- Quando o gerenciador de aplicações usa os métodos definidos através da interface *Xlet* para sinalizar a mudança de estado para a aplicação.
- Quando há uma sinalização de aplicações via difusão, enviando um novo código de controle para a aplicação.
- Quando a própria aplicação muda seu estado.

A Figura 7 mostra os estados possíveis de serem atingidos por uma aplicação *Xlet* [MHP]:

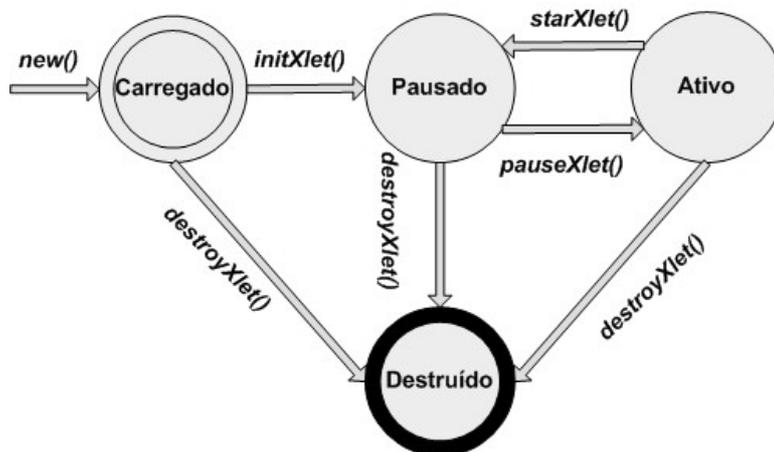


Figura 7. Diagrama de estados de uma aplicação *Xlet*.

- Carregado: O *Xlet* foi carregado, mas não inicializado. Este estado é atingido após o método `new()` ser chamado pelo gerenciador de aplicações. Um *Xlet* possui um construtor sem argumentos que é chamado e cria o *Xlet* sem lançar uma exceção. Se um erro ocorre durante a criação do *Xlet*, uma exceção é lançada e então a aplicação passa ao estado de Destruída e é descartada, através do método `destroyXlet()`.

- Pausado: O estado Pausado é atingido após o método `initXlet()` ser chamado, caso este não retorne exceção. Este estado também pode ser atingido se um *Xlet* no estado ativo receber uma chamada de método `pauseXlet()` que retorna sem exceções. Neste estado o *Xlet* deve liberar todos os recursos antes alocados a ele e agora não mais necessários, para um melhor aproveitamento dos recursos existentes pelas demais aplicações.
- Ativo: No estado ativo o *Xlet* deve funcionar normalmente e prover o serviço para o qual foi desenvolvido. O estado ativo é atingido após ter passado pelo estado Pausado, ter recebido a chamada de método `startXlet()`, e não retornado exceção.
- Destruído: Quando um *Xlet* entra no estado destruído, todos os recursos por ele antes alocados devem ser liberados. Este método é atingido a partir de todos os estados, necessitando somente ocorrer a chamada de método `destroyXlet()`.

3.7 Interface com o Usuário (GUI – *Graphic User Interface*)

Alguns pontos a considerar no desenvolvimento de aplicações gráficas podem tornar esta parte da especificação MHP como a mais complexa [MORRIS2005]:

- Pontos na tela: Vídeo e aplicações exibidas na TV tipicamente apresentam pontos (*pixels*) retangulares, enquanto que para a API gráfica os pontos são quadrados. A exibição de aplicações nos receptores sofrerá com essas variações de dimensões que podem variar de receptor para receptor.
- Variação no tamanho de exibição: O tamanho de exibição em uma TVDI pode ser alterado do tamanho padrão de 4:3 para o tamanho *widescreen* (16:9) ou até para 14:9. Pode ser uma alteração automática do programa a ser exibido ou uma escolha do usuário. A exibição da aplicação pode sofrer alterações no tamanho e objetos com a intenção de ser circulares podem deixar de sê-lo.
- Transparência: Pode surgir a necessidade de que a aplicação seja transparente, para que o usuário veja a camada de vídeo abaixo dela.
- Cores: Java mapeia cores através de RGB e os sinais de TV são mapeados através de YUV.
- Gerenciador de Janelas: Gerenciadores de Janelas (*window managers*) são muito complexos para serem usados na maioria dos receptores de TVDI, sem isto a aplicação terá que sozinha se desenhar na tela, e desta forma coexistir com outras aplicações Java ou proprietárias.

- Diferenças na interface com o usuário: As aplicações possuem uma nova forma de interação com o usuário, principalmente se somente um controle remoto de TVDI está disponível.

Para a TV digital um modelo de *display* de imagem usado como referência para o desenvolvimento de aplicações encontrado na maioria dos ambientes de desenvolvimento de aplicações multimídia é similar ao da Figura 8 [SCHWALD2003].

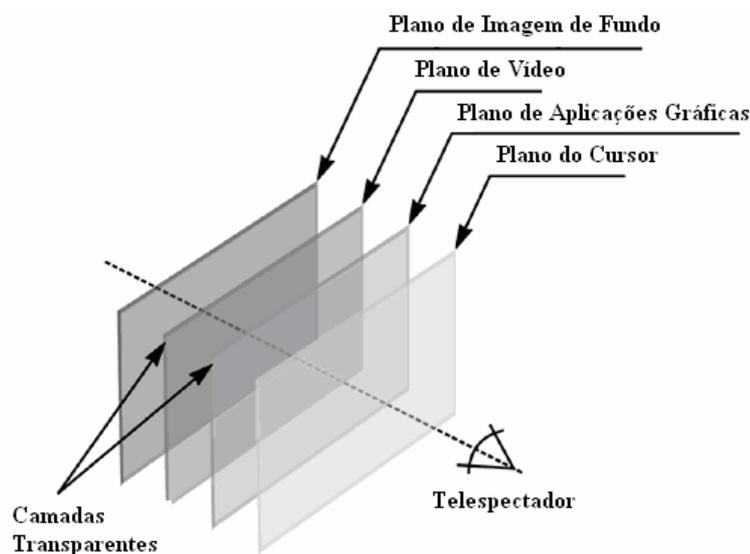


Figura 8. Modelo referência de *display*.

Este modelo é o que melhor cumpre com as exigências do ambiente de desenvolvimento de aplicações para TV interativa. São definidos 4 planos conceituais de imagem, um plano de imagem de fundo de tela (*background*), um plano de vídeo, um plano gráfico e um plano exclusivo para o uso de cursores, como o ponteiro de mouse, por exemplo. Os planos são sobrepostos para produzir a imagem vista pelo usuário final.

O plano de *background* tem por finalidade definir uma cor de tela quando os outros planos estiverem desabilitados ou não visíveis. Este plano pode ser definido para ter uma cor à escolha do desenvolvedor, para ser um tipo de “tela azul”, ou ter uma imagem fixa, como um logo de fabricante.

O plano de vídeo tem por finalidade exibir a saída de vídeo em execução. Possui propriedades de translação e escalonamento. Escalonamento porque pode ser redimensionado em algumas resoluções possíveis e dessa forma transladado para qualquer ponto na tela, de acordo com a necessidade da aplicação. O plano de vídeo, quando unido ao plano gráfico, faz uso de um canal alfa para exibição de imagens. Ambos os planos são combinados *pixel a pixel* utilizando um valor alfa onde diferentes *pixels* têm diferentes valores alfa. O canal alfa é um tipo de máscara, que especifica como as cores de cada *pixel* devem ser mescladas com outros *pixels* quando os dois

planos estiverem sobrepostos para caracterizar a opacidade das cores, brilho e escala de cinza para definir transparência parcial, para no final ter a habilidade de desenhar um plano gráfico semitransparente sobre o plano de vídeo [PENG2000].

No plano gráfico se obtém a exibição ao usuário da interface da aplicação. A aplicação pode ter resolução diferente do plano de vídeo, podendo ser desde a resolução mínima de 640x480 *pixels* até a resolução máxima permitida pelo hardware do equipamento.

No plano do cursor aparece ao usuário o ponteiro da tela suportado pela aplicação, utilizado para a navegação pelos objetos mostrados pelo plano gráfico.

3.7.1 A interação com o usuário

Os objetos na tela, que podem ser manipulados, representam as alternativas de interação com o sistema. O usuário tem acesso a um conteúdo e recebe opções de interação através de objetos que são colocados na tela. Assim, o usuário pode selecionar um dos objetos como forma de expressar o que deseja fazer.

As interfaces gráficas com o usuário (GUI) são construídas com um conjunto de *widgets*, botões ou listas, por exemplo, que são elementos gráficos já prontos. O desenvolvedor de interfaces com o usuário escolhe a que mais se adapte a sua necessidade, escolhendo qual deseja usar e posteriormente em que posição na tela colocar. Elementos GUI podem ser divididos em duas categorias, componentes e *containers* [GARCIA2001]. O container se refere a uma região nas quais os componentes são colocados e um componente pode ser um botão colocado em uma determinada região.

Assim a interação ocorre pela escolha dos objetos colocados na tela e a reação que cada um deles tem ao ser selecionado pelo usuário.

3.7.2 Interfaces com o usuário produzidas em Java

As interfaces com o usuário no ambiente de Televisão Digital são principalmente desenvolvidas na linguagem de programação Java [JAVAOS]. Java é uma linguagem de programação orientada a objeto desenvolvida tendo em mente os problemas de construção de software para aparelhos eletroeletrônicos em geral. Sendo assim, a compatibilidade e segurança foram os objetivos principais [PENG2000]. Java oferece GUI *frameworks* [JTVAPI], que são conjuntos de classes e interfaces usadas para o desenvolvimento de interfaces com o usuário (GUI). Esses *frameworks* incluem *widgets*, que podem ser colocados na tela e gerenciadores de *layout* para controlar o *layout* dos *widgets* dentro dos seus *containers*. Java ainda oferece mecanismos de controle de eventos, que são o comportamento dos *widgets* ao serem selecionados pelo usuário.

Um fator chave em Java é o uso de uma máquina virtual Java (JVM-*Java Virtual Machine*), que é uma abstração de um computador, pois compiladores Java criam programas para as máquinas

virtuais. Desta forma o programa pode ser utilizado em qualquer aparelho que possua uma máquina virtual, independente do hardware abaixo da máquina virtual, o que faz com que as interfaces gráficas desenvolvidas em Java sejam compatíveis com modelos diferentes de receptores. Apesar de existir compatibilidade existem diferenças relativas à escolha do *framework* Java escolhido no desenvolvimento da GUI.

No pacote Java TV [JTVAPI] da *Sun Microsystems* que faz parte do padrão MHP, dois *frameworks* de desenvolvimento de GUI são encontrados, o AWT e o SWING.

- AWT (Abstract Windowing Toolkit): O padrão AWT vem acompanhando o Java desde as suas primeiras versões, e é mantido no sentido de compatibilidade com códigos de programa mais antigos. Uma característica do AWT é a forma de como um *widget* é desenhado na tela. No ambiente AWT para cada *widget* mostrado na tela existe, além do código Java que o gera, um código nativo, compatível com o hardware local, chamado de objeto par (*peer object*), que gerencia um componente nativo do sistema operacional deste hardware, abaixo da máquina virtual Java. Assim, para cada *widget* criado em AWT, um objeto par é criado em código nativo pelo sistema operacional. Isto traz em contrapartida um aumento no tempo de renderização gráfica e consumo de memória. Por causa disso o AWT é classificado como um ambiente pesado (*heavyweight*). Outra característica importante é que como um *widget* AWT precisa de um par em código nativo do sistema operacional, variações de hardware fazem com que a interface gráfica se mostre diferente. Apesar de ser compatível com o MHP, o DVB não recomenda o desenvolvimento de GUI em AWT [MHP].
- SWING : O SWING veio posteriormente para corrigir as deficiências do AWT [PENG2000]. No *framework* SWING cada *widget* estende a classe `java.awt.Component` e desenha a si mesmo no seu container pai, a janela, se tornando assim um *widget* que é Java puro, não necessitando de nenhum apoio do sistema operacional, não tendo um objeto par. Como as interações entre a máquina virtual Java e o sistema operacional são reduzidas o ambiente SWING é chamado de leve (*lightweight*), pois o tempo de renderização e consumo de memória é reduzido. Outra diferença em relação ao ambiente AWT é que uma GUI desenvolvida em SWING é sempre igual, não importando o hardware, ponto importante no desenvolvimento de GUI para a TVDI [MHP].

Outro ponto importante é que como SWING desenha seus próprios *widgets*, surge a possibilidade de *widgets* de várias formas, tamanhos e cores, inclusive transparências. Por exemplo, no AWT os botões serão sempre retangulares e no SWING podem ter qualquer forma desejada, inclusive transparências.

O padrão MHP permite que desenvolvedores criem o seu próprio *framework* SWING, ao invés de utilizar o do Java TV e o utilizem para desenvolver aplicações para TV Digital. É interessante para redes de TV que querem manter uma aparência original de suas GUI, mas com isso limitando a compatibilidade, pois os receptores necessitam ter a máquina virtual desse SWING proprietário para exibir essa GUI.

Para permitir compatibilidade, DVB anexou na especificação MHP o HAVi *framework* para o desenvolvimento de GUI.

3.8 HAVi – Home Audio/Video interoperability

HAVi [HAVI] é uma organização fundada por oito grandes empresas fabricantes de produtos eletrônicos com o objetivo de desenvolver uma API comum para obter interoperabilidade entre aparelhos eletro-eletrônicos. A DVB anexou no MHP parte desta API, especificamente o módulo de interface gráfica chamado de *HAVi Level 2 User Interface* (Interface de Usuário Nível 2 da HAVi).

O desenvolvimento da GUI HAVi foi baseada no *framework* SWING, por isso algumas de suas classes são compatíveis com Java TV, outras não. Ela mantém as classes principais, como a `java.awt.Component` que é necessária para construir *widgets lightweight*.

Algumas diferenças estão no sentido que a especificação HAVi inclui conceitos exclusivos do ambiente televisivo, como a recepção de comandos provenientes de controle remoto, tamanho e resolução de tela de televisão, *containers* de aplicação e formas de trabalhar com *widgets* transparentes.

Como o controle remoto é o dispositivo de entrada de comandos padrão da televisão ele é suportado se estendendo a classe `java.awt.event.KeyEvent`. Apesar de teclado e mouse serem dispositivos de entrada específicos do ambiente PC, o HAVi mantém suporte a teclado, já mouse é opcional, ainda que sugere o suporte a um dispositivo apontador como um *trackball* ou teclas de direção esquerda, direita, acima, abaixo e de confirmação. Permite, mas não obriga a dedicação de teclas exclusivas no controle remoto para aplicações, como eventos de ligar e desligar, teclas numéricas para seleção de canais numeradas de 0 a 9, teclas de troca de canal para próximo e anterior, aumento ou redução de volume, teclas de acesso direto a serviços como navegador, tele texto, guia de programação ou qualquer aplicação interativa.

O padrão HAVi suporta os 4 planos conceituais de imagem, o plano *background*, vídeo, gráfico e o de cursor trabalhando com a sobreposição deles para gerar a imagem desejada ao usuário. Um ponto interessante é que o padrão disponibiliza classes de configuração que determinam a configuração de vídeo atual e detectam modificações. Isto permite que se tenha uma configuração padrão de vídeo desejada, checando o hardware do *set-top-box* para verificar se

possui os pré-requisitos desta configuração; caso não possua, uma configuração inferior e possível é escolhida, evitando erros de visualização da interface gráfica.

A DVB recomenda o desenvolvimento de GUI usando a HAVi API por ela ter um bom controle sobre as configurações de hardware e por possibilitar a customização da aparência da GUI [GARCIA2001].

3.8.1 Configuração da Interface gráfica: As classes HScreen e HScene.

Duas classes surgem para a configuração da interface gráfica, a classe HScreen e a classe HScene [MORRIS2005].

A classe HScreen representa o dispositivo físico da interface gráfica. Cada receptor MHP possui uma instância da HScreen para cada *display device* conectado, sendo que tipicamente haverá somente um. Cada HScreen possui um número de objetos HScreenDevice, que representam as várias camadas do *display*. Tipicamente haverá uma de cada das seguintes subclasses:

- HBackgroundDevice: representando a camada de *background*.
- HVideoDevice: representando a camada de vídeo.
- HGraphicsDevice: representando a camada de aplicação gráfica.

Normalmente haverá somente uma camada de *background*, mas em receptores com capacidade de executar funções como *picture-in-picture* haverá múltiplas camadas de vídeo. Desta forma, haverá vários objetos HVideoDevice com configurações independentes e similarmente haverá a possibilidade de várias camadas de aplicações gráficas com objetos HGraphicsDevice independentes.

Na Figura 9 é representado um display MHP de acordo com as classes HAVi.

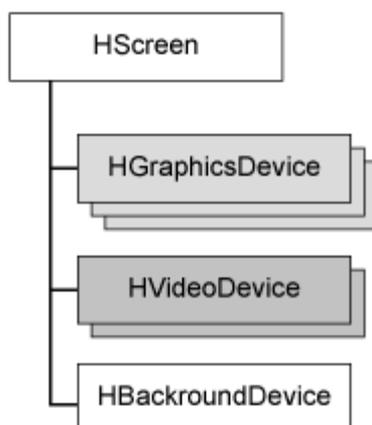


Figura 9. Representação de um *display* MHP.

A configuração do dispositivo (*device*) gráfico é feita através do uso de instâncias da classe HScreenConfiguration e suas subclasses, possibilitando assim a escolha do formato dos *pixels*, tamanho da tela (4:3, 16:9, 14:9), resolução da tela e demais parâmetros. A classe

`HScreenConfigTemplate` permite criar uma configuração modelo para o *display*, testar o *device* físico sobre a possibilidade de executar tal configuração antes de aplicá-lo e, se confirmada, a possibilidade aplicar o modelo ou caso contrário escolher uma configuração inferior.

A classe `HScreen` possui subclasses como a `HBackgroundConfigTemplate`, `HVideoConfigTemplate` e `HGraphicsConfigTemplate` com métodos que indagam o hardware existente sobre a melhor configuração possível (`getBestConfiguration()`) possibilitando assim o desenvolvimento de aplicações robustas no sentido de poderem ser executadas em receptores com capacidades gráficas diferentes.

Uma característica interessante é que as aplicações podem classificar suas necessidades gráficas com diferentes prioridades, seriam elas, `REQUIRED` (a preferência deve ser obtida), `PREFERED` (deve ser encontrada, mas pode ser ignorada se necessário), `UNNECESSARY` (a aplicação não tem preferência nesta configuração), `PREFERRED_NOT` (a preferência é que a aplicação não deve usar este valor, mas usará se necessário) e a `REQUIRED_NOT` (a aplicação não deve usar o valor especificado).

Um exemplo seria se a aplicação necessita configurar a resolução da camada de vídeo para 1024x768 pontos e atribui esta necessidade como `REQUIRED`; desta forma, a aplicação verifica se a camada de vídeo pode exibir nesta resolução, caso contrário, a aplicação pode ser abortada. Desta forma a aplicação pode verificar as capacidades gráficas encontradas no receptor e se adaptar a elas, se possível, fazendo as alterações de exibição necessárias ou abortando a execução se as necessidades mínimas não forem satisfeitas para evitar uma exibição incorreta para o usuário.

Devido à limitação de memória e processamento nos receptores de TVDI não é esperado que estes tenham algo similar a um gerenciador de janelas (*windows manager*). Assim sendo a forma de desenvolvimento de aplicações segue uma linha que não necessita deste gerenciador na qual as aplicações se auto controlam, alocando recursos necessários e se “desenhando” na tela. Neste momento surge a classe `HScene`, que define algo similar a um `Frame` em Java tradicional com algumas restrições de segurança. Uma restrição seria que uma aplicação vinculada a uma `HScene` não enxerga aplicações vinculadas a outras `HScene`s ou a objetos que não estejam vinculados a mesma `HScene`.

Cada aplicação pode somente criar uma `HScene` e nesta adicionar os `HContainer`s necessários com os objetos gráficos próprios (`HComponent`), qualquer tentativa de criar uma segunda `HScene` falhará, pois devido a inexistência de um gerenciador de janelas somente uma aplicação poderá estar em primeiro plano no *display* (*top-level window*).

Um `HContainer` é similar a um `Container` em Java tradicional, possuindo um gerenciador de layout para, de acordo com a necessidade, posicionar os objetos gráficos (*widjets*) que estendem a classe `HComponent`.

A única situação em que uma aplicação terá mais que uma `HScene` é quando existem mais do que um *display device*, e neste caso mais do que uma `HScreen`.

As subclasses `HSceneFactory` e `HSceneTemplate` são utilizadas para configurar características específicas do ambiente TV como aspecto de exibição (4:3, 16:9) e transparências entre camadas gráficas do *display*. Da mesma forma que se pode verificar características de hardware para a criação de uma `HScreen` pode-se questionar as capacidades de uma `HScene` no sentido de ela ter, por exemplo, o tamanho mínimo necessário para receber todos os objetos gráficos da aplicação, com as chaves `PREFERED`, `REQUIRED`, `UNNECESSARY`, `PREFERED_NOT` e `REQUIRED_NOT` para que os objetos da aplicação sejam montados corretamente.

A especificação MHP prevê o suporte a formatos de imagens como GIF, JPEG, PNG e MPEG *I-frame*, este último somente para imagens da camada de *background*, para aumentar a riqueza de detalhes das aplicações desenvolvidas.

Faz parte também o pacote *Java Media Framework*, que fornece classes para o controle e exibição de subtítulos e apresentação dos formatos de mídia suportados.

3.9 Considerações finais

Middlewares de TVDI permitem o desenvolvimento de serviços e aplicações portáteis entre receptores de diferentes fabricantes. Este capítulo apresentou uma visão geral dos principais componentes de *middlewares*, abordando principalmente o MHP, escolhido como plataforma de desenvolvimento utilizada neste trabalho.

A criação de aplicações para o ambiente de TVDI possui características únicas, em especial os cuidados no desenvolvimento da interface gráfica, devido às características variadas nos formatos de tela e resolução, mas todos previstos e controláveis através das API's disponibilizadas.

Na seqüência, são apresentadas algumas aplicações e abordagens para ambientes colaborativos em TVDI, com ênfase em suportes e serviços educacionais, mais especificamente, ensino à distância.

4 Aplicações colaborativas em TVDI e abordagens de ensino à distância

4.1 Introdução

A literatura sobre as áreas de colaboração e cooperação, usando ferramentas computacionais, já acumula mais de uma década de pesquisas. Existem diversos trabalhos que associam o uso de aplicações colaborativas na área educacional. Este capítulo tem por objetivo introduzir os conceitos sobre a área de ensino à distância, relacionando-os com conceitos de aplicações e ferramentas colaborativas. A união desses conceitos dá origem ao que se costuma denominar por Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador (*Computer Supported Collaborative Learning – CSCL*), a qual, segundo [SANTAROSA1999], proporciona um ambiente colaborativo, centrado na aprendizagem.

4.2 Ensino à distância

Ensino à distância (EAD), também chamado de educação à distância, é qualquer tipo de educação que ocorre enquanto localização física, tempo, ou ambos, separam os participantes [JASEK1999]. No EAD, o professor, através do uso de tecnologia, envia instruções ao aluno que está em um local diferente em relação ao professor. O professor recebe um retorno, uma resposta da instrução enviada, de forma imediata ou não do aluno.

Ensino à distância não é uma forma de ensino nova e também não utiliza somente tecnologias atuais. Cursos à distância podem funcionar de maneira clássica, na qual material impresso é remetido via correio ao aluno, e o aluno envia respostas requeridas pelo curso também de forma impressa, por correio. EAD pode utilizar qualquer uma ou uma combinação das seguintes tecnologias:

- Material impresso
- Tecnologias que utilizam áudio ou voz
- Tecnologias computacionais
- Tecnologias de vídeo

O Ensino à Distância pode ser dividido em duas categorias, baseadas na forma de entrega das informações, síncrona ou assíncrona [JASEK1999].

O ensino de forma síncrona implica que o estudante e o professor interagem um com o outro em tempo real, enquanto que ensino assíncrono se baseia em uma comunicação atrasada. Métodos de Ensino à Distância que utilizam somente material impresso (método clássico) são sempre

assíncronos. Métodos de ensino que utilizam tecnologias de áudio, vídeo ou computacionais podem ser síncronos ou assíncronos. A Tabela 1 exemplifica alguns casos.

Tabela 1. Tabela de classificação de métodos de ensino à distância.

Tecnologia usada	Modo Síncrono	Modo Assíncrono
Material impresso	não	livros, cursos por correspondência
Áudio/Voz	áudio conferência , telefone	fita de áudio, rádio
Computacional	salas de bate-papo (<i>chat</i>), vídeo conferência por computador	<i>e-mail</i> , CD-ROM, <i>bulletin board</i>
Vídeo	vídeo conferência	<i>videotape</i> , transmissão televisiva.
TV Digital Interativa (TVDI)	vídeo conferência, sala de bate papo (<i>chat</i>)	vídeo sob demanda (VOD), transmissão por <i>broadcast</i> , <i>e-mail</i> , <i>bulletin board</i>

Verifica-se que a TVDI proporciona os recursos possíveis da união de tecnologias computacionais e de vídeo, este será um ponto abordado adiante neste capítulo.

O EAD pode ser utilizado para uma grande variedade de aplicações educacionais, dentre as quais destacamos gerenciamento de conhecimento, aprendizagem colaborativa, orientação educacional (um para um) e treinamento clássico [JASEK1999]:

Gerenciamento de conhecimento pode ser visto como um ambiente onde conhecimento, habilidades e a experiência dos membros do grupo são capturados, armazenados, organizados e colocados à disposição dos membros do grupo. O objetivo principal é o ensino em organizações. Exemplos de gerenciamento de conhecimento são:

- Informações sobre políticas, procedimentos, manuais de trabalho, missões e objetivos.
- Informações sobre produtos resultantes de trabalho individual ou em grupo como relatórios, apresentações e resumos.
- Informações de experiência obtidas, estudos de caso, modelos de implementações de sucesso, etc.
- Páginas de Internet internas e bases de dados compartilhadas são exemplos de técnicas que podem ser usadas para o gerenciamento de conhecimento, que pode utilizar modos de comunicação síncrono ou assíncrono.

Aprendizagem colaborativa pode ser definida como estudar e pesquisar em conjunto com outros indivíduos em um desafio intelectual. A aprendizagem colaborativa proporciona aprendizagem através de interação que pode ser vista como um subproduto de um estudo ou trabalho completado ou resolução de um problema. Podemos exemplificar como:

- Troca de arquivos ou mensagens para resolver um problema.

- Trabalhar utilizando um arquivo compartilhado.
- Grupos de discussão ou listas de mensagens.
- Salas de bate-papo (*chat*) em tempo real.
- Vídeo conferência ou áudio conferência.

No caso de aprendizagem colaborativa temos de uso de tecnologias síncronas e assíncronas de entrega de mensagens ou informações, apesar de métodos síncronos serem preferíveis [JASEK1999].

Orientação educacional pode ser vista como uma forma de ensinar através de um conselheiro confiável ou guia, caracteriza-se principalmente pelo ensino individual e ainda sobre um assunto específico. É uma forma de ensino de um para um. Exemplos que se aplicam neste caso, são aqueles que fornecem formas de acesso a:

- tutoriais para trabalhos específicos.
- especialistas de determinada área.

Formas síncronas ou assíncronas podem ser utilizadas, como vídeo-conferência, áudio-conferência, diálogos on-line, troca de mensagens.

No caso de treinamento clássico cursos são estruturados com o objetivo de prover informações específicas, em um modelo no qual é designado um professor e se inscrevem alunos. São cursos específicos nos quais existem tarefas, condições e padrões. Exemplos de treinamento clássico em educação à distância são:

- *Workshops online*.
- Classes de alunos remotas.
- Cursos por correspondência.

Treinamento clássico é uma forma de ensino de um para o grupo, e os membros do grupo podem estar localizados em pontos diferentes. O formato básico consiste de uma leitura ou apresentação de um tópico específico pelo instrutor, seguido de uma discussão e um retorno dos alunos através de uma avaliação. Também podem ser utilizados formas síncronas ou assíncronas de comunicação, como videoconferências, *videotape*, *audiotape*, conversas em tempo real, materiais impressos, *CD-ROM's*, etc.

Aprender em conjunto em pequenos grupos pode ser mais efetivo do que aprender sozinho. TVDI permite a construção de conhecimento através da interação e a troca de idéias entre estudantes e professores. Na situação tradicional somente um estudante de cada vez pode falar enquanto os demais permanecem passivos, deve-se ainda levar em conta que normalmente existe somente uma parte do grupo de estudantes que são ativos. Na TVDI mesmo os estudantes mais

tímidos podem se tornar ativos participantes da aula porque ela permite que os alunos interajam no momento que desejarem permitindo assim que todos participem [JOKIPELTO2004] [JASEK1999].

4.2.1 O Custo Benefício da Educação à Distância

Uma grande variedade de tecnologias pode ser utilizada em ensino à distância, algumas já exemplificadas neste capítulo, como salas de bate-papo, *bulletin board's*, rádio, TVDI. Diferentes formas de tecnologias podem possuir uma variação de custos e complexidades. Considerações sobre vantagens e desvantagens de cada tecnologia, como custos, a disponibilidade da tecnologia para o instrutor e o aluno, maneiras efetivas e eficientes de entregar instruções aos alunos devem ser levadas em conta na escolha da forma de ensino utilizada [JASEK1999].

O custo e o desenvolvimento de programas de ensino à distância de qualidade (que envolvam, por exemplo, televisão ou mesmo vídeo, ou que envolvam o uso de softwares especializados) podem ser extremamente altos. Por isso os programas só oferecem uma razão custo/benefício favorável se o seu alcance e público forem realmente significativos [CHAVES1999].

Esse é um ponto importante da defesa da educação à distância através da Internet, forma de ensino conhecida como *e-learning* e pela TV Digital Interativa, na qual o ensino por ela já foi batizado de *t-learning*, tópico abordado adiante neste capítulo.

A proliferação de microcomputadores, na década de 90, permitiu o uso do computador em todos os níveis da educação, tanto em escolas de ensino fundamental e ensino médio, quanto em universidades [VALENTE1996]. Acrescenta-se a isso o fato que a redução nos custos de certas tecnologias, como a microinformática e a Internet fizeram surgir um grande interesse na educação à distância como mecanismo complementar, substitutivo ou integrante de ensino presencial [LVERDE].

No entanto, mesmo assim, o desenvolvimento de iniciativas de ensino baseadas na Internet revelou algumas limitações, incluindo a dificuldade de acesso e uso de computadores por alguns setores da sociedade. Por ser um avanço tecnológico sobre a TV tradicional, acredita-se que a TVDI seja fácil de usar, vindo a suprir uma necessidade social importante que é oferecer serviços de ensino para pessoas que não possam comprar um computador, que não tenham acesso à Internet ou que não possuam conhecimento para usar estas tecnologias. Outra peculiaridade interessante é o fato de que cursos de ensino pela Internet, *e-learning*, possuem textos e gráficos como eixo principal e, no caso de *t-learning*, o material didático deverá ser naturalmente baseado em áudio e vídeo, explorando assim as capacidades multimídia da TVDI [LÓPEZ-NORES2004].

Algumas mudanças no ensino à distância vêm sendo observadas. Antes da Internet, o ensino à distância utilizava apenas tecnologias de comunicação de um para muitos, como rádio e TV, ou individual (de um para um), como o ensino por correspondência. Com a Internet se observa três possibilidades de comunicação em uma só mídia, um para muitos, um para um e, destaca-se, todos

para todos. Essa última interação de forma mais ampla também é possível a partir do uso de outras tecnologias, como a TVDI. Existe uma grande variedade de métodos de ensino à distância, mas em todos, um fator importante de se destacar é que a distância não é mais um fator restritivo para o aluno, e é uma alternativa para distribuição de conhecimento ainda localizado em alguns centros de excelência [VALENTE1996] [BATES2003].

Educação e Treinamento são usualmente nacionais, regionais ou locais, raramente internacionais. Exceções são treinamentos corporativos multinacionais e treinamento em áreas altamente especializadas como TI (Tecnologias da Informação), telecomunicações e áreas médicas [JASEK1999] [PEMBERTON2002].

Além dos benefícios para a sociedade, segundo [LÓPEZ-NORES2003] e [CHAVES1999] o emprego da TVDI em serviços educacionais pode ser rentável em países dispostos a aplicar esta tecnologia, suportada pela iniciativa privada. Em termos de fundos disponíveis, os serviços de ensino podem ser classificados como de baixo rendimento e de alto rendimento. O valor agregado a um serviço de ensino depende de alguns fatores:

- Números de alunos
- Preço que os alunos ou aprendizes estão dispostos a pagar, (isso se todos pagam).
- Subsídios disponíveis através do setor público ou outras fontes.

Desta forma, prover aprendizado a uma criança em uma escola pode ser considerado como de baixo rendimento, e normalmente paga por setores públicos com fundos reduzidos. Áreas de atualização profissional para empregados da área de TI podem ser consideradas de alto rendimento, uma vez que estas companhias estariam dispostas a pagar um bom valor para manter seus empregados treinados e se manterem competitivos no mercado [CHAVES1999].

De qualquer forma, o sucesso da TVDI depende dos serviços a serem oferecidos aos usuários, serviços de ensino podem preencher um vazio de aplicações pelas quais os usuários de TVDI não se recusariam a pagar. A união EAD e TVDI poderá trazer muitos benefícios [LÓPEZ-NORES2003].

4.3 T-Learning

A expressão *t-learning* descreve a união entre a TVDI e o uso de tecnologia computacional para suportar treinamento e atividades educacionais, o já conhecido *e-learning* [DISESSA2000].

A união destes campos, Televisão, PC e *e-learning*, como mostrado na Figura 10 permite ao usuário combinar a capacidade multimídia da TV com a interatividade e a personalização oferecida pelo ambiente computacional, em especial a Internet [LYTRAS2002].

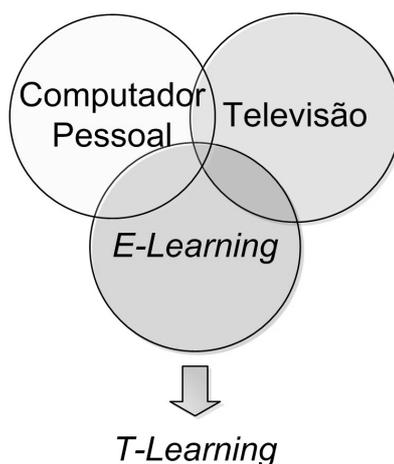


Figura 10. A união entre PC, TV e *e-learning*.

No caso de ensino à distância através de TVDI verificam-se três atributos resultantes desta união de características:

- **Personalização:** refere-se ao uso de tecnologia e informações do usuário com o objetivo de criar conteúdo interativo personalizado de acordo com cada perfil de usuário. No caso de *t-learning* pode haver a sugestão de temas disponíveis de acordo com as suas preferências, a habilidade de direcionar o serviço de acordo com tópicos e idiomas, selecionar a exibição de notícias, tudo para tornar a aquisição de informações mais exata e efetiva.
- **Digitalização:** refere-se aos avanços tecnológicos que permitiram melhoria da qualidade de imagem e som. Qualidade de som e imagem são pré-requisitos para serviços de ensino, como também a possibilidade de transmissão de aplicações desenvolvidas para aprimorar o aprendizado.
- **Interatividade:** o termo interatividade significa que o controle sai das mãos das operadoras de canal e chega às mãos do usuário da TVDI. Pode-se permitir a habilidade de interagir com outros atores no sistema de aprendizagem, isto é, outros usuários estudantes.

Pode-se analisar a facilidade de aprendizado pelas três mídias: PC, TV e TVDI, em quatro pontos chaves no ensino, que são o conteúdo, a motivação, a flexibilidade e o desempenho. O quadro da Tabela 2 faz uma breve comparação dessas mídias com relação a esses atributos [LYTRAS2002].

Tabela 2. Comparação entre mídias usadas em ensino à distância.

Mídias de Suporte			
Pontos chaves	PC	TV	TVDI
Conteúdo	Acesso a páginas <i>web</i> . Uso de CD-ROM. Vídeo conferência Conteúdo Multimídia.	Conteúdo Multimídia. Jogos Educativos.	Conteúdo Interativo. Conteúdo customizado e personalizado. Multimídia e interface com o usuário pode ser combinada em um formato único.
Motivação	Dificuldade em motivar usuários remotos. Análise de Custo/Benefício.	Pessoas estão familiarizadas com TV.	Combina a tecnologia do PC e a experiência visual da TV.
Flexibilidade	Potencialmente alto. Flexibilidade pode ser obtida com técnicas avançadas de customização e análise de perfis, mas usualmente uma implementação de <i>e-learning</i> é limitada à customização de uma plataforma.	TV da forma tradicional não é flexível. Programas são direcionados e cenários são pré-determinados. Programas educacionais normalmente apresentam um cenário onde uma interação limitada é permitida	Alta flexibilidade. Audiência é mais ativa.
Desempenho	Limitada, baseada principalmente em avaliações de perguntas e respostas.	Inadequada. A falta de interatividade limita o potencial de avaliação.	Ainda em pesquisa.

Nota-se que o melhor desempenho em alguns pontos chaves obtidos pela TVDI não reside nas suas qualidades ou características tecnológicas, mas sim porque de fato é ainda TV. A alta penetração e aceitação da TV já estabelecem um mercado potencial para a aceitação do *t-learning* [LYTRAS2002].

4.3.1 As potencialidades do uso da TVDI em EAD

É um dado incontestável que a televisão, praticamente desde o seu aparecimento, tem se revestido de grande poder comunicacional. Esta importância é corroborada por diversos fatores, como o da crescente expansão de estações televisivas, tecnicamente cada vez mais facilitada nos cenários de Televisão Digital e pelo da proliferação de televisores nas casas das pessoas [ABREU2002].

Alguns fatores apontam para o fato de que a Televisão pode ser usada com vantagens em um ambiente educacional: televisão é uma mídia disponível em larga escala, a maioria das pessoas está acostumada com ela, pessoas normalmente confiam no que elas recebem através dela e a qualidade do conteúdo garante uma rica experiência para o usuário [DAMASIO2003].

Um ponto a se ressaltar é que na transmissão linear e tradicional da televisão não se permite nenhum retorno ao usuário, não permitindo que ele interaja com o conteúdo assistido. No caso da TVDI aplicações interativas permitem ao usuário interagir com o conteúdo. Mesmo que sejam aplicações simples (do tipo “saiba mais” sobre um determinado assunto tratado em um programa), é interessante a possibilidade da utilização da TVDI como ferramenta de aprendizagem [DAMASIO2003].

A televisão no Brasil pode ocupar um papel de destaque na formação da população por ser um meio de comunicação que está sempre presente em quase todas as residências, e por possuir cobertura nacional, colocando um lugarejo pobre de uma área remota em pé de igualdade com uma área urbana, em termos de qualidade de conteúdo e da recepção do sinal.

A TVDI representa uma revolução, combinando as características tradicionais da televisão analógica com as potencialidades do computador pessoal e com o impacto da Internet na sociedade. Assim, à medida que ela for implementada, os seus benefícios já poderão ser sentidos pela maioria da população, supondo que haja canal de retorno disponível para a maioria da população, com menos custos e dificuldades de adaptação, em comparação com a utilização da internet baseada em PC's [PATACA2004].

Existem poucas pesquisas que fornecem números sobre o interesse de usuários de TVDI em receber programação educativa ou treinamento em casa pela televisão. Uma das poucas pesquisas é a do instituto Gallup, realizada entre os usuários de TVDI no Reino Unido, país já avançado na migração da TV analógica para a digital, Essa pesquisa foi encomendada por um fabricante de *set-top-box*, a *Pace Micro Technology PLC*, realizada em setembro de 1998, justamente 1 mês antes dos serviços de TVDI estarem disponíveis.

Um dado muito importante desta pesquisa é que os futuros usuários ao serem perguntados sobre quais serviços públicos eles pensariam em usar se fossem oferecidos através da TVDI, 67% responderam que usariam serviços de educação ou treinamento, ficando atrás somente de serviços de aconselhamentos médicos, com 69% [PJBF2003b].

Outro dado que a pesquisa revelou foi que 41% dos entrevistados gostariam de aprender idiomas através da TVDI, e ainda que 28% dos homens e 22% das mulheres pagariam por este serviço. Outro ponto importante foi que 57% dos lares entrevistados pagariam para ter disponível material educativo na TVDI, pensando no que seus filhos estariam vendo [PJBF2003b].

No caso brasileiro não foram encontradas pesquisas para analisar o interesse do usuário brasileiro, mas a pesquisa inglesa é interessante por ter sido feita em usuários da TV analógica, buscando suas expectativas em relação à nova TV.

4.3.2 Focos de desenvolvimento de *t-learning*

Focos em desenvolvimento de serviços educacionais em TVDI podem ser dados em muitas direções, exemplificando alguma delas [JASEK1999] [PJBF2003b]:

- Educação informal ou programas educativos.

Redes de TVDI públicas nacionais podem oferecer programas educativos a uma grande massa de usuários que teriam oportunidade de interagir requisitando maiores informações através de ícones interativos. Existe ainda a possibilidade de ter a oportunidade de interagir em atividades respondendo perguntas de múltiplas escolhas.

Condições requeridas: Redes de TVDI seriam encorajadas pelo governo para entrar nesta revolução digital. Um dos problemas encontrados é que, apesar das redes públicas quererem ser vistas como inovadoras, elas possuem limitações financeiras para por em prática seus projetos, mas elas já possuem experiência provendo informações através de programas educativos. Redes comerciais podem ser obrigadas a prover material educacional durante sua programação normal.

- Serviço de Apoio ao Professor em Sala de Aula.

Serviço que fornece, através de um receptor de TVDI em sala de aula, conteúdo multimídia de apoio ao professor. Material multimídia com informações adicionais e interatividade local, como perguntas e respostas.

Condições requeridas: Possivelmente a existência de um canal de TVDI público com programação específica e tecnologia que possibilite a busca de programação, e repetição do conteúdo, utilizando receptores com armazenagem de conteúdo [PATACA2004].

- Serviços de Apoio ao Estudante em casa.

Forneceria através de receptor de TVDI na casa do aluno e da existência de um canal local ou mantido por um grupo de escolas com currículo similar a possibilidade de acesso pelo aluno de material extra classe, multimídia e enriquecido de interatividade permitindo maior fixação dos tópicos aprendidos. Poderia ainda prover formas de comunicação assíncrona como correio eletrônico ou fórum de discussão, e formas síncronas, como salas de bate papo, nas quais o aluno poderia trocar experiências ou informações com outros alunos [PATACA2004].

Condições requeridas: A tecnologia atual já permite a criação destes serviços, mas necessitaria de fundos para a implementação em larga escala.

- Serviços de interação Pais-Escola.

Forneceria serviços para os pais acessarem informações e se comunicarem com a escola, como acesso a bases de dados escolares, como notas e frequência, comunicações assíncronas como correio eletrônico e fórum de discussões possivelmente integradas por pais e professores e ainda comunicações síncronas como salas de bate papo para busca de informações imediatas com pessoas disponíveis nas escolas [PATACA2004].

Condições requeridas: Necessitaria de fundos para pôr em prática tais serviços além do treinamento de pais e professores para o uso destes serviços.

- Conhecimentos específicos através de serviços interativos em canais independentes.

Redes comerciais podem oferecer serviços interativos em canais independentes de acordo com currículos de ensino nacionais ou recursos específicos como enciclopédias on-line. As redes podem cooperar com editores tradicionais para oferecer estes tipos de serviços, que podem ser disponibilizados através de pagamentos fixos do tipo “você paga o que usa”. Mensalidades fixas são normalmente preferidas por consumidores que possuem crianças com o interesse de usar este tipo de serviço, serviços similares são encontrados na Internet.

Condições requeridas: Serviços como esses podem se desenvolver em redes comerciais que focam o marketing deste serviço aos lares. Um serviço similar disponível dentre todos os serviços de uma operadora pode ser um diferencial na escolha de assinatura da rede por uma família.

- Serviços de “aprendizado em vídeos sob demanda”.

Existe um mercado potencial de vídeos sob demanda à medida que esta tecnologia ficar totalmente disponível. Vídeos do tipo “aprenda você mesmo” ou “faça você mesmo”, seja para ensino de idiomas ou reparos em carro ou casa podem ser tornar muito populares. Materiais já existentes podem ser oferecidos através da TVDI.

Condições requeridas: Tanto a estrutura tecnológica das redes de TVDI como os receptores devem possuir condições de usar tal serviço. Receptores com capacidade de armazenamento seriam ideais nesta área.

- Melhorando canais temáticos.

Canais temáticos, existentes em redes de TV a cabo pagas, como National Geographic ou Discovery Channel podem ser acrescidos de material interativo suprimindo informações adicionais.

Condições requeridas: Na competição entre operadoras de canais, um canal já conhecido oferecendo materiais interativos pode ser o diferencial na escolha pelos usuários, além de tornar um usuário antes passivo em um usuário mais ativo, aumentando assim a experiência de aprendizado.

- TV personalizada.

A TV “pessoal” é um conceito que pode ser posto em prática no futuro. Envolve a customização da programação de acordo com o perfil do usuário, identificado por exemplo, pela inserção do seu *smart-card* no *set-top-box*. Ainda poderia dar ao usuário a possibilidade de assistir seus programas preferidos no momento desejado sob demanda. Como identifica o usuário poderia ser utilizada para garantir que o usuário realmente assistiu o programa, garantindo que ele recebeu a instrução desejada, ou se viu a aula programada.

Condições requeridas: Ainda é difícil prever o surgimento de serviços similares devido a restrições do uso de certas tecnologias e a necessidade de existência de canal de retorno, além da dificuldade técnica em prover vídeo sob demanda em transmissões terrestres e via satélite.

4.3.3 Casos de uso de *t-learning*

Alguns exemplos de uso de TVDI em ensino foram selecionados. São principalmente serviços disponibilizados por canais de TV no Reino Unido, devido ao seu avanço na massificação de uso da TVDI [PJBF2003b] [BATES2003] [PJB2003].

- *SOS Teacher* (SOS Professor).

Na cidade de Kingston, nordeste da Inglaterra, uma canal disponibilizado pela *KIT – Kingston Interactive Television* colocou no ar em conjunto com a *BBCi*, o canal interativo da BBC, um canal piloto provendo um serviço que envolve professores locais.

Os estudantes têm a opção ao acessar serviços disponíveis pela *KIT* de enviar uma pergunta a um professor real através do envio de um *e-mail* através do *set-top-box*. Normalmente em trinta minutos um grupo de professores responde o questionamento via TVDI. As perguntas também são armazenadas de forma que os estudantes possam acessá-las pelo serviço de vídeo sob demanda no horário que desejarem.

Na imagem da Figura 11 é mostrada a tela do serviço na qual o estudante possui a possibilidade de acessar um vídeo explicando como enviar uma pergunta, ver a resposta da última questão enviada ou selecionar um assunto e ver respostas armazenadas.

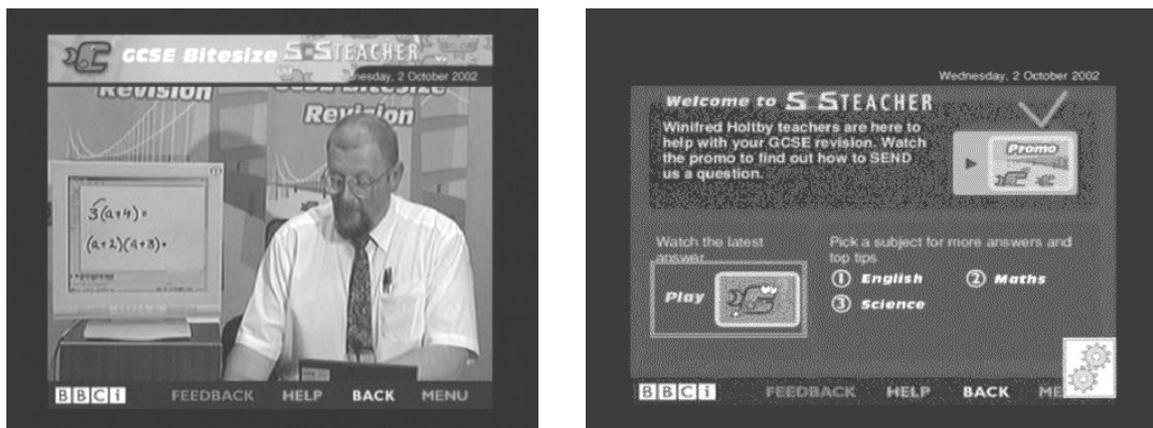


Figura 11. Aplicação “SOS Teacher”.

- Acesso a enciclopédias educacionais.

O canal de TVDI a cabo inglês NTL permite aos seus assinantes o acesso a uma seção de procura por referências no seu menu de interatividade. Os serviços disponíveis são buscas através de palavras ou sentenças fornecidas no serviço de notícias na BBC, o *BBC Newsround*, pesquisa na Enciclopédia Educacional Hutchinson e também na Enciclopédia de Oxford.

Na Figura 12 é mostrada imagem do serviço durante busca por palavras na Enciclopédia Educacional Hutchinson.



Figura 12. Enciclopédia educacional acessada por TVDI.

- Programas educativos sob demanda.

Assinantes da *Kingston Interactive Television* na Inglaterra têm a possibilidade de acessar o programa sob demanda “*Walking With Beasts*” (Andando com as feras). Também possuem acesso a elementos interativos, comentários extras e informações textuais, com a possibilidade de parar, iniciar, repetir, avançar e retroceder os vídeos recebidos.

A Figura 13 apresenta a tela de seleção dos capítulos disponíveis sob demanda.

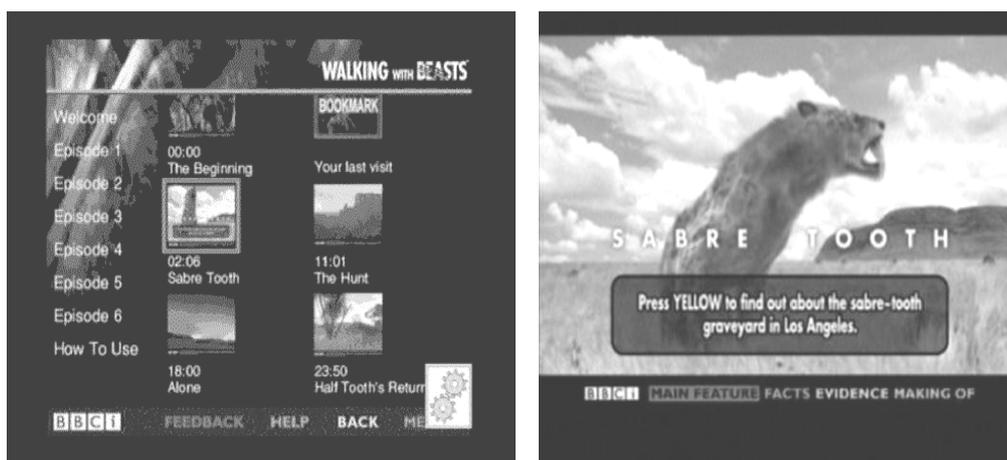


Figura 13. Programa educativo “Walking With Beasts”.

- Consultas sobre saúde via TVDI.

Um projeto piloto do canal de inglês *Birmingham NHS Direct Digital TV* permite uma consulta remota com uma enfermeira via TVDI. Atualmente funciona da seguinte forma, os assinantes podem requisitar uma vídeo-consulta através do canal de serviços da operadora. Quando uma enfermeira está disponível ela efetua uma ligação telefônica ao requisitante que está em casa e é criado um enlace de vídeo com a TVDI deste assinante. Desta forma a pessoa em casa não apenas vê a enfermeira, mas também pode assistir vídeos ou diagramas que ajudam a esclarecer dúvidas. Dados iniciais mostraram que essas consultas com vídeo demoram menos tempo que uma consulta por telefone, fazendo com que uma enfermeira atenda mais pessoas durante o dia do que atenderia somente por telefone.

Esta mesma solução pode ser usada em termos de ensino à distância. Por exemplo, permitindo a instrução de um professor a um aluno que está em casa por limitações físicas, ou possibilitando instrução suplementar. Atualmente a empresa inglesa Media Logic provê desenvolvimento de serviços similares sob a marca IseeTV [ISEETV]. Na Figura 14 são mostradas imagens deste serviço.



Figura 14. Aplicação “Living Health”.

Na figura 15 é exemplificado o uso de serviço similar em orientação remota resolvendo problemas de matemática.

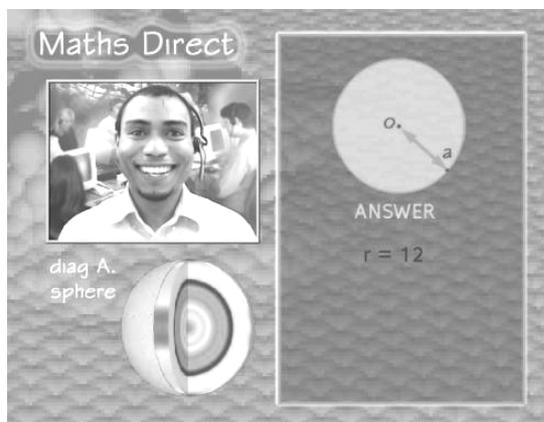


Figura 15. Aplicação “*Maths Direct*”.

4.4 Colaboração e *Groupware*

4.4.1 Introdução

[PANITZ1997] caracteriza a colaboração como a filosofia de interação e estilo pessoal onde indivíduos são responsáveis pelas suas ações, incluído aprendizagem e respeito às habilidades e contribuições de seus pares. No modelo colaborativo os grupos assumem quase que totalmente a responsabilidade em responder questionamentos, e os estudantes determinam se eles possuem informação suficiente para respondê-los.

4.4.2 *Groupware*

Ambientes de aprendizagem colaborativa envolvem um conjunto de ferramentas, estruturadas em um *groupware*. Com esse ambiente, professores e alunos podem reavaliar continuamente seus papéis, na medida em que vislumbram novas possibilidades, tanto de inserção de novos recursos tecnológicos, quanto de formas de utilização promovendo novas interações sociais [SANTAROSA1999].

O termo *groupware* costuma ser encontrado em alguns textos quase como sinônimo de CSCL, porém CSCL refere-se à pesquisa na área de ensino e aprendizagem, assim *groupware* tem sido utilizado para indicar a tecnologia gerada na pesquisa em CSCL [BORGES1995].

Groupware pode ser visto como uma classe de aplicações, para pequenos grupos e para organizações, surgindo a partir da fusão de computadores e grandes bases de dados de informações e tecnologias de comunicação. [ELLIS1991]. O conceito de *groupware* envolve tecnologias criadas para facilitar o trabalho de grupos. Essas tecnologias podem ser usadas para comunicar, cooperar, coordenar, resolver problemas, competir ou negociar [BRINCK1998].

Inúmeros são os recursos que podem constituir um *groupware*. Os sistemas de mensagens suportam a troca assíncrona de mensagens textuais entre grupos de usuários. São exemplos desse tipo de aplicação o correio eletrônico, listas de discussão e quadros de aviso (*bulletin boards*). Editores colaborativos ou sistemas de co-autoria podem ser usados por um grupo para compor e editar um objeto conjuntamente, podendo ser um gráfico, um texto ou objeto qualquer. Surge assim uma área comum, onde todos atuam e podem visualizar a atuação dos outros [SANTAROSA1999].

Sistemas síncronos de troca de mensagens, como *Chat*, são amplamente utilizados na Internet, entretanto só permitem a troca de mensagens textuais. Sistemas que permitem a troca de áudio e vídeo, como teleconferência (em geral por transmissões via satélite) e videoconferência (através de redes de computadores) surgiram com o avanço da tecnologia. A tecnologia existente na TVDI permite sistemas semelhantes, mas dependerá da estrutura de telecomunicação disponível e do modelo de negócios implantado se serviços semelhantes estarão disponíveis a população.

Em uma ferramenta de *groupware* o modo de gerenciamento dos dados compartilhados pode ser baseado em arquiteturas centralizadas ou replicadas, cada uma com suas vantagens e desvantagens [CHEVERST1999].

Em uma arquitetura centralizada se faz uso de um servidor central para armazenar e compartilhar os dados. As aplicações clientes passam as entradas de dados dos usuários para o servidor central e somente atualizam informações na tela do cliente após receberem os resultados do processamento destes eventos por um *broadcast* originário do servidor central. Uma vantagem do uso da arquitetura centralizada é que manter a sincronização entre os membros do grupo é simples, pelo fato dos dados compartilhados estarem localizados em somente um ponto e por todos os eventos dos usuários serem processados um a um pelo servidor central. Técnicas de controle de concorrência em ambientes centralizados são mais simples e diretas, pois é o próprio servidor central que outorga acesso ou bloqueio aos objetos sob sua custódia. Mas o custo desta simplicidade é que o fato de existir um servidor único e central implica em um ponto de possível falha que colocaria em risco todo o grupo, além de um gargalo centralizado de processamento.

Em arquiteturas descentralizadas os dados são distribuídos e cada membro possui uma réplica dos dados. Em cada réplica ocorre a necessidade de coordenar as ações locais e remotas para manter a sincronização de todas as cópias replicadas. A maior vantagem do uso desta arquitetura é possibilidade de ser usada em processamento paralelo, no fato de processar as interações dos usuários e as alterações no display em cada réplica, além de não se ter ponto de falha único e gargalo central de processamento.

A grande desvantagem é o aumento da complexidade no controle de processos concorrentes. Algumas aplicações usam mecanismos de difusão atômica confiável além de, em alguns casos, um controle de concorrência para que cada cliente tenha direito exclusivo de executar alterações, garantindo então a consistência entre as réplicas.

Com o objetivo de prover os usuários de métodos que possibilitem estarem em conjunto trabalhando em uma tarefa compartilhada surge a necessidade de existir um gerenciamento de sessão. O gerenciamento de sessão permite que os usuários descubram quais sessões existem e a possibilidade de se juntar a elas. Ao entrar em uma sessão, um usuário pode compartilhar objetos com outros usuários, ver como estes objetos estão sendo manipulados e trocar informações entre os demais usuários do grupo. Bons métodos de gerenciamento de sessão permitem aos usuários que entrarem atrasados em uma sessão terem seus estados atualizados e consistentes com os demais usuários, as vezes ainda a habilidade de ver o histórico de ações da seção para observar as ações tomadas pelos demais usuários. Algumas políticas recomendadas no gerenciamento de sessão seriam [BRINCK1998]:

- Decidir quais pré-requisitos existem para poder entrar em uma sessão, como limite de membros ou alguma qualificação em especial.
- Permitir a entrada e saída de pessoas em qualquer momento, provendo um “protocolo” específico para isso.
- Evitar situações intrusivas onde usuários podem invadir a privacidade ou impor seções a outros.
- Prover meios para prevenir interrupções.
- Facilitar a localização de pessoas provendo mecanismos para identificar possíveis parceiros de conversação.
- Prover meios de criar conversações entre pares, isto é, privadas.

Ao se abordar o assunto de privacidade alguns pontos devem ser considerados:

- Privacidade, segurança e anonimato: Existem informações que necessitam ser compartilhadas e algumas que necessitam ser privadas. Neste último caso, informações críticas devem estar seguras de ações mal intencionadas. Existem situações em que usuários escolhem o anonimato ou um pseudônimo. Anonimato pode ser crucial para encorajar participação em discussões.
- Compartilhar informações, identificação e contas: Compartilhar informações pessoais permite que muitos sistemas efetuem customizações de acordo com os interesses do usuário. Enquanto que o anonimato pode proteger um indivíduo existem razões legítimas para identificar uma pessoa para controle de conta, especialmente onde estão envolvidas preocupações com segurança e risco de comportamento abusivo.
- Controle e reciprocidade: É importante dar ao usuário o controle de quais informações ele deseja compartilhar e quais seriam privadas. Uma boa política é a reciprocidade. Se um usuário quer certas informações sobre outro usuário, ele deve prover informação equivalente.

Quando usuários trabalham em ambientes compartilhados é importante ter consciência (*awareness*) das ações dos demais membros. Para facilitar colaboração efetiva, aplicações multiusuário devem prover métodos que permitam que cada usuário veja o que os demais estão fazendo na seção. Cada usuário deve poder controlar o nível de consciência que ele tem dos demais usuários, assim controlando o nível de informações que recebe das ações dos demais usuários. Em adição à comunicação explícita, como enviar uma mensagem ou falar com alguém, muitas situações no trabalho em grupo podem se beneficiar com comunicações implícitas, como gestos indiretos, informações sobre o ambiente em que está o outro usuário (em casa, no trabalho), informações biográficas (formação, posição na empresa). Este tipo de informação permite estabelecer comunicações iniciais, coordenar atividades e ajuda a evitar surpresas indesejáveis.

Essa noção de consciência pode ser fornecida de meios diversos. No caso de uma videoconferência prover simplesmente um ângulo amplo já permite o conhecimento do ambiente em que se encontra o usuário; no caso de uma mensagem de correio eletrônico, pode-se fornecer informações como data e hora da mensagem, ou um arquivo de assinatura do remetente com informações de contato ou profissionais. Tudo isso deve levar em consideração um conflito constante entre os limites da privacidade do usuário e o risco de comprometer os objetivos do grupo.

Com a popularização da Internet, preocupações sobre segurança no envio de informações sobre redes de dados se tornaram permanentes. Assim, aplicações colaborativas devem usar técnicas de segurança como assinaturas digitais e algoritmos de encriptação, caso usem como meio de comunicação redes não totalmente seguras.

4.4.3 *Groupware* no ambiente da TVDI

As plataformas emergentes de TVDI são basicamente orientadas para o fornecimento de informações sob demanda (vídeo, informações sobre programação e notícias) e o acesso a serviços dedicados (*home shopping* e *home banking*) e os modelos comerciais em uso atualmente não foram desenvolvidos para prover comunicação interpessoal similar aos modelos encontrados na Internet [ABREU2002].

A arquitetura tecnológica do ambiente de TVDI é similar a cadeia de processos descrito no Capítulo 2 (ilustrada e representada na Figura 1), ou seja, uma arquitetura centralizada de controle gerando a difusão do conteúdo através de diferentes tecnologias de transmissão e recepção, sempre com o intuito de atingir o maior número de receptores. Esses receptores podem ser diferentes entre si, tanto na forma de recepção, como móvel ou fixa, e ainda na quantidade de recursos disponíveis nestes equipamentos, exemplificando, armazenamento não volátil, poder de processamento, capacidade gráfica, interface de comunicação para canal de retorno, etc.

Desenvolvedores de aplicações de *groupware*, com o objetivo de migrar suas aplicações para o ambiente de TVDI, têm a necessidade de se adaptar a essa arquitetura tecnológica e em alguns momentos a novas plataformas de desenvolvimento. Na próxima seção exemplificamos projetos educacionais e colaborativos em desenvolvimento na plataforma de TVDI. Em sua maioria são projetos ainda em implementação, e devido às experiências colhidas já são propostas algumas alterações nos sistemas de TVDI existentes para facilitar o desenvolvimento desta gama de aplicações.

O modelo conceitual projetado para os sistemas de TVDI prevê uma arquitetura centralizada de geração de conteúdo e transmissão nos quais os receptores recebem dados e informações através de difusão e podem enviar dados através do uso de um canal de retorno. Os dados enviados pelos receptores seriam recebidos por um servidor de aplicações interativas, identificados e encaminhados à aplicação correspondente, que os processaria e se necessário encaminharia um resultado ao servidor de difusão, que encaminharia esse resultado ao receptor através do uso de um carrossel de objetos incluído na difusão da programação.

No caso do sistema de TVDI europeu, a arquitetura MHP não padroniza o servidor de aplicações interativas, podendo ele ser implementado nos moldes tradicionais de servidores de aplicações em uso na Internet, facilitando desta forma a migração de aplicações educacionais ou colaborativas já existentes.

Os receptores podem ou não possuir formas de enviar dados, isto é, canal de retorno. O modelo de negócios a ser usado na TVDI prevê a disponibilidades de uma variedade de receptores, dos modelos mais simples para usuários de baixa renda a receptores sofisticados para usuários com maior disponibilidade financeira que queiram ter acesso a todos os recursos possíveis de um sistema de TVDI. O canal de retorno pode ser implementado com o uso de tecnologias variadas, podendo ser um simples *modem* para conexões não permanentes, conexões para aparelhos celulares ou ainda um porta *ethernet* para conexões ADSL ou de rede local. Isso é transparente para o usuário final, pois em países onde a TVDI já está em uso ocorrem acordos entre empresas de TVDI e de telefonia. Contudo, para o desenvolvedor, o canal de retorno possui limitações às quais ele terá que se adaptar. Uma delas é que na maioria dos casos a conexão é temporária e de baixa velocidade. Outra limitação, no caso da arquitetura MHP, é a recomendação de apenas permitir o tráfego de requisições e respostas pelo canal de retorno, aplicações e dados de aplicações devem ser transmitidos aos receptores através de difusão com o uso de um carrossel de objetos; lembrando ainda da exclusividade do uso do protocolo TCP/IP no canal de retorno.

O que se observa é uma típica arquitetura cliente/servidor, modelo já utilizado por diversas aplicações educacionais e colaborativas existentes, obtendo-se então uma arquitetura centralizada para armazenar e compartilhar dados, facilitando o gerenciamento destes dados. Em contrapartida

surge um ponto de falha central, mas o uso de modelos de controle e alta disponibilidade existente (servidor de interatividade central replicado ou em *cluster*) permite corrigir as falhas que surgirem.

Ambos os modos de comunicação, síncrono ou assíncrono podem ser utilizados. Apesar do canal de retorno ser um modo óbvio de manter o usuário conectado, a sua baixa velocidade e custo no caso de conexões discadas seriam pontos negativos no sentido de criar interesse no usuário de usar uma aplicação educativa com esse modelo de conexão. Propostas sempre surgem no sentido de apenas efetuar conexão no momento de envio de dados do usuário e desconectar posteriormente, no caso de aplicações que gerem uma grande quantidade de *download* e baixíssimo *upload*. Estudos no sentido de propor alterações no envio de dados aos usuários, utilizando quase que exclusivamente o carrossel de objetos [HERRERO2004], mostra que a arquitetura DVB-T (transmissão de TVDI européia terrestre) obtém grande desempenho da distribuição de dados aos usuários para manter suas réplicas de dados sincronizados com o servidor central devido a capacidade de esta difusão atingir distâncias de aproximadamente 30 km com uma taxa de transmissão que pode variar de 5 a 30 Mbit/s dependendo do modo de transmissão usado. Outra possibilidade, no caso do sistema DVB-T é o uso do MPE (*Multi-Protocol Encapsulation*) que disponibiliza uma forma de transporte de protocolos de rede de dados no topo do fluxo de transporte MPEG2. O MPE é otimizado para transportar datagramas IP, mas pode ser usado para o transporte de pacotes de qualquer outro protocolo desde que encapsulado corretamente e ainda prevê *unicast*, *multicast* e *broadcast*.

Com o uso destas tecnologias é possível criar uma rede de dados na qual receptores possam se comunicar com receptores, em um modelo de *peer-to-peer* similar ao encontrado na Internet, mas ainda ficam pendentes análises de desempenho, formas de gerenciamento e controle de segurança por se tratar de tecnologia recente, e em implantação em larga escala somente em alguns países, assim possibilitando aplicações de ensino e de colaboração descentralizadas.

Características importantes que devem ser analisadas no desenvolvimento e uso de aplicações de ensino e de cooperação no ambiente de TVDI são as relativas à interface gráfica e interface com o usuário. A interface gráfica possui limitações de tamanho e resolução dos objetos apresentados na tela, distância do usuário da tela (em média 3 metros) e interface de entrada de dados do usuário (normalmente apenas um controle remoto e nos melhores casos um controle remoto com teclado alfanumérico sem fio). Só essas limitações já impossibilitam a simples migração direta das aplicações existentes.

Mas algumas aplicações educacionais já estão disponíveis em redes comerciais, por ajudar seus modelos de negócios, e já começam a surgir na área acadêmica alguns modelos de aplicações cooperativas adaptadas a esta nova mídia. Alguns deles são exemplificados a seguir.

4.4.4 Trabalhos relacionados

Em [PJB2003] são relacionadas aplicações para ensino e trabalho colaborativo em uso atualmente nos países que já migraram para a TV Digital. Além de mostrar dezenas de aplicações existentes disponibiliza acesso a estudos referentes às potencialidades de ensino pela TVDI. Essa associação está a mais de sete anos monitorando, analisando e recomendando políticas que visam o uso da TVDI e TV por banda larga (*broadband TV*) para proporcionar oportunidades de ensino à distância. Durante o ano de 2003 foi finalizado o *T-Learning Study*, estudo financiado pela Comunidade Européia, que tinha como três objetivos principais: a análise do ensino em casa, soluções tecnológicas que facilitariam este objetivo e como desenvolver um mercado de ensino à distância na TVDI.

Os relatórios finais deste longo estudo estão disponíveis [PJBF2003b] e destacam que uma tecnologia de uso em larga escala que permita o estudo em casa será dependente de um mercado de aparelhos eletro-eletrônicos que sejam acessíveis e fáceis de usar. Mas destaca o grande potencial desta nova mídia com o paradoxo entre a existência de mais de vinte e cinco anos de experiência na transmissão de material educacional e a limitada pesquisa pedagógica nestes desenvolvimentos pioneiros do uso desta nova mídia para a educação.

Em [ABREU2001] são descritas a modelagem e a criação de uma aplicação protótipo de mensagens instantâneas similar ao ICQ, batizada de *2BeOn*. Também são estudadas as vantagens da utilização desta aplicação em ambientes de trabalho colaborativo. Segundo seus desenvolvedores o objetivo principal é utilizar este sistema como ponto de partida para o estudo de vários tópicos relacionados, como a tecnologia envolvida, seus impactos sociais e na forma de comunicação entre pessoas, usando desta forma a TVDI para promover a criação de vínculos sociais entre seus usuários.

É importante destacar que o sistema *2BeOn* não é desenvolvido para ser totalmente compatível com as plataformas de TVDI existentes pelo fato de não utilizar um receptor tradicional de TVDI e sim um protótipo de estação multimídia, chamada de *set-side-box* que na verdade é um equipamento com a arquitetura de hardware padrão do ambiente PC com acesso permanente à Internet e placa de recepção de sinal de TV. Toda a transmissão de dados é feita por este canal de retorno permanente, abandonando o método de carrossel de objetos, o que inviabilizaria o seu uso no caso da inexistência de acesso à Internet. A comunicação entre usuários é feita no modo *peer-to-peer*, uma arquitetura difícil de implementar no ambientes de TVDI tradicional que sempre prevê a necessidade do uso de um servidor de aplicações interativas que faria a conexão entre os dados recebidos pelos canais de retorno e os dados transmitidos pelo carrossel de objetos. O sistema *2BeOn* também abandona o uso da máquina virtual Java que é a recomendação para o desenvolvimento de interface gráfica em todos os sistemas de TVDI comerciais, usando, em sua substituição, um pacote de desenvolvimento completo, desde a interface gráfica, controle de

usuários e gerenciamento de serviços baseada na arquitetura Macromedia. O servidor de dados contendo as informações dos usuários é baseado em SQL e a transmissão das informações é feita pelo protocolo HTTP usando ASP (*Active Server Pages*) através de *Open Database Connectivity*. Este um método possível de ser usando em ambientes reais, já que o HTTP é incluso nas especificações de TVDI e a arquitetura dos servidores não é padronizada.



Figura 16. Protótipo 2BeOn.

O protótipo está em uso em ambientes de simulação. A Figura 16 mostra a imagem do sistema 2BeOn em que se observa os menus com usuários *on-line* e a possibilidade de conversação através de *chat*.

Em [LÓPEZ-NORES2004] é proposto um ambiente de distribuição de serviços educacionais colaborativos e a ampliação da especificação MHP para suportar a API JXTA desenvolvida pela Sun Microsystems para aplicações *peer-to-peer*. Em [LÓPEZ-NORES2003] são exploradas as potencialidades do t-ensino e a migração de ferramentas colaborativas existentes para este ambiente, em foco as que possuem como eixo central o uso de XML para troca de informações, formato suportado pelo MHP. A recomendação da inclusão da API JXTA na especificação MHP merece destaque já que traria uma solução simples para prover comunicação entre usuários em uma comunidade virtual, sobre a Internet ou redes que não usam IP, já que esta API suporta naturalmente *multicast* e permite gerenciamento de grupos.

Nesta rede virtual criada com a API JXTA, serviços, informações sobre recursos, perfis de usuários, etc. recebem identificadores únicos e listagens destes identificadores baseadas em descritores XML com informações e ponteiros indicando onde podem ser encontrados são distribuídos a cada *peer*. O grupo ainda propõe uma modificação nesta distribuição. Devido ao baixo poder de processamento dos receptores haveria nodos *rendezvous super-peers*, onde esta informação seria armazenada, liberando os receptores de processar todas as informações de estado da rede. Seguindo estas idéias o grupo implementa uma camada de comunicação onde é transparente o uso da rede de difusão de carrossel de objetos, usada como forma natural de distribuir informação para todos os usuários, e o canal de retorno. Apesar de, na época das

publicações destes estudos, o grupo não ter efetuado testes em um ambiente comercial real, devido à inexistência de transmissões de TVDI, o ambiente de testes é muito próximo do real.

Outro projeto de pesquisa utilizando a API JXTA é descrito em [TURCAN2003]. Este projeto denominado de “*Share it!*” é financiado pela União Européia e tem seu foco no desenvolvimento de conceitos e soluções para a interconexão de receptores de TVDI. O modelo se baseia no uso de receptores avançados interconectados através de redes de alta velocidade, estes receptores equipados com sistemas de gravação digital de vídeo (*Digital Video Recording*) permitiriam o compartilhamento de conteúdo entre usuários em uma rede *peer-to-peer*.

Em [SILVA2003] é descrito o projeto de modernização da já conhecida TV-Escola através da implantação da TVDI tornando disponíveis serviços de busca na programação e posteriormente vídeo sob demanda. O projeto de modernização envolve uma equipe multidisciplinar das áreas de educação, comunicação e computação. Aos membros das áreas de educação e comunicação coube o desenvolvimento de um novo formato para os programas, adaptando-os às restrições e necessidades desta nova tecnologia, como segmentá-los para facilitar a procura e distribuição dos conteúdos. Aos membros do projeto oriundos da computação coube o desenvolvimento da aplicação. O protótipo da aplicação é modularizado, os principais módulos são o de agendamento, o de busca e a base de dados.

O módulo de agendamento consiste de uma interface na qual o professor cadastrado no sistema solicita um programa completo ou parte dele para uma determinada data, coincidindo como seu calendário acadêmico, desta forma o sistema iniciaria então um *download* do vídeo que ficaria armazenado no receptor para posterior exibição. O módulo de busca consiste de uma interface que possibilita a procura de programas no acervo por palavras chaves, como código, palavras ou áreas temáticas, essa busca é feita sobre a base de dados. O protótipo utiliza um arquivo XML como bases de dados, no qual estão cadastrados e classificados os mais de 2000 títulos disponíveis atualmente no acervo da TV Escola. A interface da aplicação é desenvolvida utilizando as classes gráficas HAVi, tornado-se assim compatível com o padrão MHP. Na época da publicação do artigo os testes foram realizados utilizando o emulador XletView.

Alguns pontos sobre o protótipo ainda estão em discussão, como o módulo de busca.

Ele se baseia na necessidade da transmissão completa deste arquivo XML, contendo todo o cadastro, para o receptor, onde seria processada localmente a procura, sem abordar o tempo de transmissão, tamanho do arquivo, necessidades de armazenamento no receptor e custo de processamento local. Uma alteração no protótipo seria o envio pelo canal de retorno das chaves de busca, o processamento em um servidor central e apenas o recebimento das respostas pelo receptor. A idéia do agendamento dos programas também não é definitiva, pelo fato do desconhecimento da rede de transmissão real que seria disponibilizado ao canal interativo da TV Escola, principalmente sem se levar em conta às necessidades de banda livre para o *download* dos programas pelos talvez

milhares de professores cadastrados utilizando o sistema simultaneamente. Testes nesse sentido ainda precisam ser realizados pelos desenvolvedores.

Em [TEIXEIRA1993] é descrito o uso do padrão MHEG [MHEG-5] e suas similaridades com o HTML para a distribuição de material educacional pela TVDI, disponibilizando, assim, facilidades na migração de ferramentas colaborativas existentes na Internet. O padrão MHEG-5 foi incluído na camada de software do sistema norte-americano de TVDI, o ATSC, sendo usado no intercâmbio de objetos multimídia no ambiente de TV digital, mas também é utilizado no sistema europeu, o DVB, na Inglaterra. O MHEG-5 é desenvolvido pela ISO (*International Standard Organization*) com o objetivo de definir a semântica e a forma final dos objetos multimídia intercambiáveis entre aplicações multimídia interativas em uma arquitetura cliente-servidor, além de garantir a interoperabilidade através de plataformas heterogêneas. Essas plataformas podem ser ambientes com recursos mínimos, como os modelos mais simples de receptores de TVDI, que mesmo com limitações de memória e processamento podem abrigar máquinas MHEG-5 eficientes, capazes de interpretar e apresentar esses objetos multimídia.

Todos esses trabalhos possibilitam migrar experiências, ou criar novas competências, na adoção de ferramentas colaborativas para aplicações de ensino e treinamento à distância no ambiente da TVDI.

4.5 Considerações finais

Como era de se esperar, já começam a surgir no mundo as primeiras iniciativas no sentido de desenvolver suportes colaborativos em TVDI para implantar experiências educacionais. Algumas dessas iniciativas tentam migrar abordagens já consolidadas na *web* para ambientes de TVDI. Contudo, devido às diferenças entre TVDI e a Internet muitas dessas abordagens poderão fracassar, ou deverão evoluir no sentido de se adaptar às especificidades da TVDI.

A implantação da TVDI no Brasil poderá, no início, receber aplicações do ambiente Internet, mas a diferença entre os dois ambiente acabará adaptando estas aplicações para esta nova mídia, que possui características de uso diferenciadas (área útil na tela, distância do usuário da TV, o controle remoto e suas limitações como interface com o usuário, etc).

Outro fator importante que limitará a interatividade das aplicações disponibilizadas ao usuário é a penetração das linhas telefônicas fixas no Brasil, que possivelmente será o principal tipo de canal de retorno disponível.

5 Um Portal de Aplicações Colaborativas para apoio ao Ensino.

5.1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo propor um portal para disponibilização de aplicações colaborativas em TVDI desenvolvido em MHP, denominado InteraTV. Com objetivo de facilitar a descrição deste portal, é proposto também um modelo simplificado de TVDI que pode ser usado para implementar esse portal. O modelo foi construído baseado em outros encontrados na literatura [O'DRISCOLL2000] [SCHWALD2003].

Os serviços adotados foram escolhidos com o objetivo de demonstrar as potencialidades e limitações do ambiente de TVDI. Apesar do restrito grupo de serviços propostos, tanto o modelo como o portal foi concebido de forma a poder ser estendidos com a incorporação de outros serviços.

5.2 O modelo adotado

O modelo é baseado na arquitetura convencional de sistemas de TV digital interativa, conforme descrito no capítulo 2. As necessidades específicas consistem de um receptor compatível com o padrão MHP, a existência de um canal de retorno de algum tipo e que o usuário possua um controle remoto com capacidades alfa numéricas (pode-se simular um teclado de celular ou preferencialmente usar um teclado sem fio). A aplicação foi desenvolvida no formato 4:3, tamanho hoje preponderante nas TV's em uso. Durante o desenvolvimento da aplicação, a compatibilidade com o padrão MHP foi obtida com o uso exclusivo de classes padronizadas por esse sistema, inclusive o uso da biblioteca HAVi nível 2 para o desenvolvimento da interface gráfica, recomendação do padrão.

Uma exemplificação da cadeia de processo mínima necessária para a implementação do modelo é vista na Figura 17, uma descrição de cada módulo é feita na próxima seção.

A aplicação é difundida através do uso de um carrossel de objetos, e ao ser recebido pelo receptor, e estando completa, é posta em execução pelo Gerenciador de Aplicações e se torna disponível ao usuário. Mensagens de sinalização enviadas pelo Servidor de Geração de Conteúdo são recebidas e interpretadas pelo Gerenciador de Aplicações, tornando assim possível esse controle de execução. Quando em execução, a aplicação permite que o usuário interaja com o sistema ou outros usuários através do envio de mensagens ao Servidor de Aplicações Interativas que processa as informações e executa as ações programadas. O Servidor de Aplicações Interativas busca informações relativas a permissões e personalização no Servidor de Acesso Condicional que possui o registro dos usuários do sistema e também interage com o Servidor de Geração de

Conteúdo, podendo assim encaminhar informações ou dados que serão transmitidos através do carrossel de objetos.

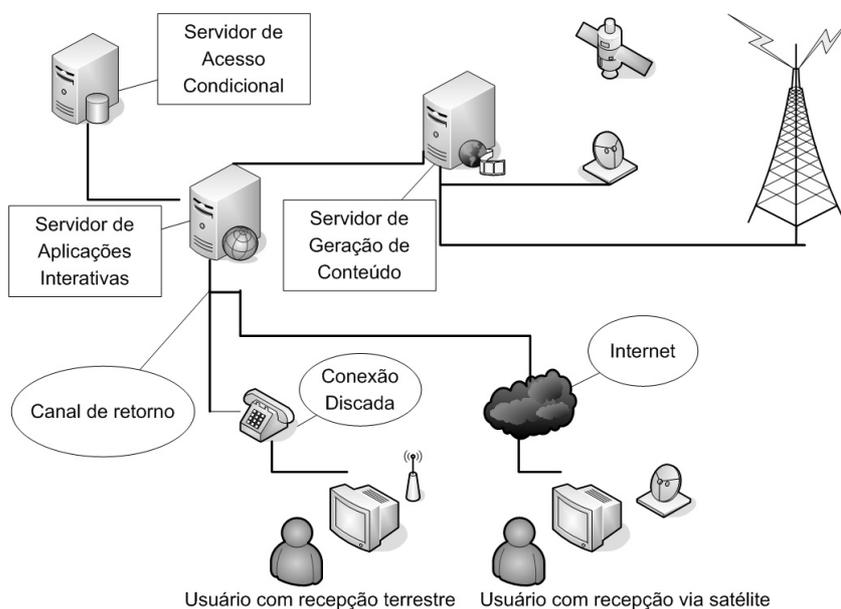


Figura 17. Visão geral do modelo.

A seguir é descrito cada elemento do modelo apresentado.

- **Receptor:** O receptor deve ser compatível com o padrão MHP e possuir um dos tipos de canais de retorno aceitos, modem no caso de conexão discada ou, por exemplo, uma porta *ethernet* no caso de conexão permanente, o perfil de um receptor com essas características é conhecido como *Interactive Profile*, como visto no Capítulo 2.
- **Servidor de Aplicações Interativas:** Esse servidor simboliza de forma genérica um ou mais elementos da cadeia de produção de TVDI responsáveis por receber a interação dos usuários na forma de mensagens/requisições. Para garantir disponibilidade, ou ainda separação entre os serviços prestados, vários desses elementos podem coexistir. Deve ser a linha de frente do sistema, podendo ter conexões com topologias de rede diferentes, proporcionando assim que usuários possam utilizá-lo mesmo possuindo formas diferentes de canais de retorno. O MHP não padroniza esses elementos da cadeia de produção, deixando assim a possibilidade de reutilização de tecnologias já conhecidas e estáveis em uso no ambiente da Internet.
- **Servidor de Acesso Condicional:** Elemento responsável por hospedar e fornecer informações sobre as contas dos usuários e permissões concedidas relativas ao uso dos serviços interativos. As aplicações necessitam de informações precisas dos

usuários e seus privilégios para poder melhor personalizar os serviços ofertados. Diversas tecnologias de base de dados usadas na Internet para personalizar informações e garantir controle de segurança podem ser utilizadas no ambiente de TVDI com pequenas adaptações.

- Servidor de Geração de Conteúdo: Elemento responsável por codificar e multiplexar som, vídeo e dados dos serviços prestados. Hospeda o diretório raiz do carrossel de objetos, conhecido como Domínio de Serviço, que é replicado nos receptores. O servidor de aplicações interativas atualiza sempre que necessário os dados do carrossel de objetos. Existe a disponibilidade no mercado de aplicações completas (hardware e software) específicas para efetuar esse serviço da cadeia de produção, entregando o sinal pronto para ser modulado e transmitido.

Não é necessário que todos os elementos estejam na mesma localização, podendo-se descentralizar o sistema para que cada região possua e forneça serviços interativos locais, esses dados locais são multiplexados e transmitidos localmente em conjunto com o som e vídeo de uma transmissão nacional.

O modelo possui as características mínimas necessárias para colocar em funcionamento uma cadeia de produção de TVDI de pequeno porte.

5.3 InteraTV – Um portal de aplicações colaborativas

Portais de serviços permitem o acesso de usuários de TVDI a uma gama de aplicações relacionadas a um determinado tema. Neste trabalho foi desenvolvido um portal de aplicações colaborativas, batizado de InteraTV. Este portal, compatível com o padrão MHP, foi implementado através de um protótipo extensível, no qual novas aplicações podem ser agregadas na medida em que forem necessárias. O protótipo será apresentado no próximo capítulo.

A aplicação projetada consiste de um módulo principal, através da qual o usuário tem acesso a algumas sub-aplicações. Estas sub-aplicações tem em comum a possibilidade de ser utilizadas no objetivo de permitir a colaboração de grupos de estudo ou trabalho à distância, bem como a comunicação síncrona ou assíncrona dos usuários. Estas aplicações seriam um módulo de envio de teletexto, permitindo assim que pequenas mensagens sejam transmitidas aos demais usuários de um grupo, um módulo de leitura e postagem de mensagens conhecido como *bulletin board*, permitindo aos usuários o acesso a um fórum de discussões através de sua televisão, um módulo de *Chat*, dando assim a oportunidade de comunicação em tempo real com outros usuários de um mesmo grupo através da TVDI, e por último um módulo chamado de tele enquete que permite que os usuários respondam a pesquisas e tenham acesso a elas através de sua televisão.

A aplicação ao ser carregada pelo receptor de TVDI apenas exibiria um pequeno ícone no canto inferior direito da tela, permitindo ao usuário a liberdade de acessar a aplicação no momento desejado. Uma exemplificação é mostrada da Figura 18.

Após a interação do usuário é carregada a janela de serviços, que consiste de um portal que permite o acesso aos sub-programas disponíveis. Nesta janela o vídeo do canal em exibição é redimensionado para um quarto de tela, permitindo a continuidade da visualização e a leitura das mensagens de teletexto recebidas que “correm” na parte inferior da tela.

Após a escolha de um serviço (um módulo da aplicação), as teclas de acesso rápido, os 4 botões coloridos padronizados nos controles remotos dos receptores MHP, permitem a navegação entre as janelas de aplicação, possibilitando a simultaneidade de aplicações, quando possível.²

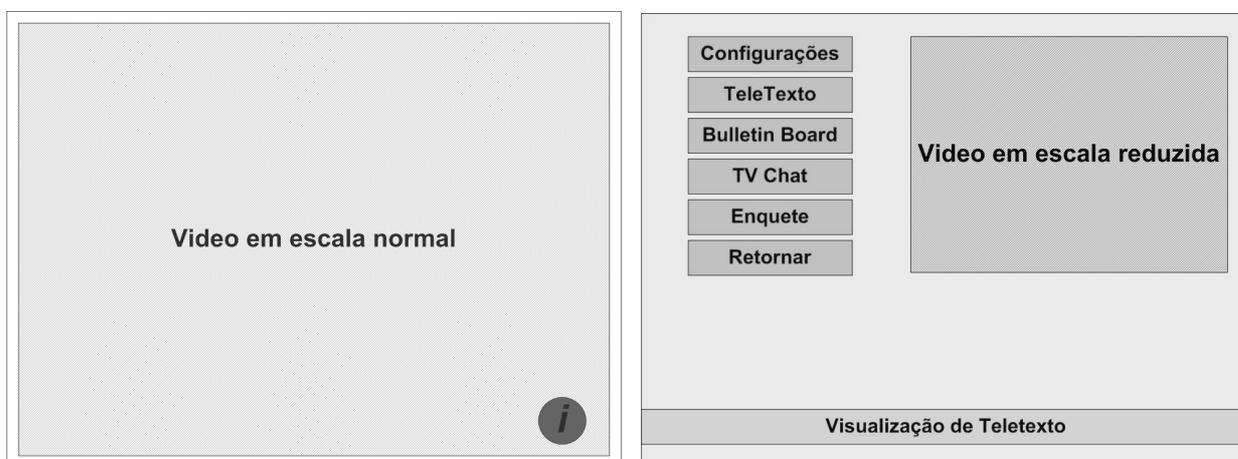


Figura 18. Exemplificação da interface da aplicação.

5.3.1 Módulo de configuração de informações pessoais e de grupo

O módulo de configuração permite que seja feita uma personalização da aplicação, onde o usuário pode fornecer seu nome, apelido e grupo a qual faz parte, para que as demais aplicações possam usar essas informações para personalizar o envio de mensagens, como o teletexto e *bulletin board*, e seleções das mensagens recebidas do grupo a qual faz parte, no caso do *chat*. Exemplificação da tela de configuração é mostrada na Figura 19. Diversas personalizações podem posteriormente ser agregadas a este módulo no intuito de um local comum para essas configurações.

² A maior parte das aplicações para TVDI encontradas na literatura e propostas comercialmente não adotam simultaneidade de serviços devido à limitação de recursos existentes nos receptores atuais.

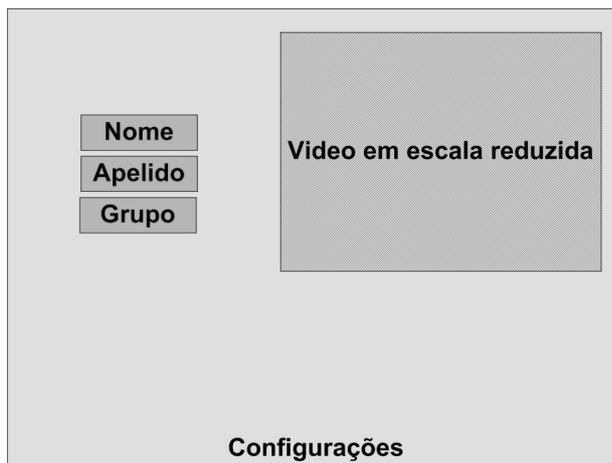


Figura 19. Exemplificação da tela de Configuração.

5.3.2 Módulo de teletexto

O módulo de teletexto permite o envio de mensagens, estas enviadas ao servidor de aplicações interativas que as colocará em um fila de transmissão e ao ser recebidas pelo receptor do usuário serão exibidas em ordem. Uma exemplificação é mostrada na Figura 20.

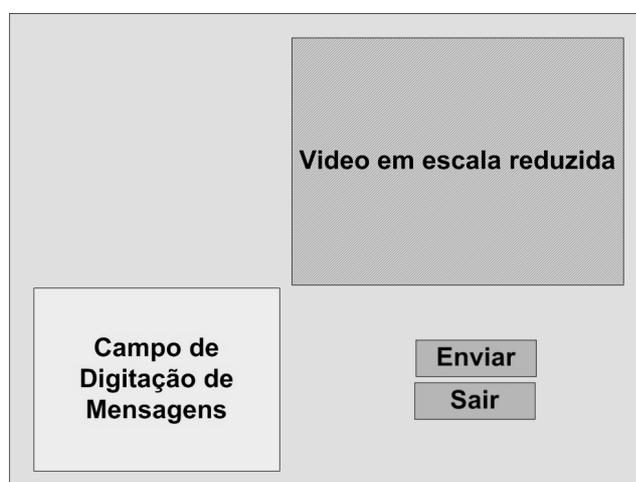


Figura 20. Exemplificação do módulo de teletexto.

O teletexto é um serviço muito comum na TV analógica, controlado exclusivamente pelo difusor do sinal, permitindo ao usuário somente obter informações adicionais que são mostradas durante a transmissão, ou serviços já disponíveis nos quais o usuário pode através do envio de mensagens pelo serviço de SMS (*Simple Message Service*) disponibilizado pelas operadoras de telefonia celular enviar mensagens que são exibidas durante a transmissão. É recomendável a existência de um moderador para autorizar a exibição das mensagens, principalmente no caso de grupos abertos e anônimos, para evitar abusos. Devido à existência do canal de retorno nos

receptores de TVDI trazendo assim maior facilidade no uso deste serviço pode-se prever um maior crescimento de serviços similares disponibilizados por operadoras de TVDI. Devido ao tempo necessário para a exibição das mensagens, estudos relacionados ao tamanho máximo das mensagens e seu tempo de exibição devem levar a limitar o número máximo de usuário possíveis de utilizar este serviço para evitar que mensagens já fora do tópico em exibição sejam exibidas tardiamente devido ao excesso de mensagens na fila de envio.

Canais de serviço, podem, se servir deste aplicativo para o envio de mensagens de sistema, avisos ou comunicados gerais. A aplicação pode ser utilizada para a exibição de mensagens durante qualquer transmissão, bastando que a aplicação seja transmitida em conjunto e inicializada. Análises sobre tamanho máximo de mensagens e seu tempo de exibição são necessários, pois em grandes grupos onde todos têm a possibilidade de enviar mensagens que serão exibidas pelo sistema poderá ocorrer atrasos consideráveis ocasionando exibição de mensagens fora do contexto a qual foram enviadas.

5.3.3 Módulo de *bulletin board*

Os serviços de *bulletin board* eram muito conhecidos e comuns no período pré-Internet. Com a Internet eles evoluíram para serviços hoje associados a fóruns de discussões. O objetivo de incluir um cliente de *bulletin board* em nossa aplicação é demonstrar a possibilidade de fomentar discussões e troca de experiências entre os usuários sobre diversos assuntos. A Figura 21 exemplifica a tela do cliente de *bulletin board*. Tópicos relacionados à programação ou serviços disponibilizados pela transmissora de sinal podem ter em um serviço de *bulletin board* um ponto de troca de informações ou resolução de dúvidas. Devido à natureza de acesso assíncrono as mensagens não há necessidade de se controlar a quantidade de usuários que teriam acesso a esse serviço, mas estudos de tamanho máximo de mensagem ou de otimização da interface gráfica para proporcionar um cliente mais amigável ao usuário mostram que é interessante para manter o interesse de acessar e interagir com esse serviço por talvez várias horas, como ocorre com serviços de fóruns disponíveis na Internet, exemplificando a *Usenet*.

A implementação deste método tradicional de comunicação assíncrona pelos operadores de TVDI permitiria a criação de tópicos de discussão relativos à programação, resolução de dúvidas, tópicos livres ou criados pelos usuários. Ao contrário do *chat*, devido a sua característica assíncrona, com a qual o usuário busca as mensagens desejadas no horário de sua escolha, elimina grandes necessidades de limitar o número de usuários ou mensagens postadas. Grandes fóruns podem se constituir, mantidos pelos operadores de TVDI para milhares de usuários de uma localidade que interagem de forma simples através de seu *set-top-box*.

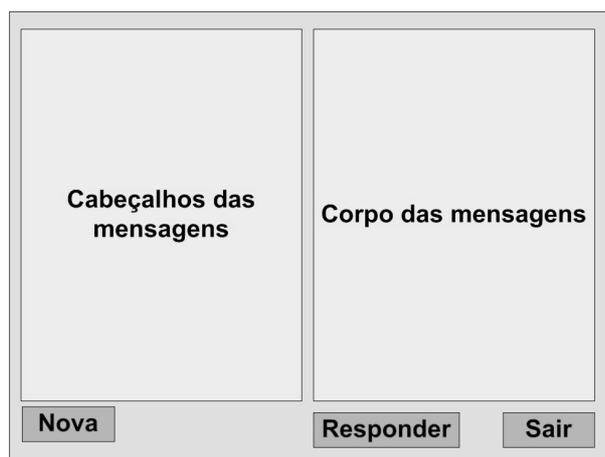


Figura 21. Exemplificação do cliente de *Bulletin Board*.

5.3.4 Módulo de *Chat*

O *chat* é uma forma de comunicação em tempo real usada por milhões de pessoas através dos diversos serviços similares existentes na Internet. A sua migração para o ambiente de TVDI já é realidade em sistemas comerciais europeus e variações deste modo de comunicação e sua migração para esta nova mídia são tópicos de pesquisas em andamento. Na Figura 22 exemplificamos o cliente de *chat* no ambiente de TVDI.

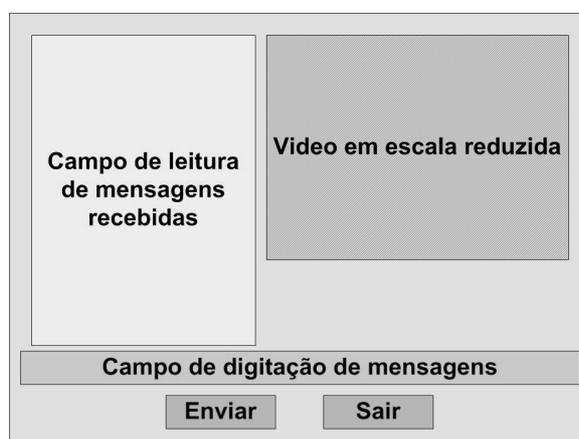


Figura 22. Exemplificação do cliente de *Chat*.

Devido às características próprias do ambiente de TVDI, como tamanho dos objetos gráficos para permitir a leitura a distância média normal entre o usuário e a TV, normalmente 3 metros em comparação ao usuário e o PC que varia em torno de 45 cm, estudos para otimizar a interface

gráfica, limitar tamanho de mensagens e número máximo de usuários por sala de *chat* é necessário para permitir uma ótima usabilidade³ de um cliente de *chat* através da TV. Grupos podem ser pré-definidos pela operadora de canal como podem ser criados pelos usuários, permitindo a escolha desses por temas ou membros preferenciais de usuários. O uso de teclados sem fio compatíveis com os receptores deve ser um diferencial para a popularização destes serviços.

Um cliente de *chat* pode ter seu uso em situações variadas, desde o apoio na tomada de decisões em reuniões tele-presenciais, apoio a comunicação em vídeo conferências até servir de meio para fomentar discussões em grupos com assunto específico, por exemplo, em um grupo analisando um programa específico como um documentário. Como no teletexto, estudos de usabilidade se tornam necessários no sentido de melhor tamanho de texto, tamanho de mensagens, número de linhas do painel de exibição das mensagens para facilitar a leitura das diversas mensagens recebidas. Intuitivamente um número limitado de usuários por sala de *chat* deve se tornar necessário para evitar um excesso de mensagens exibidas que tornariam inviável a discussão ou interação com os demais usuários. Em nosso cliente de *chat* é previsto que usuários com receptores sem acesso a um canal de retorno possam visualizar as mensagens que são transmitidas por difusão (*broadcast*), apesar de serem impossibilitados de interagir. Outro ponto previsto é a transmissão integral das mensagens das salas a todos os usuários, não importando o momento em que entrou na sala, possibilitando assim acesso completo a toda a discussão que ocorreu previamente à sua entrada. Operadoras de TVDI podem gerenciar o controle de salas de *chat* exclusivas para certos grupos, por programas específicos ou salas gerais abertas a todos os espectadores de um determinado canal.

5.3.5 Módulo de tele enquete

O módulo de tele enquete permite ao usuário selecionar dentre as enquetes disponíveis aquela na qual deseja inserir a sua opinião e ter acesso aos resultados parciais. Exemplo do módulo de tele enquete pode ser visto na Figura 23.

Aproveitando as capacidades interativas desta nova mídia pode-se disponibilizar um serviço que permita ao usuário deixar sua opinião sobre diversos tópicos. A programação pode incentivar uma cultura de opinar e desta forma empresas podem obter uma resposta rápida sobre a aceitação de produtos ou campanhas, grupos diversos podem receber uma resposta direta da população sobre

³ Segundo a ISO/IEC 9126: "A usabilidade refere-se à capacidade de um software de ser compreendido, aprendido, utilizado e ser atraente para o utilizador, em condições específicas de utilização".

temas de mobilização regional ou até nacional, e institutos de pesquisa podem fazer um bom uso deste tipo de serviço.

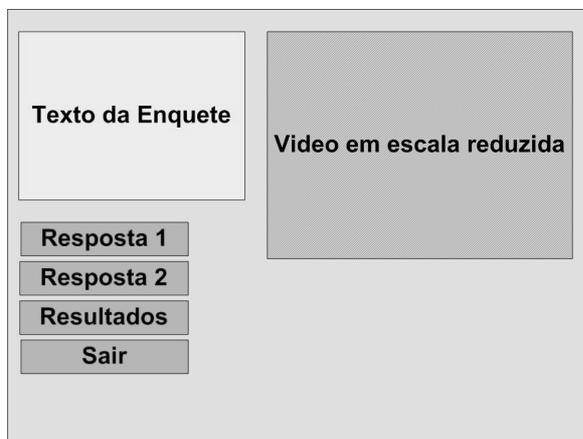


Figura 23. Exemplificação do módulo de tele enquete.

Com o objetivo de aproveitar a interatividade da TVDI o modelo possui um módulo de Tele Enquete, no qual o usuário pode navegar pelas enquetes disponíveis e expressar sua opinião sobre o tópico. Inicialmente os acessos a todas as enquetes ficam alocados em um módulo em separado, exigindo que o usuário se interesse em participar navegando até a janela do sistema. Uma situação possível é o envio de mensagens de sistema comunicando os usuários da existência da enquete durante a programação normal, através do uso de teletexto, por exemplo, e através de uma função específica do controle remoto efetuar a carga da aplicação iniciada na enquete específica para colher a opinião e remeter ao servidor de aplicações interativas através do canal de retorno. Os resultados seriam disponibilizados a todos através da difusão geral e exibidos com o uso do módulo de tele enquete.

5.4 Exemplo de cenário de uso do modelo

Diversos cenários de uso do modelo são possíveis. Com o intuito de exemplificar um, é descrito a seguir uma seqüência de ações de uso, utilizando um cenário de ensino à distância. Neste cenário de uso, um aluno através da TVDI faz parte de um grupo de ensino à distância e pode interagir, através dos módulos da aplicação, com o instrutor e com os demais colegas situados em localidades remotas.

Uma situação possível é um determinado aluno, denominado de Aluno01, assistir e interagir com uma vídeo aula, um determinado documentário, que complementa o currículo de uma disciplina. Com isso ele interage, em tempo real, com os demais colegas trocando impressões a respeito do documentário. Ao final do documentário são postadas pelo instrutor, perguntas e questionamento referentes o documentário no mural do *Bulletin Board*, com o objetivo de fomentar

uma discussão sobre temas considerados relevantes pelo instrutor. Em seguida o Aluno01 visita o mural de recados criado sobre esse tópico e envia suas opiniões e impressões sobre o documentário. No final, deseja enviar mensagem a todos seus colegas, mas como a maioria já não está ativo no módulo de chat, o aluno envia mensagem a todos os colegas cadastrados através do módulo de tele texto, mensagem recebida por todos, independente do demais módulos em uso.

Na Figura 24 é apresentado, através de um diagrama de seqüência, a seqüência de uso dos módulos descrita no caso de uso.

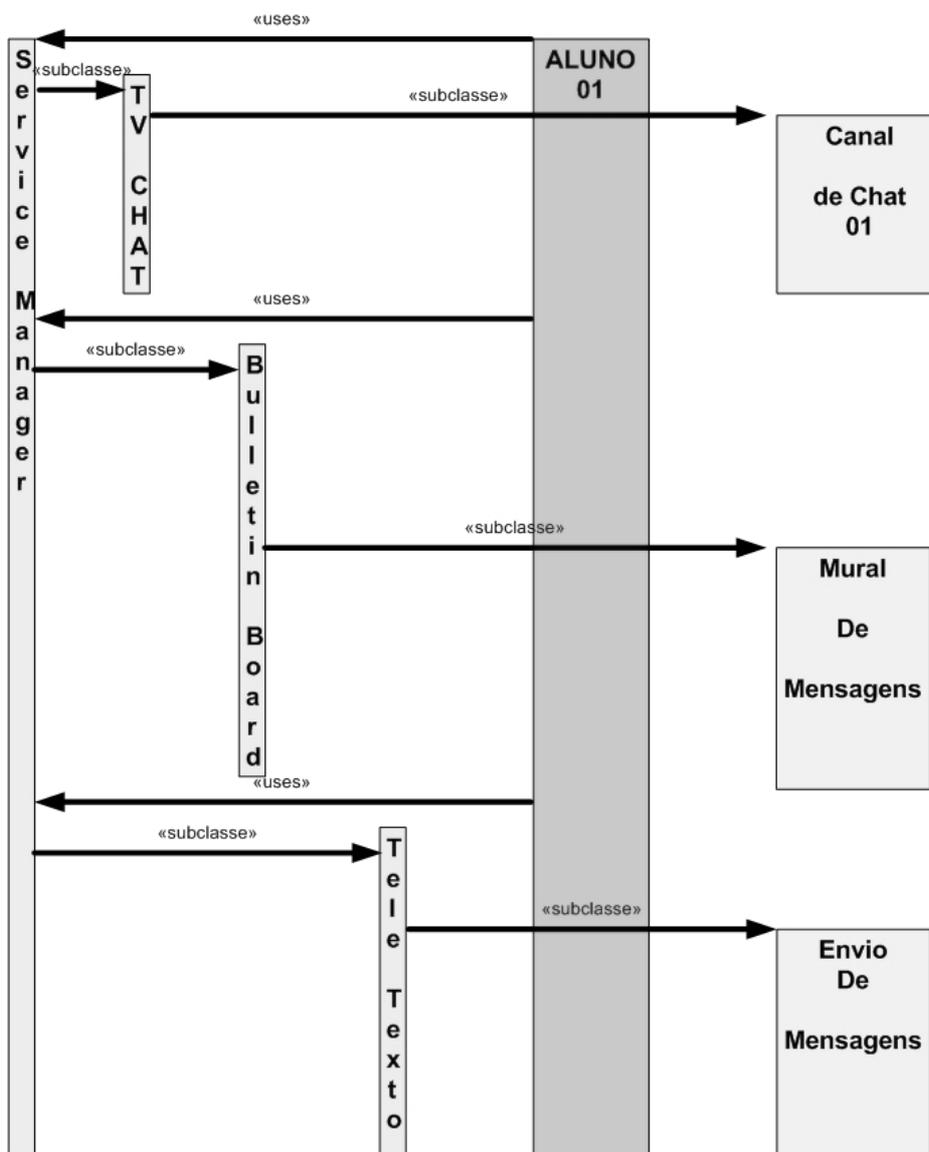


Figura 24. Diagrama seqüencial do exemplo de uso.

5.5 Considerações sobre o portal

Alguns casos de uso para o modelo foram exemplificados, não limitando somente a estes, pois a implantação e regionalização das transmissões de TVDI criam ambientes propícios para um

gerenciamento cada vez mais descentralizado, possibilitando com as transmissões locais a criação de grupos locais com características em comum, incentivando assim o uso de aplicações colaborativas e educacionais [PJBF2003b].

É importante salientar no projeto de aplicações para a TVDI a grande ênfase que deve ser dada no controle dos recursos utilizados, devido às limitações de memória e processamento encontradas nos receptores. Existe recomendação de evitar a simultaneidade de aplicações, objetivando a liberação de quaisquer recursos alocados e sem uso e, por consequência da inexistência de um gerenciador de janelas, a dificuldade dos usuários em interagir com aplicações diversas simultaneamente.

No próximo capítulo são descritos alguns detalhes referentes à implementação do protótipo, bem como características do ambiente de desenvolvimento das aplicações para a TVDI.

6 Protótipo do InteraTV

6.1 Introdução

O protótipo do InteraTV foi desenvolvido em um ambiente simulado, devido à inexistência de um ambiente real de testes. Com o objetivo de focar nas características mais importantes, alguns módulos do modelo adotado, como o Servidor de Acesso Condicional e o Servidor de Geração de Conteúdo, não foram implementados.

A opção de desenvolver a interface gráfica com a biblioteca HAVi nível 2 garantiu uma aplicação compatível com diversos receptores que, por ventura, seriam utilizados pelos usuários do sistema, mas trouxe dificuldades no desenvolvimento, devido a complexidade encontrada em seu uso.

O contexto de desenvolvimento obtido impôs restrições a qual a aplicação teve que se adaptar. Sem transmissão e recepção real não haveria a geração de um carrossel de objetos, que teve de ser simulado, assim como não haveria mensagens de controle por parte da geração de conteúdo. Também não haveria um receptor real com canal de retorno, ou seja, o canal de retorno disponível seria o encontrado no ambiente de simulação, rede *ethernet* e TCP/IP.

A simulação de um ambiente de TVDI foi necessária e a aplicação foi desenvolvida e testada com emuladores, que apesar de limitados eram a solução viável. Na seqüência é apresentada uma breve descrição das principais ferramentas utilizadas.

6.2 Emuladores de TVDI

Devido ao fato da pesquisa não ter acesso a um ambiente real de testes, com transmissor e receptor de TVDI, o uso de emuladores tornou possível testes da aplicação em um ambiente mais próximo do real.

Em uma fase de pré-desenvolvimento foi colocada em prática uma pesquisa com o objetivo de identificar emuladores de TVDI existentes. Essa pesquisa abrangia procura pelo assunto na Internet e recomendações ou relacionamentos do uso de emuladores em textos acadêmicos ou em fóruns de discussões.

Com a premissa de sempre que possível utilizar softwares gratuitos com código aberto, os primeiros testes foram efetuados nos emuladores OpenMHP [OPENMHP]; XletView [XLETVIEW] e MHP4free [MHP4FREE]. O uso do emulador MHP4Free foi descartado logo no início por dificuldades relacionadas ao idioma do software, já que toda a documentação e suporte são encontrados somente em alemão. Simultaneamente foram efetuados testes com o XletView e o OpenMHP.

O OpenMHP apesar de possuir boa quantidade de documentação e ótimo acesso para execução do *Xlet* no emulador, proporcionando amplo debug do código testado, mostrou algumas deficiências devido ao baixo número de classes MHP implementadas no emulador, causando assim problemas na execução devido a não implementação de métodos de diversas classes MHP principais utilizadas, como *widgets* Java da classe HAVi, importantes na criação da interface gráfica. É importante destacar que o projeto OpenMHP está em andamento e tem as implementações das classes MHP sendo feitas gradativamente.

O emulador em código aberto que acabou sendo mais utilizado foi o XletView, que foi utilizado durante a parte inicial do desenvolvimento.

Problemas ocasionados devido a não totalidade do projeto XletView, como impossibilidade de uso de determinadas classes MHP (a classe gráfica HAVi não era totalmente suportada, causando erros no uso de alguns elementos gráficos (*widgets*) básicos) e instabilidades durante testes ocasionaram a necessidade de um emulador em estado de desenvolvimento mais avançado.

Em situação similar encontrava-se o grupo de pesquisa em TVDI do Núcleo de Redes de Alta Velocidade e Computação de Alto Desempenho da Universidade Federal de Santa Catarina [NURCAD] que ao obter acesso ao emulador IRT [IRT] possibilitou que a continuidade do desenvolvimento da aplicação se desse neste emulador.

O emulador IRT apesar de ser em código aberto, não é livre, mas possui a implementação quase em sua totalidade as classes MHP além de funcionalidades adicionais como o suporte a hardware de recepção de sinal de TVDI, sintonia de serviços, emulação do carrossel de objetos (quando em acesso a um fluxo de transporte MPEG-2) dentre outras funcionalidades avançadas, permitindo assim que o desenvolvimento da aplicação evoluísse. O IRT é desenvolvido pelo *Institut für Rundfunktechnik GmbH*, instituto de pesquisa privado alemão responsável pelo desenvolvimento do padrão de TVDI utilizado pelos canais públicos de transmissão de TVDI alemão, padrão este em conformidade com o sistema MHP.

Na figura 25 é mostrada a interface do emulador XletView, com o módulo de *chat* em execução. Destaca-se à direita a simulação do controle remoto com as funcionalidade mínimas previstas no sistema MHP, como setas direcionais e 4 botões coloridos para funções que podem ser definidas na aplicação. Na figura 26 é apresentado sendo emulado no IRT o módulo de *chat* com mensagem de teletexto sendo apresentada abaixo da tela.

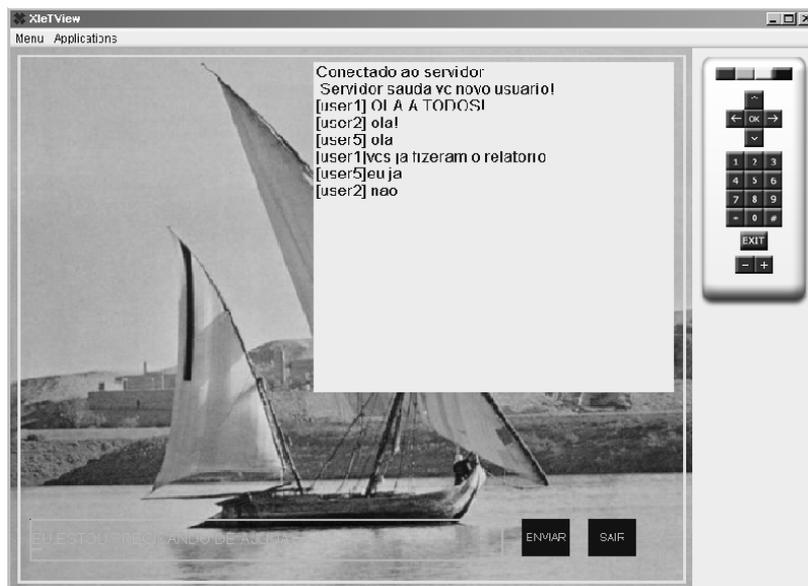


Figura 25. Emulador Xletview executando versão do cliente de chat .



Figura 26. Emulador IRT com aplicação de chat e teletexto em execução.

Para completude é interessante deixar registrado que outros ambientes de emulação de TVDI foram analisados, ambientes de desenvolvimento que fazem parte de grandes pacotes de soluções de emulação e implantação comerciais como o finlandês Cardinal Studio [CARDINAL], o AltiComposer da empresa Alticast [ALTICAST] e o Sublime iTV Suíte [SUBLIME] da Sublime Software, mas todos eles possuem código fechado, acesso somente a versões com funcionalidades reduzidas ou com prazo de avaliação e principalmente um compatibilidade relativa com o ambiente MHP, pois forçam o desenvolvimento da interface gráfica usando classes proprietárias que tornariam a aplicação incompatível com um receptor de TVDI padrão do sistema MHP.

6.3 Ambiente de desenvolvimento: Eclipse

Desde o início do desenvolvimento da aplicação o ambiente de desenvolvimento propriamente dito escolhido foi o Eclipse [ECLIPSE] por ser em código aberto, livre, fácil de ser configurado e adaptado ao ambiente de desenvolvimento de aplicações para a TV Digital.

Este ambiente de desenvolvimento, mantido e suportado por uma grande comunidade de colaboradores e que possui sempre o seu uso recomendado ainda não possui nenhum tipo de *plugin* ou adaptação especial ao ambiente de TVDI, mas inicialmente foi utilizado com classes MHP adaptadas ao XletView, conhecidas como *Stub Classes* [STUB], por terem sua funcionalidade reduzida para serem compatíveis com ambientes de emulação e posteriormente classes de desenvolvimento disponíveis no ambiente IRT, estas totalmente compatíveis com ambientes reais de TVDI.

6.4 Simulação de um ambiente de TVDI

A primeira abstração foi a junção do Servidor de Aplicações Interativas e do Servidor de Acesso condicional em um único elemento, pelo fato de não ser implementado uma base de dados de usuários que seria verificada durante o pedido de conexão. Assim sendo a aplicação teria funcionalidades iguais para todos os usuários.

Na Figura 27 podemos observar a abstração resultante. O servidor de Aplicações Interativas consiste de um microcomputador PC, com sistema operacional e obrigatoriamente uma máquina virtual Java, pois para manter um ambiente único de desenvolvimento o servidor acabou sendo desenvolvido em Java padrão (somente a aplicação foi desenvolvida usando as classes Java MHP e era executada através de emuladores). O servidor possui como classe principal a denominada `InfoServer`, responsável por inicializar os serviços do servidor de teletexto (a classe `ServerTeletext`), os serviços do servidor de tele enquete (a classe `EnqueteServer`) e os serviços do servidor de *chat* (a classe `ChatServer`), que com algumas classes auxiliares, controla a recepção e o envio de mensagens aos usuários conectados, a `Sala Default` e a `Sala Exemplo` são duas salas criadas pelo `ChatServer`, isolando assim grupos de 50 usuários, no sentido de salas específicas para tópicos ou programas determinados. No caso de usuários sem canal de retorno esse usuário, que é impossibilitado de enviar a solicitação de escolha de sala de *chat*, seria direcionado obrigatoriamente para a `Sala Default`.

Na outra extremidade do modelo encontramos a abstração do receptor, que consiste de um microcomputador PC, com sistema operacional, máquina virtual Java e um emulador de TVDI.

Para simular a demodulação e a criação do espelho local do carrossel de objetos foi desenvolvida a classe `MessageReader`, que recebe os arquivos de mensagens das aplicações e os grava em um local de armazenamento comum, onde as aplicações clientes (`TVChat`, `TeletextDisplayer` e `Enquete`), executando em um emulador de TVDI, pode acessá-los, como se

fosse um carrossel de objetos. Os motivos para a execução desta distinção é manter a aplicação o mais próximo possível de uma aplicação real, para posteriormente ser, com pequenas alterações, executada em um receptor real.

Servidor de Aplicações Interativas

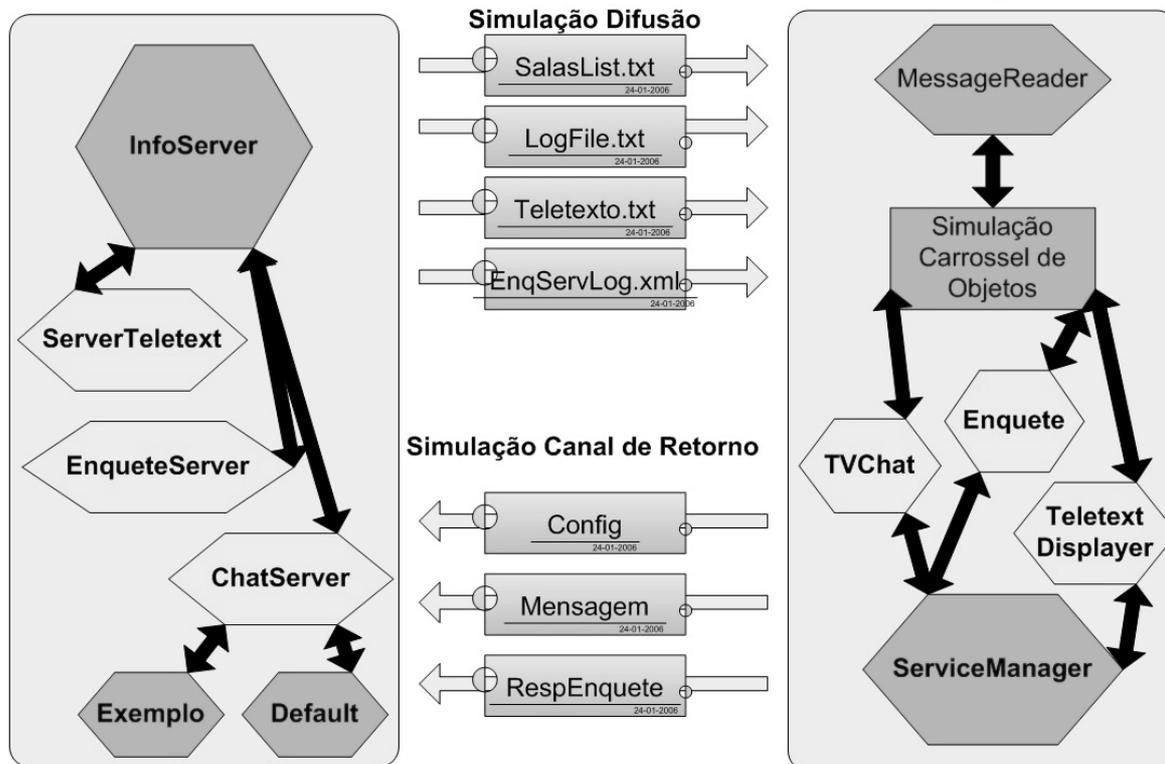


Figura 27. Abstração do ambiente de TVDI.

A difusão é simulada, a transmissão é feita através de uma rede *ethernet* com TCP/IP. Para simular a transmissão cíclica do carrossel de objetos os arquivos de mensagem recebidas por sala de *chat* (*LogFile.txt*), de nomes das salas de *chat* disponíveis (*SalasList.txt*), o arquivo com informações das tele enquetes (*EnqServLog.xml*) e as mensagens de teletexto (*Teletexto.txt*) são transmitidos periodicamente. Desta forma, o receptor somente terá as novas versões dos mesmos, que são atualizados pelo Servidor de Aplicações Interativas, no próximo ciclo, similar a um ambiente real. Executado desta forma, receptores podem entrar em qualquer momento na transmissão e ficar atualizado no mesmo nível que os demais.

Existe uma abstração do canal de retorno, substituído por conexões TCP/IP. As mensagens são encapsuladas e enviadas ao Servidor de Aplicações Interativas que as processa e executa. Através do canal de retorno ocorrem o envio das mensagens de texto do *chat* digitadas pelo usuário, mensagens de controle que efetuam a troca de sala de *chat* e ainda mensagens de resposta das tele enquetes.

Inicialmente cada sala de *chat* comporta até 50 usuários, mas testes de usabilidade em um ambiente real são necessários para determinar esse número máximo com estudos que analisem a satisfação do usuário e o desempenho da aplicação.

Para a criação de um cliente genérico de tele enquete, que permitiria ao usuário responder um número variável de enquetes disponibilizadas, foi necessário uma estruturação do arquivo de mensagens recebido pelo servidor no formato XML. Como a especificação MHP não possui classes de interpretação do formato XML foi utilizado um *parser* gratuito e de código aberto, para o ambiente Java, chamado NanoXml [NXML], disponibilizado na Internet.

6.4.1 Diagrama de Classes

Esta seção tem como objetivo descrever de forma mais aprofundada a aplicação no estado de desenvolvimento atual.

Na Figura 28 é exibido o diagrama de classe da aplicação da parte do servidor. A classe principal do servidor, que tem responsabilidade de inicializar os serviços disponibilizados é chamada de `InfoServer`, efetuado desta forma com o objetivo de modularizar os serviços existentes, permitindo a edição de novos serviços sem provocar grandes alterações no servidor de aplicações interativas.

As principais classes envolvidas no servidor e suas funcionalidades são:

`AppletWriter`: Classe que instancia os objetos encarregados de escrever as mensagens para cada cliente. Usada pela aplicação do servidor, a classe `ChatServer`, para enviar os arquivos de mensagens e de salas para cada um dos clientes. Recebe como parâmetro os arquivos e o endereço de cada cliente.

`ChatServer`: Classe principal do servidor de mensagens. Instancia a classe `MessageHandler`, responsável pela criação e gerência das salas de mensagens, a classe `ConfigHandler`, responsável por receber pedidos de troca de sala e a classe `LogDeSalas`, que grava as informações de sala existentes em arquivo que é enviado aos clientes. Utiliza um *socket* na porta 6903 na qual recebe os pedidos de conexão dos clientes, na porta 6902 recebe as mensagens da Sala Default, na porta 6702 recebe as mensagens da Sala Exemplo, na porta 6802, em uma instância da classe `ConfigHandler`, recebe as solicitações de troca de sala e na porta 6803, através de uma instância da classe `LogDeSalas`, envia aos clientes o arquivo contendo informações das salas existentes no servidor.

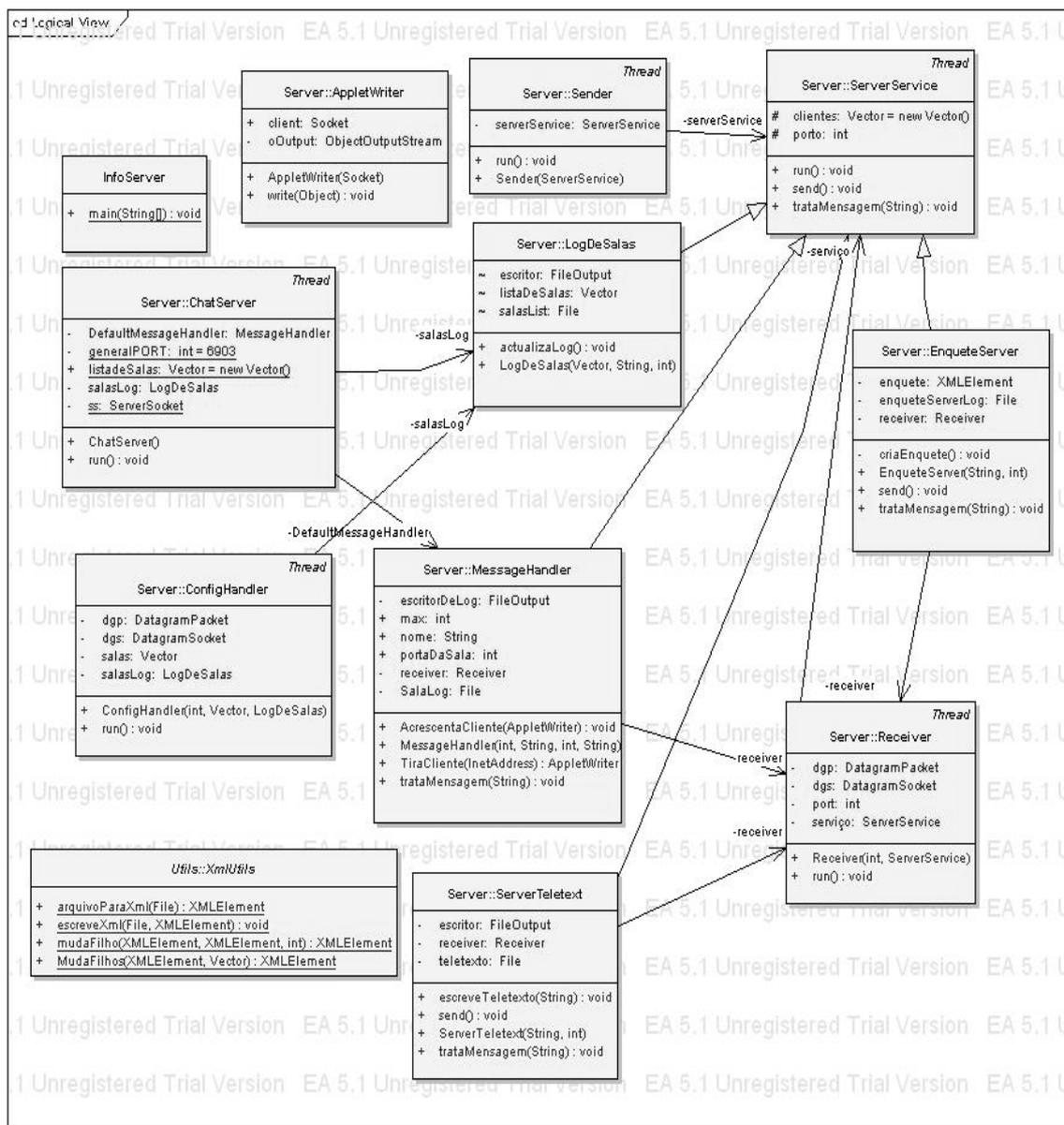


Figura 28. Diagrama de classes da aplicação lado servidor.

ConfigHandler: Classe responsável por receber as solicitação de troca de sala. Ao receber mensagem, procura a instância da classe `AppletWriter` alocada para esse cliente nos vetores de sala existentes e o move para o vetor da sala desejada, permitindo que o usuário receba o arquivo de mensagens da nova sala.

EnqueteServer: Aplicação principal do serviço de enquete, que estende a classe `ServerService` para possuir os endereços dos clientes de enquete. Instancia um objeto da classe `Receiver` que receberá as respostas das enquetes dos clientes. Aos receber as respostas, atualiza o arquivo de enquete geral que é enviado por difusão. Utiliza as classe `XMLElement` e `XmlUtils` para trabalhar com o formato XML desse arquivo.

InfoServer: Classe que inicia todas as classes de serviços, a classe ChatServer, servidor de *chat*, a classe EnqueteServer, servidor do serviço de enquete e a classe ServerTeletext responsável pelos serviços de teletexto.

LogDeSalas: Se encarrega de atualizar nos clientes os dados das salas disponíveis no servidor. Utiliza as classes auxiliares FileUtils e FileOutputStream para criar e atualizar o arquivo SalaList.txt que é enviado aos clientes com nome das salas disponíveis, número atual de usuários e número máximo permitido através de uma instância da classe AppletWriter.

MessageHandler: Responsável pela criação e gerência das salas de mensagens. Recebe a mensagem proveniente do usuário, identifica de qual sala é proveniente e envia aos usuários da sala, usando a classe AppletWriter. Caso algum dos usuários não esteja mais no sistema é responsável por remover o usuário da lista de usuários da sala.

Receiver: Classe genérica utilizada para criar *sockets* utilizados para o recebimento de mensagens dos usuários.

Sender: Classe que instancia um objeto, baseado na classe ServerService com o objetivo de enviar periodicamente o arquivo com mensagens dos serviços existentes.

ServerService: Responsável por receber a solicitação de conexão dos clientes, cada conexão cria um objeto AppletWriter que é armazenado em um vetor, para ser utilizado como identificadores de usuários para o envio de mensagens.

ServerTeletext: Classe principal do serviço de teletexto. Instancia um objeto, baseado na classe Sender para enviar periodicamente o arquivo de teletexto e outro objeto da classe Receiver, utilizada para receber as mensagens de teletexto dos usuários. Ao receber as mensagens dos usuários, as concatena ao arquivo de mensagem geral de teletexto enviado periodicamente.

No lado do cliente a classe principal, desenvolvida com a estrutura de um *Xlet*, foi chamada de ServiceManager, também de forma modular, permitindo a adição de clientes de serviços adicionais. O diagrama de classes é apresentado na Figura 29.

As principais classes da aplicação cliente e suas funcionalidades são:

Button: Classe usada para criar uma instância de cada botão de texto usado na aplicação, que é uma extensão a classe HtextButton do MHP. Recebe como parâmetros o rótulo do botão, dimensão e posição na tela. Possui o método trocaDeCor() que troca a cor do rótulo de texto usado no botão VER da tela do *chat* quando este estiver ativado, permitindo assim a rolagem das mensagens através do controle remoto.

Carousel: Mantida na aplicação por completeude, implementa as interfaces AsynchronousLoadingEventListener e ObjectChangeEventListerner responsáveis por detectar a carga de arquivos do carrossel de objetos (DSMCCObject) e detectar alteração de suas versões. Em um ambiente de simulação não ocorrem mensagens de versão de

arquivo originárias na transmissão dos mesmos no fluxo de dados, o que impossibilita o disparo dos eventos de alteração de versão de arquivos do carrossel de objetos.

EnqueteDisplayer: Classe principal do cliente de enquete. Monta a interface gráfica de acordo com a quantidade de enquetes disponíveis no arquivo `EnqServLog.xml`. Após a votação do cliente, mostra a estatística atual recebida no mesmo arquivo.

EntraNomeListener: Classe responsável de capturar o nome de usuário digitado na tela de identificação e o repassa à classe `TVChat` que usará este dado para identificar o usuário nas mensagens enviadas.

FileOutput: Classe auxiliar utilizada para gravar um determinado String em um arquivo de texto.

FileUtils: Classe auxiliar utilizado pela classe `ChatServer` e `TVChat` para checar a existência dos arquivos de mensagens e configuração, apagando versões antigas e criando as versões novas.

GraphUtils: Classe responsável por toda a configuração da interface gráfica, criando a `HScene` na qual a aplicação será visível. Cria uma instância da classe `HSceneFactory` que gerará uma `HScene` nova baseada nas configurações mínimas exigidas pela instância da classe `HSceneTemplate`. Também é responsável por carregar a imagem que será exibida no plano de Background através de uma instância da classe `HaviBackgroundController`.

HaviBackgroundController: Classe responsável pela configuração do plano de background. Utiliza as classes `HBackgroundConfigTemplate` para gerar uma instância com as configurações exigidas e a classe `HBackgroundConfiguration` para ajustar o hardware (`HBackgroundDevice`) às necessidades da aplicação. Para manter uma imagem estática (`HBackgroundImage`) como fundo do plano é utilizada a classe `HStillImageBackgroundConfiguration` que informa ao plano de background para utilizar a imagem fornecida. Para conformidade com o MHP existe a necessidade de herdar métodos da interface `ResourceClient`. Os métodos `requestRelease`, e `notifyRelease` são utilizados para que a aplicação libere ou o gerenciador de aplicações peça a aplicação para liberar os recursos de hardware alocados.

InputText: Esta classe estende a classe `HSinglelineEntry`. Utilizada para implementar um campo de entrada de texto (apenas uma linha), pelo usuário. É utilizada em todas as telas que possuem entrada de informações, através do teclado, pelo usuário.

InputTextListener: Classe responsável, estendendo a classe `KeyListener`, por monitorar as ações sobre os botões da aplicação através de monitoramento de eventos gerados por teclas específicas, como ENTER, DIREITA, ESQUERDA, ACIMA, ABAIXO, etc..

MessageReader: Classe responsável por abstrair o receptor. Cria, utilizando a classe apoio `Reader`, os *sockets* para recepção dos arquivos de mensagens do servidor de chat.

MsgSender: Classe que abstrai o canal de retorno do cliente. Envia as mensagens do cliente e os pedidos de troca de sala.

MsgViewer: Esta classe estende a classe `HStaticText`. É utilizada pela classe `TVChat` para mostrar no plano da aplicação, através de uma janela de texto, as mensagens da sala da qual o usuário faz parte. Herda métodos que configuram a apresentação do texto, como tipo de fonte, cores, tamanhos, etc...

NomeButtonListener: Implementa a tela de recepção da solicitação do nome do usuário, que é fornecida ao cliente de *chat* e de teletexto.

PresentaSalas: Classe responsável por ler o arquivo `SalasList.txt`, armazenado na simulação do carrossel de objetos no cliente, que possui as informações das salas disponíveis no servidor e mostra essas informações na tela de escolha das salas.

Reader: Esta é uma classe de apoio que cria *sockets* de recepção no cliente. Recebe os arquivos e os grava na área de armazenagem, efetuando a simulação do carrossel de objetos.

SalasButtonListener: Implementa a tela de escolha das salas de *chat* disponíveis. Exibe o nome das salas, a quantidade de usuário atuais e a quantidade máxima permitida para cada sala.

ServiceManager: Classe principal da aplicação. Implementa a interface *Xlet* e por isso possui os métodos que o Gerenciador de Aplicações utiliza para controlar o ciclo de vida da aplicação, tais métodos são `initXlet()`, `startXlet()`, `pauseXlet()` e `destroyXlet()`. Inicializa as classes que configuram os planos de vídeo e que criam a cena (`HaviBackgroundController`, `GraphUtils`) pois é a classe que tem a responsabilidade de liberar os recursos de hardware alocados quando a aplicação for pausada ou destruída. Exibe a tela inicial da aplicação cliente tornando disponível o acesso às demais sub-aplicações como o cliente de *chat*, de teletexto e de enquete. Instancia a classe `MsgSender`, responsável por simular o canal de retorno, além de estender a classe `HContainer`, configurando assim o *layout* gráfico da aplicação.

StartButtonListener: Classe que implementa a interface `KeyListener`; monitora o botão INICIAR e executa as funções pré-definidas.

TeleTextDisplayer: Classe responsável por exibir as mensagens de teletexto na parte inferior da tela. Lê o arquivo com as mensagens do carrossel de objetos e exibe uma linha do arquivo por vez.

TeleTextManager: Classe principal do cliente de teletexto. Cria a interface gráfica responsável por mostrar as mensagens de teletexto recebidas e os campos de digitação e botões de comando para enviar as mensagens dos usuários. Utiliza a classe `MsgSender` para enviar as mensagens de teletexto do usuário para o servidor.

TratadorDeEstados: Responsável por controlar a visibilidade dos *widgets* na tela. Possui dois métodos, `iniciaEstado()` e `fechaEstado()` que tornam visíveis ou ocultos os *widgets* usados nas diferentes telas da aplicação. A classe `TVChat` cria todos os objetos na tela, mas invoca os métodos desta classe e o número do estado desejado para exibir ou ocultar botões, janelas ou qualquer outro elemento gráfico da aplicação.

TVChat: Classe principal do cliente de *chat*. Cria a interface gráfica com os campos de exibição e digitação de mensagens além dos botões de comando. Utiliza a classe `MsgSender` para enviar mensagens ao servidor.

VerButtonListener: Responsável por implementar o modo de leitura na íntegra de todas as mensagens contidas no arquivo de mensagens específico de cada sala de *chat*. Devido à limitação da quantidade máxima de linhas na tela e como o *widget* `HAVi` não possui a capacidade de *scroll* do campo de exibição do texto, surgiu a necessidade de oferecer a funcionalidade de retroceder as mensagens exibidas, possibilitando o acesso a mensagens anteriores à inicialização do cliente de *chat*.

6.5 Experimentos com o portal

Testes com a aplicação foram efetuados em emuladores de TVDI, como o XletView e o IRT, principalmente IRT, por se mostrar mais estável. No ambiente de teste foram utilizados computadores PC com sistema operacional Windows interligados em uma rede *ethernet* através do protocolo TCP/IP. Um dos computadores foi dedicado a executar a aplicação servidor e outros dois computadores, executando a aplicação através de emuladores, simularam usuários interagindo através do *chat* e demais serviços em seus receptores de TVDI.

Não foram efetuados testes de medição de desempenho, pois esses dados de tempo de resposta seriam interessantes em um ambiente real para aperfeiçoar o modelo e a aplicação, detectando situações não planejadas e analisando o desempenho da transmissão da informação através do carrossel de objetos, mas em um ambiente de simulação os tempos de envio, processamento pelo servidor e recebimento das mensagens pelos receptores são quase instantâneos.

Na Figura 30 é apresentada a imagem da aplicação carregada pelo emulador e aguardando intervenção do usuário. Neste momento apenas um pequeno ícone é apresentado no canto inferior direito da tela. Após a intervenção o usuário obtém acesso ao *menu* de escolha de serviços disponíveis.

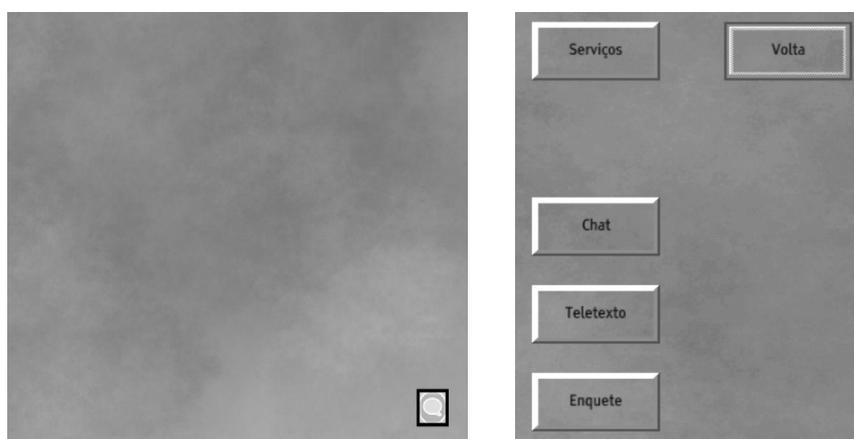


Figura 30. Aplicação minimizada e *menu* de serviços.

Na figura 31 é apresentada o módulo de *chat* em uso simultaneamente com o módulo de tele texto.



Figura 31. Cliente de *chat* em execução, simultaneamente módulo de tele texto.

6.6 Considerações sobre a implementação do protótipo

O portal foi implementado através de um protótipo, no qual estão disponíveis atualmente as aplicações de *chat*, teletexto e tele enquete; além de um serviço de personalização do usuário que implementa parcialmente a noção de grupo (*groupware*).

A interação do usuário com a aplicação se dá, no caso do uso de emuladores, através do teclado do microcomputador. Em um ambiente real haverá casos de indisponibilidade de um teclado, o que fará com que a aplicação seja adaptada ao controle remoto padrão, seja por um modelo de aplicação similar a celulares onde ocorre uma contagem de tempo e de repetição de teclas, ou até a inclusão na aplicação de um teclado virtual que é apresentado na tela, no qual o usuário através das setas de direção e o botão de seleção forma as palavras.

Levantamento de dados sobre tempo no recebimento das mensagens, devido à perda de pacotes do carrossel de objetos na recepção ou sua sobrecarga não puderam ser analisadas, mas poderão ser desde que portada posteriormente para um ambiente real. Similarmente, a perda do canal de retorno, por ser conexão discada, deve ser prevista pela aplicação, que terá de se adaptar e continuar em uso inclusive em receptores sem canal de retorno, com a limitação de impossibilitar o usuário de interagir. Informações sobre os usuários aptos a interagir devem ser fornecidas pelo Servidor de Aplicações Interativas ou Servidor de Acesso Condicional, evitando que um usuário cobre interação de outro usuário impossibilitado de fazê-lo. Usuário sem canal de retorno não possui a capacidade de enviar mensagens, sendo permitido somente visualizar as mensagens publicas.

O Servidor de Aplicações Interativas possui a necessidade de receber uma confirmação de pedido de conexão, pois devido à forma de construção da aplicação existe a necessidade de se conhecer o endereço dos clientes existentes.

Em um ambiente sem canal de retorno seria normal disponibilizar os arquivos de mensagens de algumas salas de *chat* a todos os receptores. Esses usuários não seriam conhecidos pelo servidor central, mas observariam a discussão.

A interface gráfica da aplicação, apesar de transparente, se sobrepõe à imagem mostrada no plano de *background*. Em um ambiente real, o plano de vídeo é redimensionado para $\frac{1}{4}$ de tela, evitando que detalhes da camada de vídeo não sejam notados. Como foram usados emuladores, estes sem acesso a uma geração de fluxo de transporte real, estes não apresentam a camada de vídeo, apenas a camada de *background*; assim, a aplicação não configura a camada de vídeo. Somente o emulador IRT possui a capacidade de exibir a camada de vídeo.

Sem um fluxo de transporte MPEG-2 e um carrossel de objetos real, a aplicação não processa eventos de alteração de objetos do carrossel automaticamente, devido à inexistência de tabela AIT e mensagens BIOP emitidas originalmente pelo difusor de sinal, o que forçou a aplicação a periodicamente ler a simulação do carrossel de objetos, e não somente quando da alteração de determinados elementos, causando assim processamento desnecessário.

A não implementação de um Servidor de Acesso Condicional não permitiu o controle de usuários ou contas. Com isto a aplicação apenas solicita a informação de um nome ou apelido através do qual o usuário será referenciado no envio de mensagens.

Foram encontradas incompatibilidades com algumas bibliotecas de classes MHP disponibilizadas gratuitamente para desenvolvimento, pelo fato de não serem totalmente compatíveis com emuladores, necessitando um ambiente real de testes.

6.7 Comparação com outros trabalhos e considerações finais

A pesquisa não teve acesso, para efetuar comparação, a dados relativos à implementação de aplicações de *chat* em uso em ambientes reais de TVDI, mas em comparação a aplicação 2BeOn [ABREU2001], descrita na Seção 4.3.4, que aborda trabalhos relacionados, esta pesquisa difere na forma de implementação do modelo proposto, buscando estar sempre em conformidade com o padrão MHP, utilizando somente bibliotecas padronizadas e planejando o funcionamento do modelo em um ambiente real, na medida do possível. Também não foi proposta a adição de nenhuma tecnologia ao padrão MHP, se limitando ao uso das tecnologias disponíveis.

[LÓPEZ-NORES2004] descreve a criação de ambiente *peer-to-peer* para a TVDI (Seção 4.3.4), mas não leva em consideração a estrutura tecnológica comumente encontrada nas redes de TVDI, que são centralizadas e administradas pelo provedor de conteúdo, não possuindo capacidade de uma comunicação direta de usuário para usuário, a menos que gerenciada centralmente. Desta

forma a sugestão do uso da API JXTA, desenvolvida para comunicações *peer-to-peer* no ambiente Internet se torna incompatível com os sistemas de TVDI atuais e impossibilitada de ser implementada na prática. No modelo descrito nesta dissertação surge uma entidade central, chamada de Servidor de Aplicações Interativas, que nesta arquitetura é a interface que permite a interação entre usuários.

Em [SILVA2003] (também Seção 4.3.4) o projeto de modernização da TV Escola prevê módulos de busca de programação no formato de vídeo sob demanda, mas não propõe solução a limitação de banda disponível, principalmente na rede aberta, levando assim a uma impossibilidade de implementação prática deste modelo em larga escala. O fato de conectar o receptor a Internet, através de uma rede de banda larga transforma o receptor em uma estação de acesso à Internet, abandonando totalmente o conceito de uma nova mídia, que é a TVDI. O protótipo desta dissertação adapta todas as suas necessidades de comunicação às encontradas em um ambiente real de TVDI, que são o canal de difusão e o canal de retorno. O trabalho conjunto de Servidor de Aplicações Interativas e o Servidor de Geração de Conteúdo permitem a comunicação, mas estão limitadas pelo espectro de banda disponível para o carrossel de objetos (na difusão) e pela rede de telefonia existente (no canal de retorno).

Ainda na Seção 4.3.4 [TEIXEIRA1993] propõe o uso do padrão MHEG-5 (similar ao HTML) no desenvolvimento de aplicações para TVDI, mas o desenvolvimento de aplicações em uma linguagem declarativa impõe limitações, devido a característica mais estática da aplicação nela gerada. O uso de linguagem procedural, como Java, permite a criação de aplicações mais robustas e com maiores funcionalidades, além de uma interface gráfica personalizada e com diversos recursos gráficos pré-existentes. Por este motivo o protótipo desta dissertação foi desenvolvido em linguagem procedural (Java).

Ainda é comum falta a de publicações que auxiliem na aprendizagem do uso da biblioteca gráfica HAVi nível 2 utilizada como base para a interface gráfica, apesar de recomendada pelo padrão MHP.

Os emuladores livres e em código aberto ainda estão em fase inicial de desenvolvimento, um exemplo é o XletView, que apesar de ser um dos mais utilizados, somente possui 40% das classes MHP implementadas funcionalmente, o que faz com que se busquem emuladores mais estáveis, infelizmente pagos.

Raríssimas aplicações exemplo são disponibilizadas, impossibilitando assim, comparações e resoluções de dificuldades na implementação.

7 Conclusão

7.1 Revisão das motivações e objetivos

A TV Digital Interativa é um assunto atual em todo o planeta e de um interesse especial no caso brasileiro devido ao momento de indefinição do sistema a ser adotado nacionalmente. Pontos de vista divergentes surgem na imprensa. Esta dissertação ajuda a esclarecer alguns pontos em discussão.

Novos serviços e aplicações se tornam disponíveis, tanto nos ambientes comerciais como nos acadêmicos, linhas de pesquisa trabalham no estudo da conversão de aplicações educacionais da Internet para a TVDI. Contudo, não se trata de migrá-las diretamente, devido às características dessa nova mídia, exigindo assim pesquisas com o objetivo de melhor aproveitar a TVDI.

O desenvolvimento do portal envolveu o uso de diversas tecnologias do ambiente da TVDI, abrangendo tópicos relacionados ao desenvolvimento de aplicações colaborativas e educacionais para essa nova mídia.

7.2 Visão geral do trabalho

Esta dissertação apresentou, no Capítulo 2, de forma bem abrangente, as tecnologias envolvidas em uma cadeia de produção de TVDI, proporcionando uma visão básica destas tecnologias.

O Capítulo 3 abordou a camada de software da TVDI, citando os principais sistemas de TVDI em uso nos países que estão substituindo a televisão analógica e se aprofundando no sistema europeu (DVB). Na quais as aplicações desenvolvidas foram compatibilizadas.

O Capítulo 4 teve como objetivo mostrar abordagens colaborativas e formas de educação à distância existentes, situando a TVDI neste contexto. Durante o levantamento bibliográfico observou-se que são quase inexistentes pesquisas nessas áreas. São apresentados exemplos de uso de aplicações em redes comerciais e são comentadas algumas pesquisas existentes sobre o desenvolvimento de aplicações educacionais e/ou colaborativas pela área acadêmica.

E finalizando a dissertação, os Capítulos 5 e 6 propõem um portal para disponibilizar aplicações colaborativas no ambiente de TVDI. É descrito um modelo funcional básico, detalhando os seus módulos e é apresentada a aplicação colaborativa, batizada de InteraTV, que teve seu desenvolvimento parcial, com o objetivo de validar o modelo. Descreve-se a simulação do ambiente de TVDI, apresentam-se as principais dificuldades encontradas durante o desenvolvimento e como essas foram contornadas ou acabaram impactando no desenvolvimento do aplicativo.

7.3 Contribuições do trabalho

Uma contribuição deste trabalho foi a de mostrar as possibilidades do uso da TVDI, indo além do modelo de negócios puramente comercial, baseadas em experiências de uso na área da educação, em países onde já se iniciou a migração do sistema de televisão. Demonstrar as potencialidades dessa nova mídia incentivando a migração de ferramentas colaborativas, inicialmente abordadas para uso na área educacional, possibilita aos que tem acesso a essa pesquisa antever cenários mais abrangentes de uso em comparação à Internet.

Outra contribuição foi expor as necessidades tecnológicas que impõem barreiras aos que tem interesse em desenvolver aplicação para esta nova mídia. Essas necessidades tecnológicas impostas aos desenvolvedores se tornam menores à medida que os ambientes de simulação em código aberto se tornam mais estáveis e completos e a necessidade de treinamento de mão de obra incentiva autores a publicarem documentação técnica em maior quantidade.

As informações sobre a modelagem da estrutura tecnológica envolvida nas redes comerciais são escassas. Essa pesquisa apresentou um modelo baseado nas bibliografias encontradas.

Ao apresentar as bibliotecas utilizadas no desenvolvimento da aplicação, que fazem parte das diversas máquinas virtuais que formam a especificação MHP, trouxe à tona os futuros ambientes de desenvolvimento de aplicações, possibilitando aos interessados que se preparem para esse novo mercado que surgirá simultaneamente com a migração do sistema de TV brasileiro. Ambientes de desenvolvimento únicos, pois atendem as características impostas pelo ambiente de TVDI.

Esta pesquisa teve dois artigos publicados. O primeiro no Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web, *WebMedia* 2005, sob o título de “Uma aplicação para T-Ensino : TV-Chat”, que descrevia uma fase inicial do desenvolvimento [ANDREATA2005]. E posteriormente, já descrevendo o desenvolvimento do portal, foi publicado o artigo “InteraTV: Um Portal de Serviços Educacionais em TV Digital Interativa Baseado em Aplicações Colaborativas” no XII Workshop de Informática na Escola, WIE 2006 [ANDREATA2006].

7.4 Perspectivas futuras

A dificuldade de se obter informações técnicas referentes ao desenvolvimento de aplicações para TVDI mostra a necessidade de continuação de pesquisas na área e a publicação dos seus resultados, possibilitando assim a disseminação deste conhecimento, ainda muito restrito a ambientes comerciais e fechados.

Como esta dissertação foi um dos primeiros trabalhos na área de TVDI em nosso departamento, pode-se vislumbrar a continuidade do mesmo em diversas áreas, como ensaios de modulação e transmissão de sinal digital, ou a pesquisa e o desenvolvimento de um protótipo de servidor de geração de conteúdo, que criaria primeiramente os fluxos elementares de áudio, vídeo e dados e posteriormente, através da multiplexação dos mesmos, criariam um fluxo de transporte que

seria modulado e transmitido. Esta pesquisa somente encontrou pacotes comerciais e fechados que executariam tais funcionalidades; ainda estão em fase inicial trabalhos que resultam em aplicações abertas para este fim.

Uma continuidade, seguindo essa seqüência, seria a de criar um ambiente de recepção real de TVDI, para levantamento de dados de desempenho e análise de funcionalidades existentes na tecnologia.

A migração de aplicações colaborativas e de trabalho cooperativo para essa nova mídia, adaptando-as de acordo com as características da TVDI, traria informações a cerca da usabilidade das mesmas neste ambiente.

O desenvolvimento de um servidor de acesso condicional poderia trazer informações relativas ao controle de acesso e segurança neste novo ambiente, importante no sentido do desenvolvimento de aplicações comerciais que futuramente estarão disponíveis em larga escala.

8 Referências:

- [ABREU2001] – ABREU,Jorge; ALMEIDA,Pedro; BRANCO,Vasco; *2BeOn – Interactive television supporting interpersonal communication*; Departamento de Comunicação e Arte; Universidade de Aveiro; 2001.
- [ABREU2002] – ABREU,Jorge Trinidad Ferraz; BRANCO,Vasco; *A convergência TV-WEB: motivações e modelos*; Departamento de Comunicação e Arte; Universidade de Aveiro; 2002.
- [ALTICAST] – Alticast Software; http://www.alticast.com/about/about_COoverview.html; acesso em Março de 2005.
- [ANDREATA2005] – ANDREATA,Jomar; MONTEZ,Carlos; *Uma aplicação para T-Ensino:TV-Chat*; Departamento de Automação e Sistemas; Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica; UFSC; Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web; *WebMedia* 2005.
- [ANDREATA2006] – ANDREATA,Jomar; MONTEZ,Carlos; *InteraTV: Um Portal de Serviços Educacionais em TV Digital Interativa Baseado em Aplicações Colaborativas*; Departamento de Automação e Sistemas; Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica; UFSC; XII Workshop de Informática na Escola; WIE 2006.
- [ATSC] – Advanced Television Systems Committee; *History*; <http://www.atsc.org/history.html>; acesso em Abril de 2005.
- [BATES2003] – BATES,Peter J.; *Learning Through iDTV – Results of T-Learning Study*; PJB Associates; UK; 2003.
- [BECKER2004] – BECKER,Valdecir; MONTEZ,Carlos Barros; *TV Digital Interativa – Conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil*, I2TV, UFSC; 2004.
- [BOLAÑO2004] – BOLAÑO,César; VIEIRA,Vinícius Rodrigues; *TV Digital no Brasil e no Mundo: estado da arte*; Revista Eptic On-Line . Vol. VI nº 2, p. 102-138, Mai.-Ago, 2004.
- [BORGES1995] – BORGES,M; CAMPOS,M.L.; CAVALCANTI,M.C.R.; *Suporte por Computador ao trabalho cooperativo*; XV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Computação; 1995.
- [BRINCK1998] – BRINCK,Tom; *An Introduction to Groupware; Diamond Bullet - Provider of Usability & Web Design Services*; 1998; <http://www.usabilityfirst.com/groupware/index.html>; acesso em Outubro de 2005.
- [CARDINAL] – Cardinal Software; *Cardinal Studio*; <http://www.cardinal.fi>; acesso em Abril de 2005.
- [CHAVES1999] – CHAVES,Eduardo; *Tecnologia na Educação, Ensino à Distância e aprendizagem mediada pela tecnologia: Conceituação Básica*; Revista Educação da Faculdade

- de Educação da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Ano III, Número 7, Novembro de 1999; <http://www.chaves.com.br/textself/edtech/ead.htm>; acesso em Outubro de 2005.
- [CHEVERST1999] – CHEVERST, Keith William John; *Development of a Group Service to Support Collaborative Mobile Groupware*; Tese de Doutorado; Computing Department; Lancaster University; England; 1999.
- [CHIARIGLIONE2000] – CHIARIGLIONE, Leonardo; *Generic coding of moving pictures and associated audio information*; 2000; <http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-2/mpeg-2.htm>; acesso em Maio de 2005.
- [CINEMASOURCE2002] – CinemaSource Technical Bulletins; *Introduction to Digital Television*; CinemaSource Press; 2002; http://www.cinemasource.com/articles/Intro_digital_tv.pdf; acesso em Março de 2005.
- [DAMASIO2003] – DAMASIO, Manuel José; , *Uses of interactive Television on Educational Settings: Evaluating the Media Impact*; Vídeo and Multimedia Department; Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias; Lisboa; Portugal; 2003.
- [DASE] – *Digital Television Application Software Environment*; http://www.atsc.org/standards/a_100.zip; acesso em Junho de 2005.
- [DISESSA2000] – DISESSA, Andy; *Changing Minds: Computers, Learning and Literacy*; MIT Press; ISBN 0-262-04180-4; 2000.
- [DOLBY] – Dolby Industries; *Dolby Digital DTV and HDTV Transmission*; http://www.dolby.com/professional/pro_audio_engineering/solutions_digitaltv.html; acesso em Maio de 2004.
- [DONZELLI2001] – DONZELLI, Valderéz de Almeida; ABERT/SET; *Brasil testa TV Digital*; <http://www.set.com.br/art11.htm>; acesso em Agosto de 2005.
- [DVB] – Digital Vídeo Broadcasting; *Standarts*; <http://www.dvb.org/index.php?id=19>; acesso em Junho de 2005.
- [DVB2] – Digital Vídeo Broadcast; *GEM - a guide to platform harmonisation*; <http://www.dvb.org/documents/white-papers/wp05.platform%20harmonisation.final.pdf>; acesso em Junho de 2005.
- [DVBH] – Digital Video Broadcasting; *History of the DVB Project - The First Ten Years*; <http://www.dvb.org/index.php?id=31>; acesso em Abril de 2005.
- [ECLIPSE] – The Eclipse Project; <http://www.eclipse.org/>; acesso em Setembro de 2005.
- [ELLIS1991] - ELLIS, C.A.; GIBBS, S.J.; REIN, G.L.; *Groupware: Some issues and experiences*; Communications of the ACM; Vol. 34 No. 1.; 1991.
- [FAGERQVIST2000] – FAGERQVIST, Magnus; MARCUSSEN, Arno; *Application and System Migration from OpenTV to DVB-MHP*; Dissertação de Mestrado; Department of Computer

- Science and Electrical Engineering; Institutionen for Systemteknik Avdelningen for ProgramVaruteknik; 2000.
- [FCC] – Federal Communications Commission; <http://www.fcc.gov>; acesso em Maio de 2005.
- [FERNANDES2004] – FERNANDES, Frederico; L. JÚNIOR, José Jorge; SALVADOR, Ewerton M.; TANURE, Carla; *Biblioteca Digital na Era da TV Interativa*; UFPB; II Simpósio Internacional de Bibliotecas Digitais; Junho de 2004.
- [FERNANDES2004b] – FERNANDES, Jorge; LEMOS, Guido; SILVEIRA, Gledson; *Introdução à Televisão Digital Interativa: Arquitetura, Protocolos, Padrões e Práticas*; Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, JAI-SBC; Salvador; 2004.
- [FOTSCHL2004] – FOTSCHL, Hans Peter; PLOSCH, Reinhold; *Interactive Applications for the MHP*; IEEE Fourth International Symposium on Multimedia Software Engineering; IEEE; 2004.
- [GARCIA2001] – GARCIA, Pablo; *HAVi Components in Digital Television*; Dissertação de Mestrado; Department of Computer Sciences; Helsinki University of Technology; 2001.
- [HAVI] - *Home Audio and Video Interoperability*; HAVi; <http://www.havi.org>; acesso em Junho de 2005.
- [HERRERO2004] – HERRERO, Carlos; VUORIMAA, Petri; *Delivery of Digital Television to Handheld Devices*; Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, Helsinki University of Technology, Finland; 1st International Symposium on Wireless Communication Systems, Vol., Iss., 20-22; Pages: 240-244; 2004.
- [HTML] – *HyperText Markup Language*; <http://www.w3.org/MarkUp/>; acesso em Maio de 2005.
- [IRT] - *Institut für Rundfunktechnik GmbH*; http://www.irt.de/IRT/home/indexIRTinfo_e.htm; acesso em Outubro de 2005.
- [ISEETV] – IseeTV; *Virtual Class Room*; Media Logic; <http://www.medialogic.co.uk/virtualclassroom.htm>; acesso em Setembro de 2005.
- [ISO] - International Organization for Standardization; <http://www.iso.org>; acesso em Setembro de 2005.
- [JASEK1999] – JASEK, Débora; *Distance Education Defined*; Center for Professional Development; Texas Transportation Institute; 1999.
- [JAVAOS] – Java OS; *Architecture*; <http://java.sun.com/javaone/sessions/slides/TT04/startit.html>; acesso em Abril de 2005.
- [JMF] – Java Media Framework; *JMF Technology in Action*; <http://java.sun.com/products/java-media/jmf>; acesso em Maio de 2005.
- [JOKIPELTO2004] – JOKIPELTO, Päivi Aarreniemi; TUOMINEN, Juha; *Experiences with an Interactive Learning Environment in Digital TV*; Industrial IT Laboratory; Helsinki University of Technology; IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies; 2004.

- [JSCRIPT] – *Sun Microsystems JavaScript*; http://docs.sun.com/app/docs/coll/S1_Javascript_13; acesso em Maio de 2005.
- [JTVAPI] – *Java TV Application Programming Interface*; <http://java.sun.com/products/javatv>; acesso em Março de 2005.
- [LEISTER2002] – LEISTER,Wolfgang; BOUDKO,Svetlana; *Digital TV – a Survey*; Norwegian Computer Center; Applied Research and Development; ISBN 82-539-045-9; December 2002.
- [LÓPEZ-NORES2003] – LÓPEZ-NORES, Martín; FERNADEZ-VILAS,Ana; DIAZ-REDONDO,Rebeca; *et al.*; *A Mixed XML-JavaBeans Approach to Developing T-Learning Applications for the MHP Platform*; Dept. de Enxeñeria Telemática, Universidad de Vigo, Spain; Interactive Multimedia on Next Generative Networks: Proc of Multimedia Interactiva Protocols and Systems; Italy; 2003.
- [LÓPEZ-NORES2004] – LÓPEZ-NORES, Martín; ELEXPURU-EGUIA,Andrés; BLANCO-FERNADEZ,Yolanda; *et al.*; *A Technological Framework for TV-Supported Collaborative Learning*; Dept. de Enxeñeria Telemática, Universidad de Vigo, Spain; IEEE Sixth International Symposium on Multimedia Software Engineering; USA; 2004.
- [LOVOLD2002] – LOVOLD,Magnus; PETTERSEN, Aase Merethe O.; *Multimedia Home Platform – Ordering Applications*; Dissertação de Mestrado; Norwegian University of Science and Technology, Department of Telematics; 2002.
- [LSI] – LSI Logic Corporation; *Digital Set Top Box Decoders*; http://www.lsilogic.com/products/digital_set_top_box_decoders/index.html; acesso em Julho de 2005.
- [LVERDE] – *Livro Verde*; Sociedade da Informação no Brasil; SocInfo; http://www.socinfo.org.br/livro_verde/download.htm; acesso em Setembro de 2005.
- [LYTRAS2002] – LYTRAS,Miltiadis; LOUGOS,Chris; CHOZOS,Polyneikis; *et al.*; *Interactive Television and e-learning Convergence: Examining the Potential of t-learning*; Department of Management Science & Technology; Athens University of Economics and Business; Greece; 2002.
- [MHP] - *MHP Multimedia Home Platform*; <http://www.mhp.org/index.php?id=131>; acesso em Março de 2005.
- [MHP4FREE] – Projeto MHP4Free; <http://www.mhp4free.de>; acesso em Maio de 2005.
- [MICROWARE] – Microware Systems Corporations; http://www.radisys.com/oem_products/microware_OS-9.cfm; acesso em Julho de 2005.
- [MORRIS2005] – MORRIS, Steven; *Interactive TV-Web*; <http://www.interactivetvweb.org/index.shtml>; acesso em Março de 2005.
- [MOTOROLA] – Motorola Corporation; <http://www.motorola.com>; acesso em Junho de 2005.

- [MSWCE] – Windows CE; *Overview*; <http://www.microsoft.com/windowsmobile/pocketpc/ppc/default.mspx>; acesso em Junho de 2005.
- [NETCABO] – *Televisão Interativa – Trabalho de Avaliação de Comunicação de Áudio e Vídeo*; <http://pwp.netcabo.pt/workpage/iTV.html>; acesso em Junho de 2005.
- [NURCAD] - Núcleo de Redes de Alta Velocidade e Computação de Alto Desempenho; <http://www.nurcad.ufsc.br/>; acesso em Outubro de 2005.
- [NXML] – NanoXML; Versão Java 2.2.3; <http://nanoxml.cyberelf.be/index.html>; acesso em Janeiro de 2006.
- [O'DRISCOLL2000] – O'DRISCOLL; *Overview of Digital TV*; ISBN 0130173606; Prentice Hall; 2000.
- [OPENMHP] – Projeto OpenMHP; <http://www.openmhp.org>; acesso em Junho de 2005.
- [PANITZ1997] – PANITZ, Theodore; *Collaborative Versus Cooperative Learning- A Comparison Of The Two Concepts Which Will Help Us Understand The Underlying Nature Of Interactive Learning*; <http://www.capecod.net/~tpanitz/tedspage/tedsarticles/coopdefinition.htm>; 1997; acesso em Janeiro de 2006.
- [PATACA2004] – PATACA, Daniel; FRANCO, João; RIOS, José; *et al.*; *Tecnologias de Serviços Educacionais em Plataforma de TV Digital*; Faculdade de Educação da Unicamp; SP; Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação; Campinas; v.1; n.2; p.53-70; 2004.
- [PEMBERTON2002] – PEMBERTON, Lyn; *The Potential of Interactive Television for Delivering Individual Language Learning*; Faculty of Information Technology; University of Brighton, UK; Future TV Workshop ITS; 2002.
- [PENG2000] – PENG, Chengyuan; VUORIMAA, Petri; *Development of Java User Interface for Digital Television*; Telecommunications Software and Multimedia Laboratory; Helsinki University of Technology; 8th WSCG International Conference on Computer Graphics, Visualization and Interactive Digital Media; 2000.
- [PENG2002] – PENG, Chengyuan; *Digital Television Applications*; Tese de Doutorado; Helsinki University of Technology; ISBN 951-22-6172-3; 2002.
- [PJAVA] – Personal Java; http://docs.sun.com/app/docs/coll/S1_Javascript_13; acesso em Maio de 2005.
- [PJB2003] - PJB Associates; *T-Learning Case Studies*; <http://www.pjb.co.uk/t-learning/casestudies.htm>; 2003; acesso em Outubro de 2005.
- [PJBF2003b] – PJB Associates; *T-Learning Development Final Report*; <http://www.pjb.co.uk/t-learning.htm>; 2003; acesso em Outubro de 2005.

- [PRICE1993] – PRICE,Roger; *MHEG: An Introduction to the future International Standard for Hypermedia Object Interchange*; Centre d'Études et Recherches; IBM; France; First ACM international conference on Multimedia; 1993.
- [PTV] – Power TV; Scientific Atlanta; <http://www.scientificatlanta.com/customers/source/7005694.pdf>; acesso em Outubro de 2005.
- [SANTAROSA1999] – SANTAROSA, Lucila Costa; NITZKE,Julio; CARNEIRO,Mara; GELLER,Marlise; *Criação de Ambientes de Aprendizagem Colaborativa*; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Núcleo de Educação Especial, X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 1999.
- [SCHWALD2003] – SCHWALD,Edward; *iTV Handbook – Technologies and Standards*; Prentice Hall; 2003
- [SET] - Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão e Telecomunicações; *DTV Final Report*; <http://www.set.com.br/testing.pdf>; acesso em Setembro de 2005.
- [SILVA2003] – SILVA,Jones Quadros da; *TV Digital Interativa*; Monografia; Universidade do Vale do Rio dos Sinos; 2003.
- [SIVARAMAN2001] – SIVARAMAN,Ganesh; CESAR,Pablo; VUORIMAA,Petri; *System Software for Digital Television Applications*, Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo; Japan; 2001.
- [SOUZA2003] – SOUZA,Frederico Borelli de; ELIAS,Gledson; *Uma Arquitetura de Middleware para Sistema de Televisão Interativa*; Laboratório de Multimídia NatalNET, UFRN; Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web; *WebMedia*; 2003.
- [STUB] – Stub Classes para Xletview, <http://www.interactivetvweb.org/resources/code/index.shtml>; acesso em Julho de 2005.
- [SUBLIME] – Sublime iTV Suíte; <http://www.sublimesoftware.com/>; acesso em Junho de 2005.
- [SUN] – Sun Microsystems; <http://www.sun.com>; acesso em Junho de 2005.
- [TEIXEIRA1993] – TEIXEIRA,César; BARRÉRE,Eduardo; ABRÃO,Iran; *A TV Interativa como opção para a Educação à Distância*, UFSCar; Simpósio Brasileiro de Informática na Educação; 1996.
- [TURCAN2003] – TURCAN, Eduard; STROMBACK, Lena; MORRIS, John; *Share it! by bringing P2P into TV-domain*; Third International Conference on Peer-to-Peer Computing, IEEE, 2003.
- [VALENTE1996] – VALENTE,Amir Mattar Valente; BARCIA,Ricardo Miranda; CRUZ,Dulce Márcia; *Universidade Virtual: a experiência da UFSC em programas de requalificação, capacitação, treinamento e formação de mão de obra para a economia globalizada*; UFSC 1996.

[WRIVER] – Wind River; http://www.windriver.com/products/platforms/consumer_devices/;
<http://www1.folha.uol.com.br/folha/informatica/ult124u15251.shtml>; acesso em Março de 2005.

[XLETVIEW] – Projeto XletView; <http://xletview.sourceforge.net>; acesso em Abril de 2005.