

**ESCOLA SUPERIOR ABERTA DO BRASIL – ESAB**  
**LATO SENSU EM ENGENHARIA DE SISTEMAS**

**JOCIMAR FERNANDES**

**TV DIGITAL INTERATIVA**

VITÓRIA - ES  
2006

**JOCIMAR FERNANDES**

## **TV DIGITAL INTERATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Sistemas apresentado a ESAB – Escola Superior Aberta do Brasil, sob orientação do Prof. Dr. Jaime Roy Doxsey.

VITÓRIA - ES  
2006

**JOCIMAR FERNANDES**

## **TV DIGITAL INTERATIVA**

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. JAIME ROY DOXSEY  
ORIENTADOR

---

Professor 2

---

Professor 3

Vitória-ES, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho a todos os que me apoiaram e acreditaram no meu esforço e dedicação, principalmente minha família, minha mãe que sempre se dedicou aos filhos.

Minha esposa, pela persistência e perseverança sempre fazendo o impossível para possibilitar a continuação dos meus estudos, meus filhos pelo aceite de minha ausência como pai na família.

Graças a vocês, mais um degrau de minha vida foi realizado e que essa obra possa servir de respaldo para futuras pesquisas e continuidade de meus estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em primeiro lugar, que me deu a oportunidade de iniciar este curso e forças para concluí-lo.

Meus amigos: Darly Anacleto dos Vasconcelos e Odalva, meus tios José Louzada e Zélia, aos meus amigos Gelson Gava e Geison Gava, a todos os colaboradores da ESAB – Vila Velha - ES, meu orientador Prof. Jaime Roy Doxsey, com os quais tive a oportunidade e o prazer de aprender sobre este novo paradigma de aprendizagem.

## EPÍGRAFE

“A felicidade não está na partida e nem na chegada, mas na travessia”.

Guimarães Rosa

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As três gerações da TV .....	19
Tabela 2 - Espaço ocupado por algumas mídias não comprimidas .....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Classificação das técnicas de compressão .....	44
Figura 02 – Seqüência de quadros de vídeo MPEG .....	47
Figura 03 – Multiplexação de áudio e vídeo em MPEG-1 MPEG-2 AAC .....	48
Figura 04 – Encapsulamento de serviços em um fluxo MPEG-2 TS .....	50
Figura 05 – Modelo de um sistema de televisão digital interativa .....	53
Figura 06 – Etapas da difusão .....	57
Figura 07 – Etapas da recepção .....	59
Figura 08 – Arquitetura de TV digital com tecnologias usadas em cada camada ....	64
Figura 09 – Camadas de tecnologias do DVB-T .....	66
Figura 10 – Camadas de tecnologias do ATSC .....	68
Figura 11 – Camadas de tecnologias do ISDB-T .....	69
Figura 12 – Xlets Java-TV e Gerente de aplicações .....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS

- 8-VSB - (8 Level - Vestigial Side Band Modulation)
- AAC - (Advanced Áudio Coding)
- ACAP - (Advanced Common Application Platform)
- ADSL - (Asymmetric Digital Subscriber Line)
- AM - (Amplitude Modulation)
- ANATEL - (Agência Nacional de Telecomunicações)
- API - (Interface de Programação de Aplicação)
- ARIB - (Association of Radio Industries and Businesses)
- ARIB-STD B23 - (Application Execution Engine Platform for Digital Broadcasting)
- ARPA - (Advanced Research and Projects Agency)
- ATSC - (Advanced Television Systems Committee)
- BBC - (British Broadcasting Corporation)
- BML - (Broadcast Markup Language)
- CA - (Conditional Access)
- CDMA - (Code Division Multiple Access)
- COFDM - (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- CPQD - (Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações)
- CPU - (Unidade Central de Processamento)
- DASE - (DVT Application Software Environment)
- DAVIC - (Digital Audio Video Council)
- DSM-CC - (Digital Storage Media Command and Control)
- DVB - (Digital Video Broadcasting)
- DVB-J - ( Digital Video Broadcasting – Java)
- DVB-MHP - (Multimedia Home Plataform)
- DVB-T - ( Digital Video Broadcasting – Terrestrial)
- DVD - (Digital Versatile Disc)
- DVR - (Digital Vídeo Recorder)
- EDTV - (Enhanced Definitin Television)
- FEC - (Forward Error Correction)
- FINEP - (Financiadora de Estudos e Projetos)
- GIF - (Graphics Interchange Format)
- GOP - (Group of Pictures)

GSM - (Global System for Mobile Communication)  
HAVI - (Home Audio Video Interoperability)  
ISDB - (Integrated Services Digital Broadcasting)  
HDTV - (High Definition Television)  
IBGE - (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)  
IBM - (International Business Machines)  
IPC - (Índice Potencial de Consumo)  
ITU-T - International Telecommunications Union  
JPEG - (Joint Photographic Experts Group)  
MHP - (Multimedia Home Platform)  
MPEG - (Moving Picture Experts Group)  
PCX - (Pacific Exchange)  
PLC - (Power Line Communication)  
PNG - (Portable Network Graphics)  
PVR - (Personal vídeo recorder)  
QAM-16 - (Quadrature Amplitude Modulation)  
QPSK - (Quadrature Phase Shift Keying)  
ROM - (Read Only Memory)  
SBTV - (Sistema Brasileiro de TV Digital)  
SDTV - (Standard Definition Television)  
TDMA - (Time Division Multiple Access)  
TIFF - (Tagged Image File Format)  
VBR - (Variable Bit Rate)  
VHS - (Video Home System)  
WAV - (Waveform Audio Video)  
XML - (Extensible Markup Language)

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO II A EVOLUÇÃO DA TV .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO III TERCEIRO ESTÁGIO EVOLUTIVO DA TELEVISÃO – TV DIGITAL .....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO IV – INTERAÇÃO X INTERATIVIDADE .....</b>	<b>24</b>
4.1. Níveis de interatividade .....	29
<b>CAPÍTULO V – A INTERATIVIDADE NA TELEVISÃO .....</b>	<b>30</b>
5.1. A TV Interativa .....	31
<b>CAPÍTULO VI – TECNOLOGIA DIGITAL .....</b>	<b>35</b>
6.1. Cofdm e 8-VSB .....	38
6.2. Codificação e compressão de áudio e vídeo .....	39
6.2.1 Redundância de dados .....	40
6.2.2 Percepção humana .....	41
<b>CAPÍTULO VII – CLASSIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE COMPRESSÃO .....</b>	<b>43</b>
7.1. Codecs - Codificadores e Decodificadores.....	44
7.2. Padrões MPEG .....	45
7.2.1 MPEG-1 Audio .....	46
7.2.2 MPEG-1 Vídeo .....	46
7.2.3 MPEG-1 Systems .....	48
7.2.4 MPEG-2 Video e H.262 .....	49
7.2.5 Transporte: MPEG-2 TS .....	49
7.2.6 MPEG-4 Audio .....	51
7.2.7 MPEG-4 Video e H.264 .....	51
7.2.8 Dolby AC-3.....	52
<b>CAPÍTULO VIII – COMPONENTES DA TV DIGITAL INTERATIVA .....</b>	<b>53</b>
8.1. Meios de difusão .....	54
8.2. A difusão de dados .....	56
8.3. Set Top Box e a recepção de dados .....	58
<b>CAPÍTULO IX – SERVIÇOS INTERATIVOS .....</b>	<b>60</b>
9.1. Tecnologias de canais de interatividade .....	61
<b>CAPÍTULO X – SISTEMAS DE TV DIGITAL .....</b>	<b>64</b>
10.1. Arquitetura de software e hardware .....	64
10.1.1 DVB (Digital Video Broadcasting) .....	65
10.1.2 MHP (Multimedia Home Plataform) .....	66
10.1.3 ATSC (Advanced Television Systems Committee) .....	68
10.1.4 DASE (DVT Application Software Environment) .....	68
10.1.5 ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) .....	69
10.1.6 ARIB (Association of Radio Industries and Businesses) .....	70
<b>CAPÍTULO XI – BIBLIOTECAS DE SUPORTE A MIDDLEWARES .....</b>	<b>71</b>

11.1. Java-TV e Xlet .....	71
11.2. HAVI (Home Áudio Vídeo Interoperability) .....	72
11.3. DAVIC (Digital Audio Visual Council) .....	73
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>75</b>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar a TV digital interativa, abordando sua evolução tecnológica, convergência de mídias, alcance social da tecnologia e técnicas de comunicação. Serão explicados os conceitos fundamentais envolvidos no processamento de dados digitais de áudio e vídeo. O trabalho realizado baseia-se em tecnologias utilizadas por outros países e nas que estão em desenvolvimento nos centros de pesquisa do nosso país, fazendo sempre um paralelo com a viabilidade de serem adotados no Brasil.

Palavras-chave: TV digital interativa, Inclusão Digital, *Middleware*, Convergência Tecnológica.

## **ABSTRACT**

The objective of this paper is to analyze interactive digital TV, discussing its technological evolution, media convergences, social reach and communication techniques. The fundamental concepts involved in the use of audio and video digital data will be explained. This paper bases itself on the technologies used by other countries and on the ones which are in development within the research centers in our country, whilst drawing a parallel with the technology being used in Brazil.

Keywords: Interactive digital TV, digital inclusion, middleware, technological convergence.

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Nesta monografia será apresentado um tema que apesar da iminência da definição do futuro da TV digital brasileira, poucos veículos de comunicação se atreveram a fazer reportagens amplas, completas e elucidativas sobre o assunto. Os que tentaram, na maioria dos casos, perderam-se na confusão de termos técnicos e questões políticas sem relação efetiva com o tema.

Apresentaremos os problemas do modelo brasileiro de telecomunicações. Além de uma rápida história da TV e as principais mudanças pelas quais passou; os motivos da evolução e por que migrar para uma TV totalmente digital.

O conceito e os tipos de interatividade também serão apresentados, com um paralelo entre a evolução desse conceito e o surgimento da TV digital interativa.

Aprofundando um pouco mais, serão explicados os conceitos fundamentais envolvidos no processamento de dados digitais de áudio e vídeo. Enfocando etapas da conversão de sinais analógicos para digitais, a modulação de sinais, essencial para a transmissão de dados e os dois padrões mais usados na modulação de dados digitais na difusão terrestre: Cofdm e 8-VSB.

Ainda em termos técnicos, serão caracterizadas a necessidade de compressão em mídias digitais e a classificação das principais técnicas usadas na codificação e na compressão de áudio e vídeo. Assim como, um estudo sobre codecs. Os padrões MPEG mais usados: o MPEG-1, o MPEG-2 e o MPEG-4, além das padronizações de áudio, vídeo e *systems*. E o Dolby AC-3, padrão de áudio usado pelo ATSC.

As tecnologias que compõem um modelo de TV digital sob a ótica do difusor e do receptor, incluindo os canais de difusão e de retorno. Apresentando as tecnologias possíveis de serem usadas como canal de retorno, fazendo sempre um paralelo com a viabilidade de serem adotados no Brasil. A arquitetura de hardware e software relacionando a modulação, o transporte, a compressão, o *middleware* e as aplicações, com os modelos de TV digital existentes. Dando ênfase maior às tecnologias de *middlewares* usadas pelos três padrões já consolidados no mercado mundial.

## CAPÍTULO II - A EVOLUÇÃO DA TV

No Brasil de acordo com o Ibope (2004), a televisão está presente em mais de 90% dos lares brasileiros, com aproximadamente 62,5 milhões de aparelhos com uso do sinal da TV aberta<sup>1</sup>.

Considerando a mudança do sinal analógico para digital, poderá a TV Digital, fornecer vários serviços ao consumidor final, bastando apenas algumas adaptações para o fornecimento dos serviços. Claro que isso não será um processo fácil; a idéia ainda é inédita no mundo.

Os primeiros passos nesse sentido foram dados em novembro de 2003, quando o Governo Federal, através do Ministério das Comunicações, instituiu o Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD), que iniciou oficialmente os estudos para o processo de transição para um modelo digital de TV. Para gestão e execução do SBTVD, foram criados três comitês: Comitê de Desenvolvimento, Comitê Consultivo e Grupo Gestor. Ao primeiro, vinculado diretamente à Presidência da República, compete definir as políticas para o desenvolvimento do sistema. É um órgão político, composto por ministros de Estado. O Comitê Consultivo é uma extensão do Comitê de Desenvolvimento, responsável pela proposta de ações e diretrizes fundamentais ao sistema. É composto por representantes da sociedade civil, indicados pelas entidades que desenvolvem atividades relacionadas ao tema. O Grupo Gestor é responsável pelas ações determinadas pelos dois Comitês, sendo apoiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e pela Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD).

O principal objetivo do SBTVD, além da transição, é a inclusão digital, fornecendo os serviços de acesso à internet pela TV, através de um adaptador chamado *set top box*, que, além de permitir o uso das TVs analógicas para receber o sinal digital, pode conectar-se à rede mundial de computadores.

Além disso, o SBTVD pode iniciar enfim o desenvolvimento tecnológico e industrial do setor de telecomunicações, outro fracasso do modelo adotado na década de 1990.

Assim como qualquer mídia ou veículo de comunicação, a TV também está envolvida num constante processo de evolução e adaptação às novas necessidades

---

<sup>1</sup> TV aberta – Televisão com sinal gratuito dos canais ao usuário final.

sociais. Desde o primeiro canal de TV, a BBC de Londres, fundada em 1936, a televisão já passou por várias mudanças. Além da cor, que a deixou muito mais atraente ainda na década de 1950, também aumentou o número de canais, originando as primeiras escolhas do telespectador. Com o aumento dos canais, o controle remoto se tornou-se necessário, dispensando a locomoção e aumentando o conforto de quem vê televisão; era o primeiro componente digital integrado aos aparelhos receptores do sinal televisivo.

Outra etapa da evolução tecnológica da TV reside na digitalização de parte da produção, com a introdução de câmeras e ilhas de edição digitais. O passo seguinte foi o da transmissão digital dos fluxos de áudio e vídeo e o uso de *set top box* para receber e decodificar esses fluxos. A fase final de mais essa revolução da TV é a substituição do conjunto TV analógica + *set top box* por receptores totalmente digitais.

Em resumo, pode-se afirmar que a transmissão televisiva é fruto de um conjunto de procedimentos: produção, edição, transmissão e recepção; pelos qual o sinal da TV chega até a casa dos telespectadores.

Num primeiro momento, logo após as primeiras emissoras entrarem em operação, esses procedimentos eram muito mais simples se comparados com os atuais, havia uma câmera que gerava o sinal, enviando-o diretamente para a antena que fazia a transmissão até a casa dos telespectadores. Tudo era ao vivo. Apenas quando surgiu o videoteipe, em 1956, foi introduzido o segundo procedimento: a edição.

A partir de então, os vídeos gerados pela câmera poderiam ser armazenados, editados e posteriormente transmitidos. Foi o primeiro passo para a sofisticação da produção e pós-produção dos programas.

Na década de 1980, as ilhas de edição digitais passaram a oferecer mais flexibilidade e maiores recursos aos editores. Pode-se considerar esse avanço tecnológico como o nascimento da TV digital. No lado da recepção, o aparelho de TV passa a contar com o controle remoto. Eram avanços fundamentais que mostravam ser possível também a transmissão digital, amplamente testada na década de 1990, porém, na internet, com cabos. Quase simultaneamente começaram os testes para a modulação do sinal audiovisual para a transmissão terrestre e por satélite.

Além dessas duas análises evolutivas estritamente tecnológicas, o desenvolvimento da TV também pode ser analisado sob o pondo de vista do conteúdo, modelo de negócios e regulamentação. Nesse caso, a TV digital representa o terceiro estágio evolutivo.

Conforme Galperin (2003), “É importante ressaltar que em nenhum momento um estágio evolutivo substituiu o anterior; a evolução sempre foi lenta e gradual, agregando-se paulatinamente ao modelo anterior.”

No primeiro estágio, que vai desde a origem do meio até o final da década de 1970, a TV se caracteriza pelo número reduzido de canais de programação massiva, por difusão terrestre, e financiados pela publicidade, na América Latina e nos EUA, e pelo Estado, na Europa. A regulação foi baseada no ideal do “serviço público”. O governo fazia a concessão dos canais para determinadas pessoas explorarem os serviços de radiodifusão. Em troca, exigia a prestação de determinados serviços, como programas educativos, informativos, políticos, etc.

A televisão era tratada como um bem público, de interesse geral da sociedade. O argumento usado para justificar esse modelo de televisão era a limitação do espectro<sup>2</sup>, que não pode ser indefinidamente dividido em faixas de concessão. O resultado desse modelo foi a origem de oligopólios de comunicação, bastante rentáveis, com poucas diferenças entre si.

“[...] numerosos estudos têm demonstrado que essa justificativa não foi mais do que uma estratégia de diferentes governos para limitar artificialmente o número de concessões a fim de exercer maior controle sobre a programação, mediante concessões diretas a políticos aliados (típico no caso do Brasil), ou mediante um intercâmbio tácito de favores entre concessionárias privadas e legisladores responsáveis pelas outorgas e eventuais revogações das licenças no caso dos EUA.” (GALPERIN, 2003, p.13).

Na década de 1970, uma série de revoluções tecnológicas tornou possível a disseminação da TV a cabo e por satélite. O modelo se consolidou na década seguinte, exigindo novas formas de regulação. O número de canais aumentou consideravelmente, diluindo a audiência entre eles.

A programação passou a ser mais segmentada, dirigida a um público menor,

---

<sup>2</sup> Espectro - Função que caracteriza a distribuição de energia numa onda, ou num feixe de partículas (comprimentos de onda, frequências, etc.). Onde ocorre propagação de ondas eletromagnéticas. Administrado pela Anatel, cabe à agência manter plano com a atribuição, distribuição e destinação das frequências.

porém mais identificado com o canal. Com as novas tecnologias surgidas, desenvolveu-se um modelo de negócios baseado na assinatura de pacotes de programação, o que efetivamente viabilizou a segmentação de canais. A integração vertical entre os produtores de conteúdo e seus distribuidores marcou fortemente esse estágio.

Ao contrário dos anos anteriores, quando a TV era um serviço público, as concessões passaram a adquirir caráter privado, ficando apenas com a obrigatoriedade da prestação de alguns serviços públicos, como programas educativos e políticos. No caso das TVs a cabo por satélite, consolida-se um modelo baseado no controle total do transmissor sobre o conteúdo.

Tabela 1 - As três gerações da TV

Fonte: Galperin (2003).

	Primeira Geração TV Fordista <sup>10</sup>	Segunda Geração TV Pós-Fordista	Terceira Geração Tv Digital
Serviços	Limitada quantidade de serviços unidirecionais de radiodifusão massiva	Grande quantidade de serviços unidirecionais de radiodifusão segmentada	Serviços personalizados e interativos de radiodifusão e telecomunicações
Modelos de negócios	Publicidade massiva e/ou subsídio governamental	Publicidade segmentada e assinaturas	Publicidade segmentada, assinaturas e pagamento por uso de serviços
Modelo de regulação	Serviço público com proteção aos concessionários	Serviço privado com certas obrigações públicas	(ainda não definido)

## **CAPÍTULO III - O TERCEIRO ESTÁGIO EVOLUTIVO DA TELEVISÃO - TV DIGITAL**

O terceiro estágio evolutivo da televisão é o foco desta monografia. A TV digital nada mais é do que a transmissão digital dos sinais audiovisuais, conceito bem diferente de TV interativa, que será apresentando mais a frente. As pesquisas para a TV digital começaram no final da década de 1980 e se consolidaram na década de 1990, com o lançamento comercial dos dois primeiros padrões, o ATSC e o DVB, nos EUA e na Europa, respectivamente. De acordo com Anatel (2005), o Japão, primeiro país a iniciar as pesquisas para uma TV de alta definição digital, somente lançou comercialmente o padrão ISDB em dezembro de 2003.

O desenvolvimento e a implementação comercial da TV digital estão diretamente atrelados à queda dos preços dos microprocessadores, necessários pela codificação e decodificação dos sinais audiovisuais em tempo real.

No caso das maiores operadoras brasileiras, metade dos estúdios de geração já está digitalizada, fazendo-se a conversão do sinal digital para o analógico apenas no momento da transmissão. Conforme a Anatel (2005), mais de 60% dos programas produzidos por essas emissoras são digital, embora no formato SDTV. Nesse caso, todo processo é feito com equipamento digital: filmagem, edição e pós-produção. É importante destacar que ainda não existe produção massiva de programação em alta definição no país, salvo alguns casos isolados, devido à ausência de tecnologia. Para produzir programas HDTV, são necessárias câmeras especiais, que exigem um investimento muito alto para um país que sequer definiu se vai adotar um sistema de transmissão desenvolvido por terceiros, ou se vai criar um próprio.

A vantagem mais perceptível da transmissão em sistema digital é a conservação da qualidade do sinal. No modo SDTV o sinal é idêntico àquele proveniente do canal de transmissão. Nos atuais sistemas analógicos, há uma perda muito grande, isso impacta diretamente na qualidade da imagem que vemos na TV. Digitalmente, a imagem é muito mais imune a interferências e ruídos, ficando livres dos “chuviscos” e “fantasmas” tão comuns na TV analógica. Na transmissão digital, os sinais de som e imagem são representados por uma seqüência de bits, e não mais por uma onda eletromagnética análoga ao sinal televisivo.

As modalidades mais conhecidas de televisão digital são a SDTV (Standard Definition Television), a HDTV (High Definition Television) e a EDTV (Enhanced Definition Television). A primeira é um serviço de áudio e vídeo digitais, parecida com a TV analógica, na relação de aspecto 4:3 (largura:altura da imagem), cujos aparelhos receptores possuem 408 linhas, com 704 pontos em cada uma. A HDTV, cuja imagem possui formato 16:9, é recebida em aparelhos com 1.080 linhas de definição e 1.920 pontos. Entre esses dois sistemas existe a EDTV, TV de média definição, que possibilita a utilização de aparelhos com 720 linhas de 1.280 pontos. Dependendo da largura de banda disponível para a transmissão, é possível mesclar essas modalidades de TV digital, uma vez que a qualidade da imagem do receptor é proporcional à banda utilizada pela transmissão.

Outra grande vantagem da TV digital é a otimização do espectro de frequências, que pode ocorrer de duas formas:

- 1) Compactação do sinal: na transmissão analógica, os sinais não podem ser comprimidos ou compactados, tal como ocorre na transmissão digital.

Cada pixel do sinal analógico precisa estar incluído no sinal. Numa transmissão analógica padrão, são emitidos sinais com 525 linhas por 720 pixels, totalizando 378.000 pixels por quadro, o que ocupa todo o canal de 6MHz disponível no sistema brasileiro. A transmissão digital pode ser compactada, tornando desnecessário o envio de todos os pixels de cada quadro, reduzindo a banda usada na transmissão. Os sinais binários apresentam redundâncias e detalhes não perceptíveis pelo ser humano, o que possibilita a compactação dos dados sem perda de qualidade. A compactação leva a uma menor taxa de transmissão, possibilitando que mais conteúdo seja veiculado nos mesmos canais. Por exemplo, na faixa de frequência de 6MHz que um canal de TV analógica brasileiro necessita, podem ser transmitidos simultaneamente diversos sinais de TV digital. Com as atuais tecnologias de compactação, é possível transmitir um canal de HDTV ou até quatro de SDTV.

- 2) Ausência de interferência: na transmissão analógica, seja UHF ou VHF, um canal interfere no outro se ambos forem alocados em frequências muito próximas. Para evitar isso, é preciso deixar uma

certa faixa do espectro livre entre dois canais. O teste pode ser feito em casa mesmo. Vários canais sintonizam bem num certo número, mas seu áudio ainda pode ser percebido no número acima ou abaixo, num canal livre, onde nada deveria ser sintonizado. Na transmissão digital isso não acontece mais. Um canal não interfere no outro, dispensando o canal livre do sistema analógico.

A pressão pela otimização do espectro cresceu com o avanço das tecnologias de comunicação, incluindo aqui rádio, TV e celular. Serviços cada vez mais complexos e em maior volume exigem mais canais de transmissão. Como alguns desses serviços são por natureza desprovidos de cabo, como o telefone celular, tornou-se necessário melhorar o uso desses canais de transmissão. No caso específico, o espectro. Além disso, a onda das privatizações tem um papel central nesse processo. Após as vendas das bandas A e B da telefonia celular, percebeu-se que tudo pode ser vendido, inclusive faixas espectrais. Até então as faixas eram simplesmente outorgadas para determinadas finalidades, como telefonia ou radiodifusão; agora, poderiam representar mais uma fonte de recursos para o tesouro.

As vantagens da TV digital não se resumem à qualidade e à otimização do espectro. Há inúmeras outras vantagens, que oscilam entre o técnico e o social. Uma delas é a interatividade. A TV analógica esgotou suas possibilidades de melhoramento tecnológico; não há como expandí-la ou melhorá-la para atender às demandas que surgiram com a Era do Conhecimento. Para haver qualquer comunicação entre o transmissor e o telespectador é necessário um outro meio de comunicação, seja telefone, internet, ou, como em muitos concursos que sorteiam prêmios, por carta.

O vídeo sob demanda também é muito comum na TV digital. O transmissor oferece determinado vídeo, e o telespectador somente assiste a ele se quiser e quando quiser. Esses serviços adicionais são possíveis graças ao *datacasting*, ou transmissão de dados multiplexados com o sinal audiovisual. O *datacasting* permite a comunicação do transmissor com o telespectador através do envio de dados, geralmente em forma de texto. Outro serviço muito importante que pode ser oferecido pela TV digital é o acesso à internet.

Todas essas vantagens só são possíveis graças a convergência de tecnologias, que vêm acontecendo a pelo menos duas décadas atrás. Do lado da

produção, o computador já é amplamente usado na edição e codificação dos vídeos. Porém, do lado do telespectador, o uso do PC para ver TV ainda é praticamente desconhecido, com poucas exceções feitas por placas especiais capazes de decodificar os sinais das antenas analógicas. No caso da TV digital, tanto o set top box como o próprio aparelho de TV são computadores razoavelmente potentes. A interatividade e o provimento dos serviços apresentados acima seriam impossíveis sem o uso de computadores na recepção do sinal da TV.

## CAPÍTULO IV - INTERAÇÃO X INTERATIVIDADE

O conceito de interatividade nunca esteve em tão uso - programas interativos, comerciais interativos, sites, jogos, cinema, teatro, televisão. Tudo parece que fica mais “moderno” e atraente se possuir essa característica. O uso da palavra interatividade é intenso e variado, sendo hoje associado a assuntos que não se assemelham aos conceitos definidos pelos estudiosos.

Atualmente quase tudo é vendido como interativo; da publicidade aos fornos microondas. Há uma crescente indústria da interatividade. O adjetivo interativo é usado para qualificar qualquer coisa ou objeto cujo funcionamento permite ao seu usuário algum nível de participação, ou troca de ações (PALÁCIOS, 2000, p.22).

O termo interatividade virou marketing de si mesmo, a ponto de perder a precisão de sentido. Por exemplo, podem ser encontrados em lojas de departamentos: brinquedos eletrônicos, videogames e telas táteis que fornecem informações quando tocadas. Esses são chamados de brinquedos interativos. Aparelhos de DVD e telefones celulares com “menus interativos”. Esses casos ilustram o alastramento do adjetivo interativo que hoje seduz o consumidor, espectador ou usuário, dando a ele alguma possibilidade ou sensação de participação ou interferência.

Com tantos usos diferentes do adjetivo interação, é preciso entender sua origem e seu significado em outras áreas do conhecimento para não perder o sentido real do termo interatividade.

O termo interatividade é recente; só foi incorporado aos dicionários da língua portuguesa nos últimos trinta anos. Entretanto, o conceito de interação vem de longe e pode ser a base para entendermos a origem e o significado de interatividade.

Na física, interação refere-se ao comportamento de partículas cujo movimento é alterado pelo movimento de outras partículas. Toda interação física da matéria ocorre pela ação de quatro tipos de forças básicas: gravidade, eletromagnetismo, a força nuclear forte e a força nuclear fraca.

Em sociologia e psicologia social, a premissa é: nenhuma ação humana ou

social existe separada da interação. Esse conceito foi usado pelos interacionistas<sup>3</sup> a partir do início do século XX, designando a influência recíproca dos atos de pessoas ou grupos.

Já na filosofia, existem diversas abordagens sobre a interação, como é o caso do pragmatismo<sup>4</sup> e sua maneira de enxergar o ser humano. Concentrando-se na totalidade da experiência e na riqueza da natureza, o pragmatismo vê a humanidade não como mero espectador, separado da natureza, mas como um constante e criativo interagente com ela.

### **interação**

[De inter- + ação.]

Substantivo feminino.

1. Ação que se exerce mutuamente entre duas ou mais coisas, ou duas ou mais pessoas; ação recíproca: “Nesse fenômeno de interação de linguagem popular e linguagem poética o fato que nos parece mais curioso é o do aproveitamento, no curso da vida de cada um, de expressões usadas por poetas” (VALDEMAR, 2002, p. 199);

“É evidente que a obra de arte resulta da interação de fatores subjetivos e objetivos, veiculados através do meio social.” (EURÍALO, 2001, p. 29);

2. Física: Ação mútua entre duas partículas ou dois corpos.

3. Física: “Força que duas partículas exercem uma sobre a outra, quando estão suficientemente próximas” (FERREIRA, 2004, p.115)

O estudo da interação também é fundamental na geografia. A meteorologia se ocupa, por exemplo, das interações entre componentes dos oceanos e a atmosfera terrestre para avaliar a variação climática no planeta. Além disso, pode-se encontrar na interação a principal explicação para o surgimento das montanhas: placas tectônicas, que, uma vez interagindo umas com as outras no interior da crosta terrestre, dobram-se formando os relevos.

A biologia também explora o conceito nas explicações genéticas. O fenômeno da descontínua variação hereditária, no caso dos estudos de Mendel, é

---

<sup>3</sup> Teorias Interacionistas - os homens interagem emitindo símbolos – palavras, expressões faciais, corporais ou qualquer sinal que “signifique” algo para os outros e para si mesmos.

<sup>4</sup> O Pragmatismo constitui uma escola de filosofia, com origens nos Estados Unidos da América, caracterizada pela descrença no fatalismo, e a certeza de que só a ação humana, movida pela inteligência e pela energia, pode alterar os limites da condição humana.

explicado pela interação gênica.

Na ciência da comunicação, interação é definido como a relação entre eventos comunicativos. Essa definição considera “comunicação interpessoal”, “relacionamento humano” e “interação humana” como sinônimos. O conceito de interação vem de épocas remotas; entretanto, o de interatividade é recente.

De acordo com Ferreira (2004), interatividade quer dizer:

[De interativo + -(i)dade.]

Substantivo feminino.

1. Caráter ou condição de interativo.

2. Capacidade (de um equipamento, sistema de comunicação ou de computação, etc.) de interagir ou permitir interação.

Entretanto, o conceito desenvolvido e estabelecido na informática é que mais se assemelha com o que chamamos “mídias interativas” nos dias de hoje. Desde cedo à importância da interatividade foi percebida na área dos computadores.

Em 1954, propunha-se um programa que permitia desenhar num monitor. Porém, o verdadeiro impulso para uma interatividade nessa área foi dado por Ivan Sutherland, em 1963, com o programa Sketchpad, onde o usuário podia desenhar diretamente no monitor atrás de uma caneta (pen light). A partir disso, ainda nos anos 1960, o termo interatividade foi cunhado como uma derivação do neologismo inglês interactivity. (FRAGOSO, 2001, p.10)

Naquela época, a palavra batizava o que os pesquisadores da área de informática entendiam como uma nova qualidade da computação interativa, presumindo a incorporação de dispositivos de entrada e saída dos sistemas computacionais, como o teclado e o monitor de vídeo. Dessa forma, o conceito foi criado e estabelecido para enfatizar justamente a diferença e significativa melhora na qualidade da relação usuário-computador, pela substituição dos anteriores cartões perfurados e consoles em impressoras, pelos novos dispositivos colocados no mercado.

Os sistemas operacionais também acompanharam essa evolução nos dispositivos de entrada e saída, passando a ser multitarefas e multiusuários, permitindo o compartilhamento e o uso simultâneo do computador por vários usuários. Assim o avanço tecnológico foi percebido através de uma melhor interação do usuário com os sistemas, e uma conseqüente obtenção de tempos de respostas dos comandos dos usuários quase imediatos.

Na década de 1980, os trabalhos de pesquisas da Xerox Corporation, em

Palo Alto, Califórnia, com novos dispositivos apontadores (mouse), ícones e interfaces gráficas com janelas, deram origem aos microcomputadores Macintosh e, posteriormente aos IBM-PC com sistema operacional Windows, popularizando um novo tipo de interface que permite ao usuário a escolha da ordem em que seus dados (ou comandos) são fornecidos ao sistema.

Logo depois surgiram os primeiros jogos eletrônicos, uma das primeiras formas de interatividade digital de massa mostrando a capacidade das novas máquinas eletrônicas de representar “ações” onde os homens podem, e devem, participar (se não fizermos nada em um jogo eletrônico, nada acontece).

Mas interação é o mesmo que interatividade? A resposta é não, pois a interação pode ocorrer diretamente entre dois ou mais entes atuantes, ao contrário da interatividade, que é necessariamente intermediada por um meio eletrônico (usualmente um computador).

Após os jogos eletrônicos, alguns autores definiram interatividade como um termo muito associado à tecnologia, de forma que hoje até podemos esquecer as suas diversas aplicações em outras áreas de conhecimento, como vimos anteriormente.

[...] interatividade é relacionada à extensão de quanto um usuário pode participar ou influenciar na modificação imediata, na forma e no conteúdo de um ambiente computacional. O termo é conceituado como uma variável baseada no tempo de resposta do estímulo. (STEUER,1992, p.13),

Portanto, livros, jornais e TV aberta são caracterizados como meios pouco interativos; enquanto teleconferência, e-mail e videogame são de alta interatividade.

É justamente esse enfoque da tecnologia que é lembrado por Koogan e Houaiss (1999), “A interatividade é a troca entre o usuário de um sistema informático e a máquina por meio de um terminal dotado de tela de visualização”.

Assim, os usuários podem participar modificando a forma e o conteúdo do ambiente mediado em tempo real, sendo esta uma variável direcionada pelo estímulo e determinada pela estrutura tecnológica do meio.

Conforme Walker (1988), confirma a tese de correlação entre a tecnologia e a interatividade, afirmando que: “[...] esse conceito está ligado na ação dialógica entre o homem e técnica”.

Lemos (1997), também compreende a interatividade simplesmente como: “[...] uma nova forma de interação técnica, de característica eletrônico-digital, e que

se diferencia da interação analógica que caracteriza a mídia tradicional”.

A interatividade de um processo ou ação pode ser descrita como uma atividade mútua e simultânea da parte dos dois participantes, normalmente trabalhando em direção de um mesmo objetivo. Para ser classificado como interativo, um sistema necessita possuir as características descritas a seguir:

Interruptibilidade: cada um dos participantes deve ter a capacidade de interromper o processo e ter a possibilidade de atuar quando bem entender. Esse modelo de interação estaria mais para uma conversa do que para uma palestra. Porém, a interruptibilidade deve ser mais inteligente do que simplesmente bloquear o fluxo de uma troca de informações.

Granularidade: refere-se ao menor elemento após o qual se pode interromper. Em uma conversação, poderia ser uma frase, uma palavra, ou ainda, como é costume, responder à interrupção com um balançar da cabeça, ou com frases do tipo “já respondo sua pergunta”. Portanto, para que um sistema seja realmente interativo, essas circunstâncias devem ser levadas em conta para que o usuário não creia que o sistema interativo usado esteja “travado”. Ou seja, é necessário que o sistema apresente uma mensagem observando a operação que está acontecendo.

Degradação suave: esta característica refere-se ao comportamento de uma instância do sistema quando este não tem a resposta para uma indagação. Quando isso ocorrer, o outro participante não deve ficar sem resposta, nem o sistema deve se desligar. Os participantes devem ter a capacidade de aprender quando e como podem obter a resposta que não está disponível.

Previsão limitada: existe uma dificuldade em programar todas as indagações possíveis. Apesar disso, um sistema interativo deve prever todas as instâncias possíveis de ocorrências. Assim, se algo que não havia sido previsto ocorrer na interação, o sistema ainda tem condições de responder. Ou seja, essa característica deve dar a impressão de um banco de dados infinito.

Não-default: o sistema não deve forçar a direção a ser seguida por seus participantes. A inexistência de um padrão predeterminado dá liberdade aos participantes, remetendo mais uma vez ao princípio de interruptibilidade, pois diz respeito à possibilidade do usuário parar o fluxo das informações e/ou redirecioná-lo (LIPPMAN, 1998, p.115).

## 4.1 - Níveis de interatividade

Para melhor estudar o conceito de interatividade, é possível classificá-lo em três níveis, em ordem crescente de abrangência citados a seguir:

- 1) Reativo - nesse nível, as opções e realimentações (feedbacks) são dirigidas pelo programa, havendo pouco controle do usuário sobre a estrutura do conteúdo;
- 2) Coativo - apresenta-se aqui possibilidades de o usuário controlar a seqüência, o ritmo e o estilo;
- 3) Pró-ativo - o usuário pode controlar tanto a estrutura quanto o conteúdo (REISMAN, 2002, p.11).

Também é possível classificar a interatividade das mídias em termos de mídias quente ou fria:

Mídias quentes - são aquelas que não deixam nenhum (ou muito pouco) espaço de interação. Distribuem mensagens prontas, sem possibilidade de intervenção. Nesse sentido, são mídias quentes o rádio, o cinema, a fotografia, o teatro e o alfabeto fonético.

Mídias frias - são as que permitem a interatividade, que deixam um lugar livre, onde os usuários poderão preencher ao interagir. Essas mídias são a palavra, a televisão, o telefone e o alfabeto pictográfico<sup>5</sup>. Hoje, os computadores e a rede mundial de informação (o ciberespaço) são exemplos de mídias frias, onde a interatividade não só é estimulada, mas necessária para a existência dessas mídias. Podemos dizer que, para esses sistemas, a interatividade é tudo (MCLUHAN,1964, p.98).

---

<sup>5</sup> Alfabeto Pictográfico – surgiu aproximadamente ao ano 4.000 a.C. na Mesopotâmia, é o primeiro alfabeto que se tem conhecimento; através de desenhos simplificados, onde pictogramas expressavam realidades.

## CAPÍTULO V - A INTERATIVIDADE NA TELEVISÃO

Se utilizarmos a idéia com enfoque na televisão, pode-se classificar a interatividade em cinco níveis de interação baseados na evolução tecnológica dessa mídia:

Nível 0 - é o estágio em que a televisão expõe imagens em preto-e-branco e dispõe de um ou dois canais. A ação do espectador resume-se a ligar e desligar o aparelho, regular volume, brilho ou contraste e trocar de um canal para outro.

Nível 1 - a televisão ganha cores, maior número de emissoras e controle remoto - o "zapping" vem anteceder a navegação contemporânea na web. Ele facilita o controle que o telespectador tem sobre o aparelho, mas, ao mesmo tempo, o prende ainda mais a televisão.

Nível 2 - alguns equipamentos periféricos vêm acoplar-se à televisão, como o videocassete, as câmeras portáteis e os jogos eletrônicos. O telespectador ganha novas tecnologias para apropriar-se do objeto televisão, podendo agora também ver vídeos e jogar, e das emissões, podendo gravar programas e vê-los ou revê-los quando quiser.

Nível 3 - já aparecem sinais de interatividade de características digitais. O telespectador pode então interferir no conteúdo por meio de telefonemas (como foi o caso do programa "Você Decide", da rede Globo de Televisão), fax ou correio eletrônico.

Nível 4 - é o estágio da chamada televisão interativa em que se pode participar do conteúdo a partir da rede telemática<sup>6</sup> em tempo real, escolhendo ângulos de câmera, diferentes encaminhamentos das informações, etc. (LEMOS, 1997, p.101)

Apesar dessa definição de Lemos (1997), no nível 4 o telespectador ainda não tem controle total sobre a programação. Ele apenas reage a impulsos e caminhos predefinidos pelo transmissor. Isso ainda não é TV interativa, pois contradiz a característica do "não-default", definida por Lippman (1998). No estágio 4, a TV ainda é reativa, sendo necessários pelo menos mais três níveis de interatividade para torná-la pró-ativa, onde Montez (2005), propôs mais três níveis:

---

<sup>6</sup> Rede Telemática - Transmissão de informações entre computadores utilizando as telecomunicações.

Nível 5 - o telespectador pode ter uma presença mais efetiva no conteúdo, saindo da restrição de apenas escolher as opções definidas pelo transmissor. Passa a existir a opção de participar da programação enviando vídeo de baixa qualidade, que pode ser originado por intermédio de uma webcam ou filmadora analógica. Para isso, torna-se necessário um canal de retorno ligando o telespectador à emissora, chamado de canal interatividade.

Nível 6 - a largura de banda desse canal aumenta, oferecendo a possibilidade de envio de vídeo de alta qualidade, semelhante ao transmitido pela emissora. Dessa forma, a interatividade chega a um nível muito superior a simples reatividade, como caracterizado no nível 4 de Lemos (1997).

Nível 7 - neste nível, a interatividade plena é atingida. O telespectador passa a se confundir com o transmissor, podendo gerar conteúdo. Esse nível é semelhante ao que acontece na internet hoje, onde qualquer pessoa pode publicar um site, bastando ter as ferramentas adequadas. O telespectador pode produzir programas e enviá-los à emissora, rompendo o monopólio da produção e veiculação das tradicionais redes de televisão que conhecemos hoje. (MONTEZ, 2005, p.63)

## 5.1 - A TV Interativa

Depois do estudo da interatividade acima, fica um pouco mais fácil definir o que vem a ser TV interativa. Apesar do conceito ainda não estar claro em nenhum lugar do mundo, suscitando inúmeras controvérsias, uma característica é praticamente unânime: a TV deixa de ser unidirecional. No momento da transição do nível 4 para o nível 5, da TV reativa para a TV propriamente interativa, o telespectador passa a ter um canal de interatividade para se comunicar com a emissora, tirando-o da inércia na qual está submetido desde o surgimento dessa mídia.

Analisando essas características e considerando a necessidade de definir claramente, se não um conceito de TV interativa, pelo menos o alcance de mídia, vários estudiosos e institutos de pesquisa tem trabalhado na associação de características similares em conjuntos de aplicações e ferramentas.

Segundo Maclin (2001), o termo TV interativa abrange uma série de aplicações, serviços e tecnologias, muitas ainda nem inventadas. Apesar dessa

ampla abrangência, é possível classificar toda a variedade de informações incorporadas pelo termo em sete grandes grupos:

TV avançada (Enhanced TV) - tipo de conteúdo televisivo que engloba texto, vídeo e elementos gráficos, como fotos e animações. Na sua forma mais simples, é a apresentação integrada desses elementos, organizada por uma grade de programação. A principal diferença para a TV analógica consiste justamente na integração desses elementos e no aumento da qualidade do vídeo e do som. A resolução do monitor deixa de ser na proporção 4:3 para ser 16:9, igual à resolução da tela de cinema.

Internet na TV - permite o acesso à internet, e todas as suas funções, usando o aparelho televisor.

TV individualizada - permite a adaptação total da TV ao gosto do telespectador, que pode escolher ângulos de câmera em transmissões esportivas ou espetáculos teatrais, personalizar a interface, com escolha de cores, fontes, e organização das janelas na tela. Também permite a repetição de cenas perdidas, como por exemplo, em transmissões de eventos esportivos.

Vídeo sob demanda - capacita os espectadores a assistirem ao programa na hora que desejarem sem a restrição ao horário em que é transmitido pela emissora. Pode ser comparado ao acesso a uma vídeo-locadora em qualquer horário, usando apenas botões do mouse ou controle remoto. A emissora pode disponibilizar toda a grade de programação, com exceção dos programas ao vivo, para serem assistidos em qualquer horário. Não deve ser confundido com near vídeo-on-demand, onde determinado programa é transmitidos em certos horários, como acontece hoje com os programas pay-per-view.

Personal vídeo recorder (PVR) - também conhecido como Personal TV ou Digital Vídeo Recorder (DVR), permite a gravação digital de programas apenas especificando o título, o horário, o assunto, o ator, ou algum outro dado pré cadastrado sobre o filme, ou qualquer outra atração televisiva. Essa função pode suspender a reprodução do programa, mesmo que ele esteja acontecendo ao vivo, e retomar sua reprodução do ponto em que foi parado, pulando os comerciais. Este equipamento vem com disco rígido, onde fica armazenado o vídeo, que eventualmente pode ser redistribuído posteriormente pela internet.

Walled garden - um portal contendo um guia das aplicações interativas. Esclarece ao usuário o que é possível fazer, o que está disponível, e serve de canal de entrada para essas aplicações.

Console de jogos - permite o uso da TV para jogos, seja usando como adversária a própria TV ou computador; ou em rede, contra outros jogadores.

A esses sete grupos classificados pelo Maclin (2001), podemos acrescentar mais dois, conforme Gawlinski (2003) sendo fundamentais para retratar as atuais características da TV digital interativas.

Guia de programação eletrônica - um portal contendo um guia da programação. Pode ser comparado à revista com a grade de programação das TVs a cabo, onde o usuário seleciona a programação desejada com o próprio controle remoto, dispensando a busca por canais. Não deve ser confundido com o grupo Walled Garden, que é similar, mas se refere às aplicações, e não a programação.

Serviços de teletexto - tecnologia comum na TV analógica alemã, os serviços de teletexto foram “importados” para a TV digital. São informações fornecidas pelos transmissores em forma de texto, podendo se sobrepor às imagens, com informações adicionais à programação, ou então ocupar a tela inteira do vídeo, referindo-se aos mais variados assuntos. Informações econômicas, meteorológicas e últimas notícias são as seções mais comuns.

O comércio eletrônico televisivo, ou *t-commerce*, como é chamado, pode estar disponível tanto nas aplicações de internet, com sites especializados acessíveis por navegador, ou no grupo Walled Garden, como nas aplicações especialmente desenvolvidas para esse fim. O mesmo raciocínio é válido para o *t-banking*, ou banco televisivo; ou para o *t-government*, ou governo televisivo, uma evolução do governo eletrônico.

Diante das definições expostas anteriormente e após analisar algumas das possibilidades da TV digital e interativa, uma pergunta carece de respostas: A TV interativa é uma simples evolução da TV como conhecemos hoje, ou ela é uma nova mídia, com características próprias? Ao contrário do que possa parecer, não há respostas prontas ou fáceis para essa questão. Por um lado a TV passa a agregar novas tecnologias, novos serviços e até programações impensáveis há alguns anos; por outro, não deixa de ser televisão, com todos os atrativos e problemas de programação que conhecemos.

Para tentar chegar a uma resposta, vamos analisar duas características essenciais da TV analógica: a unidirecionalidade e a passividade do telespectador. A televisão analógica, por restrições tecnológicas, não permite a interatividade. O telespectador não pode se comunicar com o transmissor sem fazer uso de um terceiro meio de comunicação, seja telefone, fax ou e-mail. A única interação possível é com o próprio aparelho receptor: ligar, desligar, trocar de canal. Essa impossibilidade deixa o telespectador totalmente inerte, sem ação diante da programação oferecida. Entramos na segunda característica, a passividade. Quem está sentado diante da telinha apenas recebe as informações transmitidas, sem ter um papel ativo em relação a elas.

No caso da TV interativa, esses dois paradigmas são quebrados. Ao passarmos para o nível 5 de interatividade, abre-se a possibilidade de interagir com o transmissor; o telespectador começa a tomar um papel ativo diante da TV, interrompendo a unidirecionalidade do veículo. Duas mudanças importantes na própria concepção da televisão, que representam uma verdadeira revolução na teoria televisiva.

Essa quebra de paradigmas não representa o fim da televisão, pois a atual forma de ver TV pode continuar. Representa isso sim, o surgimento de uma nova mídia, com características próprias, peculiares a sua natureza tecnológica. A TV interativa não é uma simples junção ou convergência da internet com a TV, nem a evolução de nenhuma das duas, é uma nova mídia que engloba ferramentas de várias outras, entre elas a TV como conhecemos hoje e a navegabilidade da internet.

## CAPÍTULO VI - TECNOLOGIA DIGITAL

Com a TV digital será possível a interatividade e o oferecimento de novos serviços, esses dois pontos que a diferem da TV analógica. Apesar desta diferença, a TV digital continua a lidar com informações de áudio e vídeo, só que manipulados de forma digital, logo, um sistema digital que possa manipular fluxos de áudio e vídeo pode ser chamado de sistema multimídia.

Do ponto de vista lingüístico, sistema multimídia é um sistema capaz de lidar com mais de um tipo de mídia. Contudo, segundo essa definição, um computador que manipulasse texto alfanumérico e gráfico poderia ser enquadrado nessa definição. Por conseguinte, costuma-se adotar uma definição mais estrita: multimídia é todo sistema capaz de lidar com pelo menos um tipo de mídia contínua na forma digital, além de outras mídias estáticas. (LU, 1996, p.8)

A partir desta definição, a TV analógica não pode ser considerada como um sistema multimídia, pois não trabalha com mídias digitais.

Os sinais digitais são processados em computadores, sendo mais fácil sua manipulação. As técnicas de processamento de sinais podem ser empregadas para filtrar estes sinais, inserir, detectar e reduzir erros, etc. A capacidade de ser processada em computadores é a grande vantagem da tecnologia digital, pois os dados passam a ter representação universal: qualquer mídia digital é codificada em uma seqüência de bits. Todos os tipos de informações digitais podem ser manipulados, armazenados e transmitidos da mesma forma, usando o mesmo tipo de equipamento. Podendo ainda, ser integradas com outros dados digitais, compartilhando os mesmos recursos (discos, redes, etc.)

O sinal é a medida de uma grandeza de natureza física que veicula algum tipo de informação. Um sinal sonoro, por exemplo, corresponde a uma onda sonora, que veicula informações sobre a voz de um locutor, uma música, o ruído de uma pedra caindo etc. Um sinal de TV corresponde a uma onda eletromagnética que veicula informações sobre áudio, vídeos e dados de sincronização, usadas pelo aparelho receptor. (MONTEZ, 2005, p.11)

Outra vantagem da tecnologia digital é o fato de uma informação de áudio e vídeo poderem ser armazenadas e permitir o acesso remoto e simultâneo por um número ilimitado de pessoas. Este conceito já é utilizado na implantação de bibliotecas digitais multimídia, que vêm substituindo as convencionais através da digitalização do acervo. Tal vantagem técnica é fundamental no Brasil, considerando que a inclusão digital é meta estratégica, direcionando grande parte do investimento público em TV digital.

As mídias digitais são imunes a ruídos durante a sua manipulação, pois na transmissão de informações digitais, pequenos ruídos podem ser detectados e corrigidos.

Na TV digital, áudio, vídeo e dados precisam ser transportados desde sua origem até a casa do usuário (podendo passar ou não por estações intermediárias). Nesse sentido, um sistema de comunicação é usado para esse transporte. Contudo, as informações não podem ser enviadas diretamente pelo sistema de comunicação sem antes sofrer a modulação no envio, e uma modulação na recepção.

A modulação é necessária devido às características dos enlaces de comunicação - seja por cabo, ondas de rádio, satélite etc. - que enfrentam problemas de atenuação por perdas de energia do sinal transmitido, ruídos provocados por outros sinais, e distorções de atraso. Essas últimas são causadas pelas velocidades desiguais das frequências de um sinal no enlace. (MONTEZ, 2005, p.18)

Esses problemas são relacionados com a frequência usada no sistema de comunicação.

Uma forma de resolver o problema é modular o sinal: a modulação é o processo no qual alguma característica de uma onda portadora é alterada de acordo com o sinal da informação a ser transmitida. Essa onda portadora é o sinal que possui uma faixa de frequências controlada de forma a sofrer as menores interferências, distorções e atenuações possível durante uma comunicação de dados. (HAYKIN, 2001, p.121)

Existem diferentes técnicas de modulação de sinais. Na modulação de sinais digitais, o objetivo é ter uma transmissão mais robusta (com mais imunidade a erros) e, também, para aumentar a capacidade de transmissão de bits por segundo.

Apesar de haver diferentes padrões de modulação (por exemplo, QPSK - Quadrature Phase Shift Keying e QAM-16 - Quadrature Amplitude Modulation)

algumas técnicas adotadas são comuns a todos, conforme Drury (2002) e Collins (2001):

O embaralhamento espectral - busca alcançar uma melhor distribuição de energia do sinal, evitando a concentração em determinados pontos do espectro de frequência. Como exemplo, em um vídeo de jogo de futebol, devido à cor do gramado, a tendência seria de haver concentração de frequências em torno da frequência da cor verde. Por conseguinte, o embaralhamento espectral evita que um ruído na transmissão, que ocorra justamente em um ponto onde haja essa concentração, possa prejudicar demasiadamente a qualidade do vídeo.

A correção de erros em avanço (FEC - Forward Error Correction) - acrescenta bits redundantes na informação transmitida, facilitando a detecção e correção de erros. A Reed-Solomon<sup>7</sup> conforme Tanenbaum (2003) é um exemplo dessa abordagem, comumente empregada em difusões onde seja difícil o emprego de técnicas convencionais que envolvam retransmissões das informações com erros. Na TV digital não há garantias de que haja um canal de retorno para o receptor requisitar essas retransmissões, ou, ainda, o uso do canal de retorno pode envolver custos, como no caso de linha discada.

Essas técnicas, dentre muitas outras empregadas na modulação de sinais de TV digital, servem para ilustrar a importância e a complexidade dessa etapa num ambiente completo de transmissão-recepção de sinais digitais de TV. Assim sendo, é fácil compreender o porquê de muita gente confundir padrões de TV digital com padrões de modulação, esquecendo-se de outros componentes importantes, tais como set top boxes, *middlewares*, aplicações, etc. Para muitas pessoas a escolha de um padrão nacional para TV digital envolve quase que exclusivamente a escolha de um padrão de modulação.

---

<sup>7</sup> Reed-Solomon - Codificação de proteção com o objetivo de proteger o sinal de possíveis erros introduzidos na transmissão. O Reed-Solomon é a primeira etapa de correção em MPEG-2.

## 6.1 - Cofdm e 8-VSB

No caso dos sistemas terrestres de TVs digitais, os padrões Cofdm (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) e 8-VSB (8 Level - Vestigial Side Band Modulation) são os usados atualmente. O primeiro é utilizado pelo sistema terrestre europeu - DVB-T; e o segundo, pelo sistema terrestre norte-americano - ATSC.

O 8-VSB é uma modulação digital por amplitude, com seus dados conduzidos por oito níveis discretos de onda de rádio-frequência; e o Cofdm uma combinação de modulação por amplitude e fase, transportada por múltiplas ondas portadoras. (DRURY, 2002, p.55)

Modulação em Amplitude ou simplesmente AM (do inglês Amplitude Modulation - Amplitude Modulada), é a forma de modulação em que a amplitude de um sinal senoidal, chamado portadora, varia em função do sinal de interesse, que é o sinal modulador. A frequência e a fase da portadora são mantidas constantes.

Modulação em Fase é um tipo de modulação analógica se baseia na alteração da fase da portadora de acordo com o sinal modulador (mensagem). Usada para transmissão de dados.

Os padrões de TV digital europeu e norte-americano possuem requisitos técnicos e culturais diferentes, influenciando e dando origem à escolha de padrões diferentes para modulação e multiplexação do sinal.

Boa parte da televisão analógica norte-americana é baseada em transmissões por cabo, chegando a mais de 80% da população. Esse tipo de transmissão é mais imune a erros e a ruídos do que as difusões por satélite ou terrestre. Talvez influenciado por essa característica, apesar do padrão americano para TV digital também propiciar difusão por satélite ou terrestre, seu padrão de modulação adotado para transmissões terrestres, o 8-VSB, não seja tão robusto, recebendo algumas críticas pela baixa imunidade a ruídos, principalmente em receptores de TV com antena interna. (GROTTICELLI, 1999, p.28).

Enquanto o padrão europeu Cofdm, recentemente adotado também pelo Japão (com pequenas alterações voltadas para melhorar a recepção de sinais em receptores móveis) é orientado para difusões terrestres. Sua principal vantagem é a imunidade a problemas de multicaminhos do sinal. Esse problema ocorre quando um mesmo sinal de TV, transmitido pelo ar, chega à antena receptora por diferentes caminhos, devido a reflexões do sinal em prédios e obstáculos, com uma leve

diferença de tempo de chegada. Caso não seja tratado, esse problema dá origem aos famosos “fantasmas” da televisão.

As diferenças técnicas entre esses dois padrões proporcionaram grandes batalhas entre os defensores e opositores de um ou de outro, tanto no campo empresarial como no político e no econômico. Fabricantes de equipamentos e fornecedores de tecnologia, norte-americanos e europeus, atualmente exercem poderosos *lobbies* para que outros países passem a adotar seus padrões. (MONTEZ, 2005, p.16).

## 6.2 - Codificação e compressão de áudio e vídeo

A compressão de áudio e vídeo é uma atividade essencial para a difusão de mídias digitais, sendo efetuada na etapa de codificação. Para adotar um padrão de codificação e decodificação (codec), devemos considerar a relação entre tempo de compressão e taxa de compressão, e se o padrão é aberto ou proprietário.

Uma das mais importantes atividades no processamento de mídias digitais é a compressão, devido aos requisitos de armazenamento de algumas mídias. Mostrarei na tabela abaixo exemplos dos enormes espaços ocupados pelas mídias, que podem ser generalizados para outros tipos de mídias audiovisuais digitais.

Tabela 2 - Espaço ocupado por algumas mídias não comprimidas, em formato digital - Anatel (2005).

<b>Mídia</b>	1 hora de áudio em qualidade de CD	1 hora de vídeo em qualidade VHS	1 hora de TV	1 hora de TV de alta definição
<b>Espaço ocupado</b>	635 MB	24,3 GB	97 GB	389 GB

Diante dos exemplos de ocupação do espaço pelas mídias, é fácil verificar a necessidade de compressão. Por exemplo, um usuário com conexão telefônica ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) de 225kbps para download, recebendo 1 hora de vídeo em qualidade VHS, seriam necessárias 240 horas (dez dias) para receber o vídeo inteiro.

A compressão de mídias digitais é possível, principalmente graças a duas características encontradas nesses tipos de dados: redundância e propriedades de percepção humana. No entanto, é importante definir antes o conceito de taxa de compressão. A efetividade de um esquema de compressão é indicada por essa unidade, que é obtida através da divisão do número de bytes antes da compressão pelo total de bytes resultante. Por exemplo, uma taxa de compressão de 25:1 consegue reduzir vinte e cinco vezes o tamanho original do dado.

### 6.2.1 - Redundância de dados

A redundância dos dados é muito comum em informações digitais. Um arquivo de texto, uma tabela, ou uma planilha eletrônica, são exemplos de dados digitais que costumam possuir muita redundância. Uma planilha, por exemplo, pode conter centenas de valores zeros contíguos. Um arquivo de texto, de forma semelhante, pode possuir milhares de espaços em branco contíguos. Essa característica de redundância já é explorada há algum tempo por programas compactadores de dados, que reduzem o tamanho final dos arquivos, facilitando o armazenamento ou o transporte.

Dados multimídias, como imagens, áudio e vídeo, também possuem muita redundância em suas informações. Vídeos de um apresentador de telejornal, ou de um entrevistador na frente de um cenário fixo, possuem uma série de redundâncias que podem ser exploradas. Como exemplo, se fosse congelar momentaneamente uma imagem de um vídeo desse tipo, e dividi-la em pequenos retângulos de tamanhos iguais, poder-se-ia verificar que muitos desses retângulos são, na verdade, exatamente iguais a outros existentes na mesma imagem. Essa redundância pode ser eliminada, no caso de retângulos contíguos, se for armazenada a informação de apenas um retângulo, juntamente com a informação do número de retângulos a serem repetidos. Técnicas de eliminação de informações redundantes adjacentes costumam ser denominadas codificação preditiva. Esse tipo

de redundância também é chamado de redundância espacial. A codificação preditiva forma a base dos algoritmos de compressão de vídeos, tais como os usados nos padrões MPEG, que serão vistos no próximo capítulo.

Enquanto no caso do áudio, principalmente voz, a redundância vem na maior parte das vezes dos momentos de silêncio. A supressão do silêncio é uma técnica muito usada para reduzir substancialmente o espaço dos arquivos de áudio.

Outro tipo de redundância explorada em compressão de dados multimídia é a redundância temporal. Como vimos, áudio e vídeo são mídias contínuas, possuindo taxa de apresentação. No caso dos vídeos a taxa de quadros por segundo representa o número de quadros de vídeo (imagens) que são apresentados em cada segundo. No caso do padrão PAL-M utilizado no Brasil, são trinta quadro (imagens) que aparecem por segundo, dando a impressão do vídeo contínuo, sem paradas. Usando a mesma idéia da divisão de imagens em pequenos retângulos, também seria significativa a quantidade de retângulos iguais em quadros contíguos, por exemplo, em um telejornal o cenário atrás do apresentador permanece quase sem mudanças.

## 6.2.2 - Percepção Humana

O processamento de dados multimídia pode explorar algumas características da percepção humana para comprimir os arquivos. O sistema nervoso humano possui características peculiares na forma de reagir a estímulos físicos. Por exemplo, no caso do áudio, determinados tons (frequências) se tornam inaudíveis na presença simultânea de outros. Essa propriedade é denominada mascaramento (BUFORD, 1994, p.8).

O mascaramento de áudio pode ocorrer ainda que os tons não ocorram simultaneamente.

Um tom pode mascarar outro, desde que ocorra imediatamente antes do tom mascarado. Uma analogia pode ser feita com o som de um ribombar de sino, seguido imediatamente de um sussurro humano. Claramente esse segundo som tornará inaudível. Analogia parecida pode ser feita com estímulos visuais. Por exemplo, em local pouco iluminado, o fecho de uma lanterna pode tornar invisíveis outros estímulos visuais como objetos na penumbra (MONTEZ, 2005, p.14).

Técnicas de compressão de dados multimídia, visando explorar a propriedade de mascaramento, separam componentes do dado a ser comprimido, frequências de áudio, por exemplo, e fazem uma análise de quais dados serão mascarados, eliminando-os da informação final.

Uma outra característica da percepção humana explorada para a compressão de dados multimídias é a capacidade de distinguir tons de cinza em comparação com as tonalidades de cor. Especialistas perceberam que o olho humano é muito mais sensível a variações de tons de cinza do que a variação de tons coloridos.

Técnicas empregadas no processamento de sinais de vídeo colorido permitem separar os tons de cinza que os compõem - denominados luminância - dos componentes de cores - denominados crominância. Um método de compressão que pode ser empregado é o da codificação da crominância usando uma frequência menor na sua amostragem. Essa técnica é conhecida como subamostragem (BUFORD, 1994, p.8).

Todas as técnicas baseadas nas propriedades da percepção humana, combinadas com as baseadas na redundância, conseguem obter grande compressão dos dados multimídia, sendo amplamente utilizadas em TV digital.

Pode-se inclusive afirmar que atualmente a TV digital só é possível graças a essas técnicas de compressão, pois ainda inexitem tecnologias capazes de codificar, transmitir e decodificar continuamente fluxos de vídeo com taxa superior a 800Mbps, caso da HDTV sem compressão (MONTEZ, 2005, p.12).

## CAPÍTULO VII - CLASSIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE COMPRESSÃO

As técnicas citadas até aqui não são as únicas utilizadas na compressão de mídias contínuas. Técnicas usadas normalmente em documentos digitais também são empregadas. A codificação estatística é um exemplo, ela se baseia no fato de algumas seqüências de bits aparecerem com mais freqüência do que outras. A idéia básica é representar as seqüências mais freqüentes usando menos bits em sua codificação do que os usados nas seqüências menos freqüentes. Como exemplo, se alguém resolver contar a freqüência da ocorrência de letras do alfabeto no texto desta monografia, iria perceber que as vogais aparecem muito mais freqüentemente do que as consoantes. Provavelmente a letra “a” seria a campeã de ocorrências.

Caso o texto desta monografia fosse armazenado em disco, ficaria bem menor se fosse usada uma codificação que empregasse menos bits para representar a letra “a”, mesmo que isso implicasse um aumento no número de bits para representar a letra “z”. A técnica de codificação de Huffman baseia-se nessa idéia conforme Held (1999).

De uma forma geral, é possível classificar as técnicas de compressão considerando se elas são “com” ou “sem perdas”; ou “baseadas na fonte” ou “em entropia”. A compressão usada em documentos de texto, de bases de dados, de planilhas eletrônicas etc., é sempre sem perdas *lossless*<sup>8</sup>, o resultado após a descompressão é exatamente igual ao dado original (antes do processo da compressão). Contudo, conforme já foi explicado, a compressão multimídia explora as propriedades de percepção humana, com o objetivo de obter uma taxa de compressão maior. Apesar de essas técnicas apresentarem diferenças muitas vezes imperceptíveis aos olhos e ouvidos, a representação dos dados na forma de bits é muito diferente da original. Por esse motivo, essas abordagens são denominadas com perdas *lossy*<sup>9</sup>, ou técnicas de compressão irreversível, pois uma vez feita a compressão, é impossível voltar ao estado original.

---

<sup>8</sup> Lossless: formato de áudio sem perda sonora.

<sup>9</sup> Lossy: formato de áudio com perda sonora.

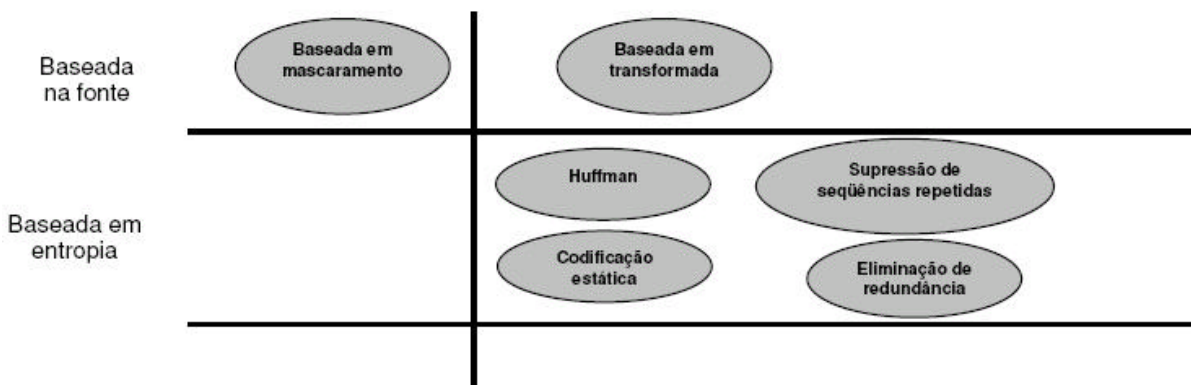


Figura 01 - Classificação das técnicas de compressão, Fluckiger (1995).

Segundo Fluckiger (1995), “As técnicas de compressão baseadas em entropia são independentes das características do dado comprimido. Por esse motivo, são sempre técnicas sem perdas”. Por outro lado, as técnicas baseadas na fonte são previamente criadas com o objetivo de explorar as propriedades existentes em um determinado tipo de dado, podendo ser com ou sem perdas. A codificação baseada em transformada é um exemplo de uma técnica que é, ao mesmo tempo, sem perdas e baseada na fonte.

As etapas envolvidas na compressão de mídias contínuas geralmente são computacionalmente bem mais intensas do que as de descompressão. Em transmissões de dados, a compressão é feita no momento do envio dos dados, e a descompressão, na recepção. Essa característica de compressão/descompressão assimétrica implica, muitas vezes, a necessidade de hardware dedicado para compressão (placas codificadoras). Contudo, a descompressão (decodificação), devido a necessidade de menos capacidade computacional, muitas vezes pode ser feita por software. (MONTEZ, 2005, p.10)

## 7.1 - Codecs - Codificadores e Decodificadores

As etapas de amostragem e quantização<sup>10</sup> não são as últimas do processo de digitalização das mídias de áudio e vídeo. Existe a necessidade de representar a informação digital usando algum código. O processo de representação das mídias

<sup>10</sup> O efeito de quantização é dado pela impossibilidade de se medir um range infinito de valores de intensidade dos pixels. Portanto a quantização, ou discretização, é a codificação dos valores contínuos de um sinal em intervalos discretos.

de áudio e vídeo é denominado codificação; o processo inverso, de transformação da mídia digital em sinal analógico, é denominado decodificação. Por esse motivo, o padrão usado para codificação dessa mídia é usualmente denominado codec (codificação e decodificação).

Atualmente muitos codecs são adotados para mídias digitais:

- Imagem: JPEG (adequado para imagens capturadas), GIF (adequado para imagens melhoradas/compactadas pelo ser humano), PNG, TIFF, PCX.
- Vídeo: MPEG, DivX, Soreson, Real Vídeo, MS-MPEG-4.
- Áudio: MPEG Áudio (MP3), Wave, MIDI.

Os codecs citados acima são proprietários, ou seja, adotados por algumas empresas e aplicados em contextos específicos. Nesta monografia irei me concentrar nos codecs abertos, padronizados e reconhecidos por comitês, consórcios ou organizações, tais como os da família MPEG, adotados nos padrões de TV digital.

## 7.2 - Padrões MPEG

Nos anos 1980 surgiram dois esforços de padronização de algoritmos de compressão para áudio e vídeo. Os esforços da ITU-T<sup>11</sup> deram origem inicialmente ao padrão H.261 - voltado para videoconferência - e, posteriormente, aos padrões H.262 e H.264. Os esforços de padronização da ISO/IEC (International Standards Organization) deram origem ao grupo MPEG (Motion Picture Expert Group), que publicou o seu primeiro padrão, o MPEG-1, em 1993.

Os padrões MPEG formam uma família de padrões usados para codificação e compressão de dados multimídia. São três - MPEG-1, MPEG-2 e MPEG-4 - os principais padrões utilizados na codificação de dados de áudio e vídeo. O MPEG-1 foi criado para vídeos codificados até 1,5Mbps com qualidade VHS, e áudio codificado com 192Kbps por canal (qualidade CD estéreo). O segundo esforço de padronização levou ao desenvolvimento dos padrões MPEG-2, baseados em MPEG-1, porém bem mais otimizados e sofisticados. O MPEG-2 é capaz de codificar vídeos desde qualidade de TV, entre 4 e 9Mbps, até qualidade HDTV, entre

---

<sup>11</sup> ITU-T: International Telecommunications Union - Telecommunications (União Internacional de Telecomunicações). A organização dos padrões de telecomunicações.

15 e 100Mbps. O MPEG-4 define padrões para representar conteúdos de mídia na forma de objetos. Essa característica permite, em uma transmissão de vídeo MPEG4, a manipulação de dados por parte tanto do emissor quanto do receptor, removendo ou inserindo novos objetos, por exemplo.

Os padrões MPEG-1 e MPEG-2 também podem ser divididos em: MPEG Audio, MPEG Video e MPEG Systems. O estudo das principais características do MPEG-1, apresentado a seguir, ajudará na compreensão dos padrões MPEG-2 e MPEG-4, cujas apresentações virão na seqüência.

### **7.2.1 - MPEG-1 Audio**

Os algoritmos de compressão usados em MPEG Audio conseguem boa compressão tirando vantagem do sistema auditivo humano, que apresenta a característica de não ouvir determinadas freqüências na presença de algumas outras (propriedade de mascaramento). Basicamente, é feita uma conversão do áudio para uma representação no domínio da freqüência, separando e removendo os componentes de áudio normalmente não audíveis pelo ouvido humano.

O MPEG Áudio não é um algoritmo único de compressão, e sim um conjunto formado por três esquemas de compressão, denominados: Camada-1, Camada-2 e Camada-3. O formato de compressão MP3 é o nome popular adotado para a Camada-3. O MP3 consegue manter a qualidade de áudio próxima a de um CD.

### **7.2.2 - MPEG-1 Video**

A compressão de vídeos MPEG-1 é baseada em diferentes tipos de quadros. Os três principais são:

Quadros I - Intracoded: denominados intracoded - ou codificados internamente - porque são quadros apenas com compressão espacial (sem compressão temporal). Cada quadro é semelhante a uma imagem usando codificação JPEG.

Quadros P - Predicted: codificados usando a técnica de compensação de movimento com relação a um quadro anterior I ou P. Consegue uma taxa de compressão bem maior do que em quadros do tipo I.

Quadros B - Bidirectional: codificados pela interpolação entre os quadros I ou P anteriores e subseqüentes - ou seja, bidirecionalmente. Esse tipo de quadro é o que consegue maior taxa de compressão, porém a custo de um grande tempo de processamento (MONTEZ, 2005, p.155)

Todo quadro I é autocontido, ou seja, diferentemente dos quadros P e B, não depende de outros para sua codificação e decodificação. Por isso, os quadros I são usados como pontos de sincronização. Por exemplo, quando uma pessoa interage com um vídeo digital, avançando ou retrocedendo a apresentação - exatamente como faz com o controle remoto de videocassete ou DVD, o software que controla o posicionamento dentro do vídeo procura um ponto de sincronização (um quadro I) próximo ao ponto escolhido para o posicionamento.

Numa seqüência de quadros de vídeo, quanto menor a distância entre dois quadros I, mais “rapidamente” ocorre a sincronização. Um caso extremo é o da edição não-linear de vídeo, que, dependendo da complexidade, pode exigir a edição de cada quadro de vídeo. Por isso, usualmente trabalha apenas com quadros I. Uma seqüência de quadros MPEG costuma ser formada por quadros P e B, delimitados por dois quadros I. Vídeos codificados em MPEG possuem seqüências típicas de quadros, repetidas indefinidamente. A Figura 02 apresenta um exemplo típico dessa seqüência, chamada de GOP (Group of Pictures).

No GOP apresentado na Figura 02, os três primeiros quadros B são formados pela interpolação de um quadro I, anterior, com um quadro P, posterior. Dessa forma, esses quadros B só podem ser gerados após a geração do quadro P. De forma semelhante, no mesmo GOP, os três últimos quadros B só podem ser gerados após a geração do último quadro I (que faz parte do próximo GOP). Ou seja, a seqüência apresentada na Figura 02 não representa a ordem na geração do vídeo e sim a da sua transmissão e posterior recepção. Esse esquema que usa quadros B implica em uma posterior reordenação de quadros, após sua geração.

Esse esquema que usa quadros B implica uma posterior reordenação de quadros, após sua geração.

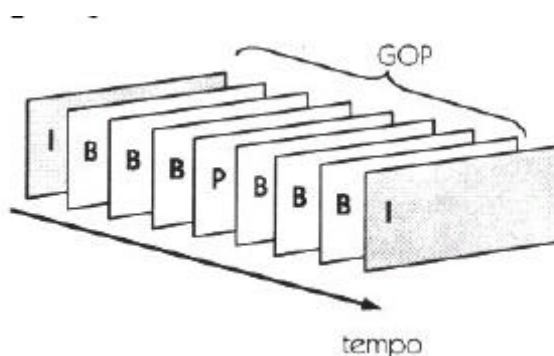


Figura 02 - Seqüência de quadros de vídeo MPEG, Anatel (2005).

É possível também codificar um vídeo usando apenas imagens JPEG. Essa compressão - denominada MJPEG ou Motion JPEG - é semelhante a uma compressão MPEG usando somente quadros I. Apesar de taxas de compressão reduzidas, essa abordagem tem a vantagem de possuir uma rápida compressão.

### 7.2.3 - MPEG-1 Systems

O MPEG-1 Systems é a parte do padrão MPEG que se preocupa em como multiplexar (agregar) fluxos elementares de vídeo e áudio em um único fluxo. A Figura 03 mostra o esquema utilizado em MPEG-1 Systems. Os sinais de áudio e vídeo são codificados usando os padrões MPEG-1 Audio e MPEG-1 Video, respectivamente, e possuem a saída sincronizada, usando um relógio como base de tempo comum aos dois sinais. O resultado é um fluxo stream<sup>12</sup> de áudio e vídeo MPEG-1.

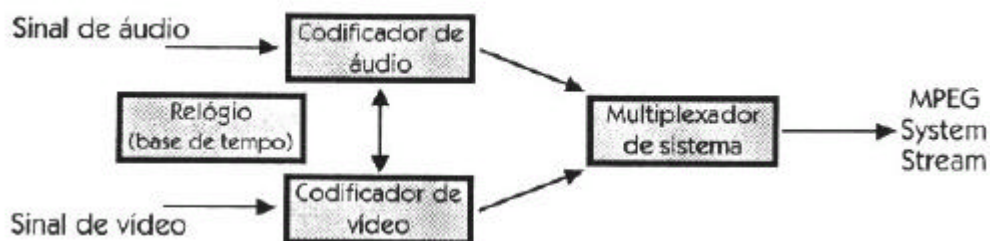


Figura 03 - Multiplicação de áudio e vídeo em MPEG-1 MPEG-2 AAC, Anatel (2005).

A partir do desenvolvimento da Camada-3 do MPEG-1 Audio (MP3), em 1991, as pesquisas sobre compressão de áudio evoluíram de tal modo que conduziram à definição de um novo padrão. O MPEG-2 AAC (Advanced Áudio Coding) foi definido como uma evolução dos padrões MPEG-1 Audio, obtendo taxas de compressão bem superiores ao seu antecessor. Esse padrão permite o uso de até 48 canais principais de áudio e 16 canais de baixa frequência.

<sup>12</sup> Stream é um fluxo de dados. Quando um arquivo é carregado para ser editado, esta carga ocorre num fluxo "stream", ou seja, linha a linha até o carregamento total do arquivo, como água a correr num cano ou bytes sendo lidos por um programa.

#### **7.2.4 - MPEG-2 Video e H.262**

Os padrões MPEG-2 Video (também especificados e publicados pela ITU-T sob nome de H.262) são uma extensão do MPEG-1 e utilizam as técnicas de compressão apresentadas anteriormente nesta monografia. Esse padrão é direcionado, principalmente, para vídeo de alta qualidade, sendo ostensivamente utilizado em padrões de TV digital.

Além da TV digital, existem muitas aplicações que precisam usar codificações MPEG-2. Algumas dessas aplicações exigem vídeos com alta resolução (1920 x 1052) e qualidade com taxas de compressão que chegam a 100Mbps, enquanto outras podem aceitar vídeos com pequena resolução (352 x 288).

De acordo com Montez (2005), “Outras aplicações podem ter diferentes requisitos de velocidade de compressão, exigindo que o vídeo gerado não possua quadros B no GOP, para aumentar a velocidade da geração do vídeo”.

O comitê desenvolvedor do MPEG-2 compreendeu que, para atender aos diferentes requisitos de todas as aplicações-alvo, era necessário criar uma série de níveis e perfis. Esses níveis e perfis facilitam a interoperabilidade entre aplicações que lidam com o padrão MPEG-2, pois especificam detalhes com os quais essas aplicações necessitam estar em conformidade. Os perfis definem diferentes esquemas de codificação; os níveis se referem principalmente à resolução do vídeo produzido.

#### **7.2.5 - Transporte: MPEG-2 TS**

O MPEG-2 também é dividido em camadas da mesma forma que o MPEG-1: Audio, Video e Systems. Os padrões MPEG-2 Audio e Vídeo usam os mesmos princípios dos algoritmos de compressão MPEG-1, com diversas extensões e melhorias.

O MPEG-2 Systems também lida com a multiplexação de fluxos elementares de áudio e vídeo, semelhantemente ao MPEG-1 Systems. Contudo, o MPEG-2 Systems define dois esquemas de multiplexação: através do fluxo de programas - MPEG-2 OS (Program Streams), e do fluxo de transporte - MPEG-2 TS (Transport Streams).

O fluxo dos programas é similar ao MPEG-1 Systems, pois encapsula e agrupa vídeos, áudios e outros tipos de dados digitais em um único feixe, com uma base comum de tempo.

Enquanto a abordagem por fluxo de transporte consiste em pacotes fixos de 188 bytes, usados para multiplexar áudios, vídeos e outros dados em um único feixe. Diferentemente da multiplexação por fluxo de programas, a multiplexação por fluxo de transporte não necessita de uma base comum de tempo.

O MPEG-2 PS e o MPEG-2 TS têm diferentes objetivos. Enquanto o primeiro é adequado para o armazenamento local de dados (usado em DVDs, por exemplo), o segundo, como o nome indica, é voltado para o transporte (difusão) de dados multimídia em enlaces de comunicação sujeitos a erros de transmissão. Daí o tamanho pequeno do pacote, apenas 188 bytes, facilitando a resincronização de um vídeo, para o caso de ocorrerem perdas de pacotes.

As especificações MPEG-2 também definem o DSM-CC (Digital Storage Media Command and Control). São especificações de um conjunto de protocolos que fornecem funções e operações de um controle para gerenciar fluxos MPEG-1 e MPEG-2, possibilitando o transporte de dados digitais.

O transporte de dados do DSM-CC é baseado em fluxo MPEG-2 TS que pode conter vários serviços, cada qual, por sua vez, composto por fluxos elementares (elementary streams) de áudio e/ou vídeo e/ou dados.

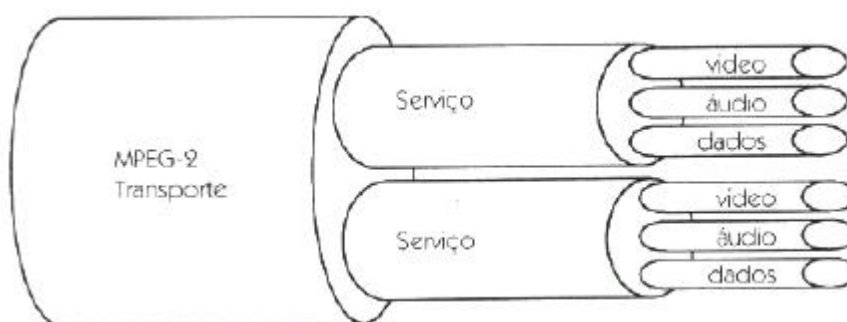


Figura 04 - Encapsulamento de serviços em um fluxo MPEG-2 TS, Anatel (2005).

Criado inicialmente para lidar com entrega de vídeo sob demanda usando MPEG, o DSM-CC possui muita importância nos padrões de TV digital interativa, pois está diretamente relacionado à implementação do conceito de datacasting<sup>13</sup> através de carrosséis. O carrossel é uma abstração de um mecanismo onde áudio, vídeo e dados são enviados ciclicamente, entrelaçados com outros dados digitais. Por exemplo, é possível enviar diferentes legendas junto com o áudio e o vídeo de um filme. Dessa forma, o usuário pode selecionar dinamicamente se ele deseja ou não, e qual a legenda que ele quer visualizar junto no filme.

Também é possível transmitir código denominado Xlet - Uma aplicação para TV Digital - que poderá ser executado no receptor digital. De uma forma geral, o carrossel permite que dados digitais sejam transmitidos na forma de serviços, e que usuários de TV interativa possam selecionar esses serviços quando necessário.

### **7.2.6 - MPEG-4 Audio**

Da mesma forma que o MPEG-2, a parte de áudio do MPEG-4 também especifica um MPEG AAC (Advanced Audio Coding). Esse padrão é fortemente relacionado com o MPEG-2 AAC, mas apresenta evolução nos seus algoritmos de compressão, principalmente quando usado para comprimir com uma baixa taxa de bits.

### **7.2.7 - MPEG-4 Video e H.264**

A liberação da primeira versão do MPEG-4 aconteceu em 1998. Esse padrão foi originalmente concebido para aplicações multimídia para redes com baixa largura de banda. Mas as aplicações do MPEG-4 foram ampliadas, passou a dar ênfase no fornecimento de novas funcionalidades, em vez de se concentrar apenas na eficiência de seus algoritmos de compressão.

A grande vantagem na parte de codificação de vídeo do MPEG-4 (que é especificada em conjunto com a ITU-T e publicada sob o nome de H.264/AVC -

---

<sup>13</sup> Datacasting - Além de som e vídeo, a TV Digital também possibilita a transmissão de outros tipos de dados. Será possível transmitir informações sobre um filme que esteja passando ou o que a emissora achar conveniente. Com essa possibilidade irão surgir muitos serviços como o t-commerce e o t-banking, que são o comércio e o acesso ao banco através do seu TV. Até mesmo a Internet poderá ser acessada através do seu televisor.

Advanced Vídeo Coding) está na capacidade de descrever cenas na forma de objetos. As especificações do MPEG-4 também habilitam a interação do usuário que recebe as mídias, permitindo o envio de comandos para manipular os objetos da cena (mudar a imagem do fundo de um vídeo, por exemplo).

Apesar de prever essa interação baseada em conteúdo - a manipulação de cenas por parte do usuário receptor e outras características muito interessantes para TVs interativas -, as emissoras ainda vêm dando preferências ao MPEG-2, padrão esse consolidado no mercado.

### **7.2.8 - Dolby AC-3**

Diferentemente dos padrões MPEG Áudio, os padrões Dolby - largamente empregados na codificação de áudio em filmes para cinema e DVD - são especificados por uma única companhia, a Dolby Laboratories. É, portanto, um padrão proprietário. Apesar dessa característica, o Dolby Digital (AC-3) é o esquema de compressão escolhido pelo ATSC - sistema de TV digital norte-americano (é opcional no DVB - sistema de TV digital europeu). O Dolby AC-3 é a terceira geração de algoritmos de áudio; permite até 5.1 canais (cinco canais principais, e um canal subwoofer<sup>14</sup> que podem ser comprimidos em um único fluxo de dados com 640Kbps.

---

<sup>14</sup> Subwoofer - sons de baixa frequência, os chamados subgraves.

## CAPÍTULO VIII - COMPONENTES DA TV DIGITAL INTERATIVA

As pesquisas para o desenvolvimento da TV digital começaram no final da década de 1980, tanto no Japão, que já possuía um padrão de TV de alta definição, porém analógica, como nos EUA e na Europa. Em 1993 foram lançados os dois primeiros sistemas de transmissão digital: o DVB, europeu, e o ATSC, norte-americano. Somente em 1999, o Japão lançou o seu sistema, chamado de ISDB. Apesar da diversidade de tecnologias adotadas na implementação, existem muitos aspectos em comum entre todos os sistemas de TV digital. A forma mais adequada para analisar esses aspectos em TVs digitais interativas é através do estudo de um modelo genérico e de uma arquitetura de referência, o que permite ocultar as especificações encontradas em cada padrão.

Um sistema de TV digital interativa pode ser decomposto em três partes principais:

- um difusor responsável por prover o conteúdo a ser transmitido e dar suporte às interações dos telespectadores;
- um receptor, que recebe o conteúdo e oferece a possibilidade de o telespectador reagir ou interagir com o difusor;
- um meio de difusão, que habilita a comunicação entre o difusor e o receptor. (MONTEZ, 2005, p.133).

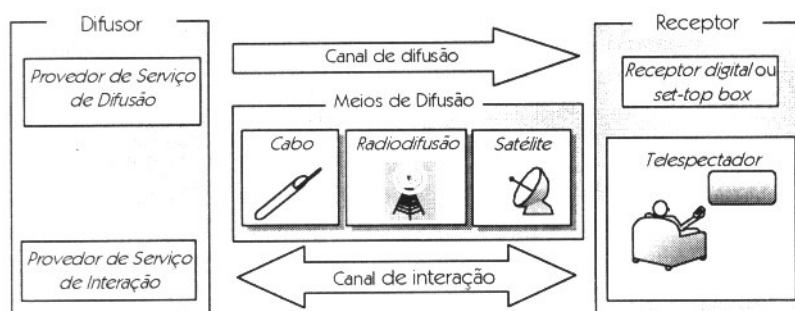


Figura 05 - Modelo de um sistema de televisão digital interativa, Montez (2005).

## 8.1 - Meios de difusão

A difusão é o envio de conteúdo (áudio, vídeo ou dados) de um ponto provedor do serviço - responsável pelo gerenciamento de diversos canais televisivos - para outros pontos, os receptores, onde se encontra a recepção digital e os telespectadores. Os meios de difusão mais comuns são via satélite, cabo e radiodifusão, sendo este último também conhecido como difusão terrestre.

O provedor do serviço de difusão pode deter e controlar o seu próprio meio para difundir o conteúdo. Esse é o caso típico quando o meio de difusão usado é via cabo. Por outro lado, um provedor que difunde seu conteúdo via satélite usualmente não é responsável pela operação desse meio. As plataformas de cabo possuem como vantagem uma boa largura de banda para o seu canal de difusão e para o canal de retorno. (GAWLINSKI, 2003, p.5).

Sendo usado para a interação do telespectador com o provedor do serviço. Contudo, a grande desvantagem do uso desse meio é o alcance da transmissão, restrita às residências interligadas fisicamente. Essa desvantagem não é problema nos EUA, onde a penetração das TVs a cabo é alta, o que não acontece no Brasil e em boa parte da Europa.

As plataformas de satélite possuem como vantagem o alcance do seu sinal, que pode chegar aos lugares mais remotos. Não existem grandes custos intermediários no crescimento do alcance da rede de difusão (no caso do cabo existe a necessidade das ligações físicas para cada novo cliente). O maior problema da transmissão por satélite está na dificuldade de oferecer o canal de retorno, indispensável para serviços interativos. Esse problema normalmente é superado através do uso de linhas telefônicas.

A grande vantagem do uso da difusão terrestre é o fato desse meio ser usado atualmente pelas TVs abertas nas transmissões convencionais. Dessa forma é possível realizar de uma forma mais simples a migração lenta dos telespectadores da TV analógica para a TV digital e interativa (a transmissão simultânea de canais analógicos e digitais de TV é denominada simulcast). Uma grande desvantagem desse meio é a largura de banda disponível, geralmente pouca devido às restrições na frequência espectral - comprimentos de onda, frequências. Por isso, a

radiodifusão terrestre possui menos canais de TV e serviços interativos do que as plataformas via cabo e satélite. Além disso, há o problema da ausência do canal de retorno, da mesma forma como ocorre com o uso de satélites.

Considerando a realidade brasileira, uma outra característica deve ser levada em conta na comparação entre as plataformas: a facilidade de dar suporte a conteúdos regionais. Diferentemente das plataformas a cabo e de radiodifusão, as de satélite, pela abrangência do alcance de seus sinais, tornam mais complexa essa tarefa.

No caso da TV interativa, os meios de difusão também são utilizados para o canal de retorno. Devido às limitações da tecnologia atual, usualmente se concebe esse canal de retorno como um canal de comunicação com pequena largura de banda (usando linhas telefônicas, por exemplo), permitindo o tráfego de poucas informações no sentido contrário ao da difusão do conteúdo da TV. Contudo, conceitualmente um canal de retorno poderia ter tanta capacidade quanto um de difusão, permitindo ao receptor se tornar um provedor de conteúdo para outros receptores.

## **8.2 - A difusão de dados**

A difusão de um conteúdo televisivo implica uma série de etapas para a construção do sinal a ser transmitido. Na televisão digital, além dos fluxos de vídeo e de áudio, existe um terceiro tipo de fluxo que também pode ser difundido: dados. Esses dados podem ser tanto aplicativos, que serão executados na televisão ou no receptor digital - que passa a ter capacidade de processamento - como pode ser diversos outros tipos de informações úteis ao sistema. Os exemplos são inúmeros: legendas de filmes, dublagens em vários idiomas, informações adicionais em forma de texto, um guia da programação de canais, etc.

Uma etapa prevista na difusão de dados é a do controle de acesso condicional (CA - Conditional Access). Em um modelo de TV digital existem alguns serviços que só são disponíveis para assinantes deste. Mesmo em sistemas de TV aberta essa possibilidade é prevista, pois o acesso de alguns serviços pode ser restringido a determinados tipos de clientes (exemplo uma TV comunitária associada a uma prefeitura pode difundir um serviço que poder ser acessado apenas por receptores digitais em Postos de Saúde credenciados).

Em um sistema de acesso condicional, o serviço é protegido através de uma cifragem (criptografia) antes de ser multiplexado. Esse sistema gera pacotes que conduzem informações necessárias para a decifragem da informação no momento da recepção.

Existem basicamente duas formas de gerar conteúdo televisivo: transmiti-lo ao vivo ou gravar vários fluxos de vídeo e áudio para serem editados antes da difusão. Em ambas as formas, a aquisição dos sinais de vídeo e áudio pode ser através de câmeras filmadoras digitais ou analógicas. No entanto, para poderem ser difundidos na forma digital, os sinais de áudio e vídeo precisam ser codificados, usualmente em formato MPEG-2, e encapsulados em pacotes de transporte MPEG-2 TS. O componente do sistema responsável por essa tarefa é o codificador (encoder), implementado geralmente por hardware. Os dados também precisam ser encapsulados nesse padrão para serem transmitidos.

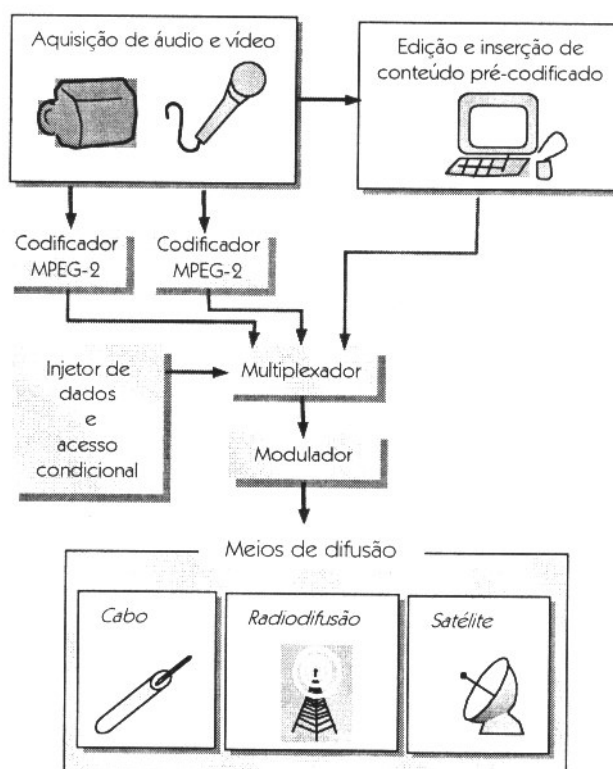


Figura 06 - Etapas da difusão, Montez (2005).

Há duas formas de codificação do sinal no padrão MPEG-2: através de uma taxa de bits constante (CBR - Constant Bit Rate) ou taxa de bits variável (VBR - Variable Bit Rate). A vantagem da primeira abordagem, que mantém a taxa de bits

constante, é que ela torna mais simples a tarefa de codificação. Porém, em trechos de vídeo com pouca complexidade (um vídeo em que nada se move), que poderia ser codificado a uma taxa menor, essa forma de codificação introduz um desperdício de bits na transmissão.

Por outro lado, o CBR pode prejudicar a qualidade da imagem e do som de um trecho de maior complexidade, que exigiria uma alta taxa de bits. Já a codificação pela taxa de bits variável ajusta a banda usada, alterando dinamicamente o número de bits da quantização, de acordo com a necessidade determinada pelo próprio fluxo de áudio e vídeo. Sua desvantagem é tornar o processo de codificação bem mais complexo do que a primeira alternativa.

Cada fluxo de vídeo, de áudio ou de dados encapsulados no formato MPEG-2 é denominado fluxo elementar elementary stream - uma stream simples (vídeo ou áudio) sem container. Um conjunto de fluxos elementares pode formar o que costuma ser conhecido como canal ou programa, mas é chamado de serviço no ambiente da televisão digital. Um serviço pode ter câmeras (vídeos), vários áudios com diferentes idiomas, e várias legendas (dados). O equipamento usado para mesclar os fluxos em um único serviço é o multiplexador. O fluxo gerado, contendo todos os serviços, é denominado fluxo de transporte (transport stream).

Geralmente os fluxos elementares na televisão digital são codificados usando taxa de bits variável. Após a multiplexação dos fluxos, um problema que pode ocorrer é o somatório da taxa de bits gerada ultrapassar a largura de banda disponível para a difusão. Esse problema é amenizado pelo fato de cada fluxo usualmente possuir sua taxa máxima em instantes diferentes. É uma tarefa do multiplexador controlar esse somatório de taxa de bits, regulando, inclusive, a taxa em que os dados são multiplexados no fluxo MPEG-2 TS.

Após a multiplexação, ocorre a modulação do sinal digital em uma portadora, o que permite a difusão pelos meios convencionais. Cabe ao modulador essa tarefa.

### **8.3 - Set Top Box e a recepção de dados**

Antes de ser processado por um receptor, o sinal difundido precisa ser captado por uma antena específica para a tecnologia usada, no caso de satélite ou radiodifusão, ou chegar via cabo. O receptor pode estar embutido em uma televisão digital ou ser um equipamento a parte. Nesse último caso, o receptor passa a ser

conhecido como set top box. A idéia básica desse dispositivo é o de uma pequena caixa agregada à televisão analógica, que converte os sinais digitais para serem vistos nas TVs convencionais. O set top box pode possuir também um canal de retorno, possibilitando a interatividade entre o telespectador e os serviços oferecidos.

O primeiro elemento que processa o sinal recebido é o sintonizador digital. O mesmo é responsável pela correta captação do sinal difundido, que passa então pelo demodulador, responsável pela extração do fluxo de transporte MPEG-2. O fluxo é carregado através do demultiplexador, que extrai todos os fluxos elementares. Um sistema de acesso condicional decifra os fluxos elementares (caso seja necessário e o receptor tenha permissão de acesso), antes de encaminhar os fluxos de áudio e vídeo para o decodificador, que os converte para o formato apropriado de exibição utilizado pelo equipamento televisivo.

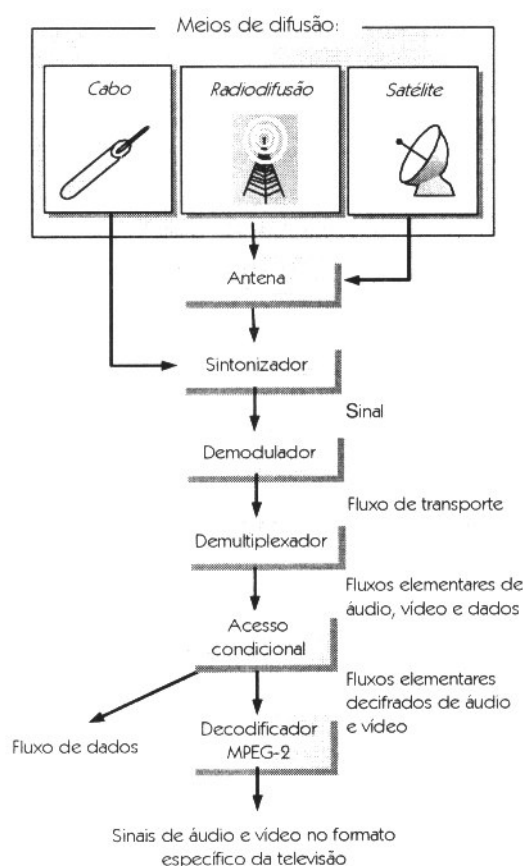


Figura 07 - Etapas da recepção, Montez (2005).

Para permitir ao telespectador a navegação na internet, ou a interação com serviços, os set top boxes possuem capacidade de processamento. Por isso o hardware pode conter diversas tecnologias comuns ao mundo da computação, tais

como CPU, memória, modems, para utilização de um canal de retorno, discos rígidos, para armazenamento de dados, e leitores de *smart cards*, para permitir controle de acesso de telespectadores.

Como ocorre em computadores convencionais, esses dispositivos são controlados por gerenciadores de dispositivos *device drivers* de sistemas operacionais. Contudo, os sistemas operacionais existentes nos set top boxes são bem mais simples do que os encontrados em microcomputadores pessoais. Geralmente têm seus códigos armazenados em memória ROM (*Read Only Memory*), não volátil.

## CAPÍTULO IX - SERVIÇOS INTERATIVOS

Com os avanços tecnológicos os sonhos de interatividade, que há anos tiram o sono dos gestores da programação televisiva, estão se tornando realidade. Várias aplicações já são assim chamadas, tendo na simplicidade sua característica essencial. As aplicações variam desde simples escolhas dos ângulos das câmeras ou de legendas em filmes até votações eletrônicas ou sorteios de brindes. Mas em níveis de interatividade mais elevados há poucos resultados. Até o momento a questão da interatividade continua uma incógnita; afinal, ninguém ainda delineou exatamente o seu alcance. Além disso, ela foi desconsiderada nos processos de desenvolvimento dos padrões de TV digital, exceção à Europa, que enfatizou o oferecimento de serviços adicionais com a TV digital. Até o momento não há experiências com conteúdo efetivamente interativo.

Para ter um mínimo de interatividade na televisão, é preciso um canal de retorno, também chamado de canal de interatividade. É através desse canal que a resposta de telespectador interativo, chamado de “iespectador” conforme Becker e Morais (2003), chega até a emissora de televisão. Por mais simples que a aplicação seja, numa enquête, onde o telespectador escolhe uma alternativa com o próprio controle remoto, é preciso um meio que leve essa escolha até o outro lado da telinha, até o transmissor. Esse meio pode ser o telefone, fibra ótica, rede sem fio, rádio, etc.

É nesse ponto que residem os maiores problemas da interatividade. De acordo com Anatel (2005), a TV está em mais de 90% dos lares brasileiros, mas o telefone, candidato natural a canal de retorno, não chega a 30%. Mesmo adicionando as pessoas que têm apenas telefone celular, menos da metade da população tem acesso a um canal de interatividade. As redes sem fio ou por cabos, incluindo fibra ótica e o cabeamento das TVs a cabo, podem representar uma boa solução para cidades como São Paulo, amplamente cabeadas, mas são totalmente inviáveis para pequenas cidades do interior, com baixíssima teledensidade (percentual de pessoas com acesso à telefonia) e nenhuma emissora de TV a cabo.

Não deve ser difícil imaginar que, para enviar um voto, a banda necessária no canal de retorno pode ser baixa, podendo ser usado até telefone celular como meio de conexão. O telefone fixo já permite uma banda um pouco maior do que a maioria

dos celulares, possibilitando aplicações um pouco mais complexas. É nesse nível que está a interatividade atualmente na TV digital.

## 9.1 - Tecnologias de canais de interatividade

Como canal de interatividade podem ser usadas várias tecnologias, numa relação diretamente proporcional com a complexidade dos serviços oferecidos. Ou seja, quanto maior a banda, maior pode ser a complexidade da interatividade. Ou quanto mais complexos os serviços interativos oferecidos, maior deve ser a banda disponível no canal.

Conforme Montez (2005), uma relação das tecnologias que podem ser usadas como canal de retorno para a TV digital interativa. Assim como, uma conexão entre a banda e os serviços que podem ser por ela atendidos:

- Telefonia celular: a banda do celular normalmente é baixa, tendo aumentado nos últimos anos com o GSM (Global System for Mobile Communication), já ultrapassando os 144kbps. Essa taxa de transmissão é suficiente para acessar a internet em banda larga. Basta uma conexão com o set top box. No caso de a taxa de transmissão ser mais baixa nas tecnologias CDMA (Code Division Multiple Access) e TDMA (Time Division Multiple Access), pode servir de canal de retorno para aplicações simples, como votações ou consultas a base de dados cujo tráfego se resume a poucos bytes. Outra grande vantagem dos celulares é o grande aumento dos usuários nos últimos anos. A maior desvantagem é o alto preço dos serviços de transmissão de dados. Além de servir como de interatividade, ligando o set top box à emissora, os telefones celulares podem ser usados como receptores móveis do sinal televisivo. Atualmente já há inúmeros modelos no mercado que recebem e reproduzem vídeos.

- Telefonia fixa: meio mais usado no país para o acesso à internet, deve ser o carro-chefe do acesso via TV, apesar de menos de um terço da população ter acesso a essa tecnologia. Também é a tecnologia de canal de retorno mais usada na Europa. A maior vantagem está na consolidação da tecnologia como meio de acesso à internet. Além da baixa penetração, outro problema é a banda, que por restrições de própria tecnologia, não supera os 56kbps. Apesar disso, pode ser amplamente utilizada para prover o acesso à internet em banda baixa.

- ADSL (Assymetrical Digital Subscriber Line): uma alternativa para o aumento da taxa de transmissão de dados pelas linhas da telefonia fixa é a ADSL, que, por usar outra frequência das chamadas telefônicas, pode chegar até a 8Mbps. Com essa velocidade pode-se inclusive transmitir vídeos de alta definição ao vivo. É a tecnologia usada pela maioria das empresas de telecomunicações que oferecem serviços de banda larga. Porém, com poucas exceções, a banda não passa de 1Mbps. A ADSL tem pouquíssima penetração por causa dos preços altos, uma vez que a legislação exige, além da contratação do serviço, a autenticação num provedor de conteúdo. Isso encarece consideravelmente esse tipo de serviço. Apesar disso, é uma ótima alternativa devido à alta velocidade que pode atingir.

- Rádio: a transmissão de dados por rádio pode ser uma boa alternativa para conjuntos ou condomínios residenciais, uma vez que os custos são altos, praticamente inviável para usuários domésticos. Pode prover acessos em banda larga dependendo da capacidade e potências dos transmissores. A velocidade da transmissão dos dados varia usualmente entre os 118Kbps e os 2Mbps.

- Satélite: alternativa que pode atingir todos os lares do país, tem no preço o principal problema. Os custos de manutenção dos satélites e dos transmissores são altos para permitir a ampla difusão desse tipo de acesso. Atualmente, a transmissão de dados para pessoas físicas é praticamente usada com exclusividade para acesso à telefonia celular em lugares afastados.

- PLC (Power Line Communication): ainda em estudo, essa tecnologia promete revolucionar a transmissão de dados. O PLC permite usar a rede elétrica, presente em quase 100% dos lares, para transmitir dados. Seria o meio ideal para ser usado como canal de retorno na TV interativa. Porém, apesar do tempo de pesquisa, que já passa dos trinta anos, os resultados concretos ainda são mínimos. Há poucas perspectivas de uso dessa tecnologia em curto prazo.

A tecnologia de canal de interatividade discutida acima tem um problema em comum: atualmente nenhuma delas têm preços ou condições de atingir as classes mais pobres da sociedade, foco da inclusão digital. Os subsídios estatais são apontados como a única solução para levar a inclusão digital às classes economicamente desfavorecidas, que mais precisam dessa tecnologia.

Segundo Benetton (2003), da Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), o canal de interatividade não deve ser homogêneo. Cada lugar ou usuário deve escolher a tecnologia que mais se

adaptar às necessidades. Para lugares muito povoados e com alta teledensidade, o telefone, tanto fixo como móvel, pode ser a melhor alternativa. Por outro lado, em lugares poucos povoados ou completamente afastados dos grandes centros, sem acesso às redes de telefonia, o satélite deve ser a melhor saída. A própria radiodifusão aparece como alternativa, uma vez que nessas regiões há espectro suficiente para ser usado como canal de interatividade, o que já não acontece nas grandes cidades.

Isso leva a crer que a interatividade também não será homogênea, devendo ser personalizada segundo as necessidades do telespectador e respeitando as limitações da tecnologia escolhida para levar a resposta do usuário final. Vários níveis de interatividade deverão conviver-nos mesmos programas ou nas mesmas emissoras, para evitar a perda de telespectadores. Para quem não tiver canal de interatividade, o que provavelmente vai representar uma boa parte da população devido aos problemas apontados acima, poucas alterações devem ocorrer. A televisão será apenas uma evolução tecnológica.

## CAPÍTULO X - SISTEMAS DE TV DIGITAL

A melhor forma de lidar com um sistema complexo, como é o caso de um sistema de TV digital interativa, é através da representação de sua arquitetura. Uma arquitetura mostra os principais elementos de um sistema, explicitando suas interações e escondendo os detalhes menos importantes sob o ponto de vista adotado. Uma arquitetura de TV digital representando as camadas de tecnologias existentes é apresentada na Figura 08.

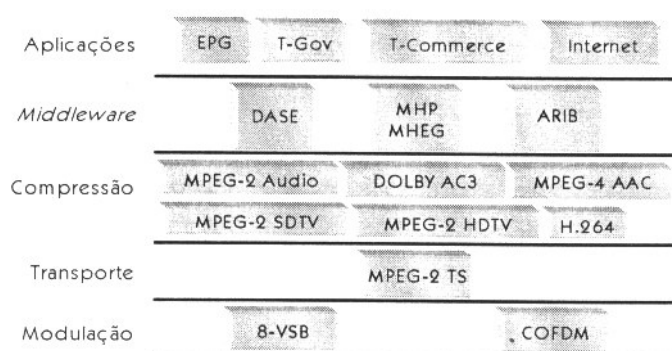


Figura 08 - Arquitetura de TV digital com tecnologias usadas em cada camada, Montez (2005).

### 10.1 - Arquitetura de software e hardware

A idéia central da arquitetura em camadas é cada uma oferecer serviços para a camada superior e usar os serviços oferecidos pela inferior. Dessa forma, as aplicações que executam na TV digital interativa usam uma camada de middleware<sup>80</sup>, que faz a intermediação de toda a comunicação entre a aplicação e o resto dos serviços oferecidos pelas camadas inferiores.

A finalidade da camada de *middleware* - ou camada do meio - é oferecer um serviço padronizado para as aplicações (camada de cima), escondendo as peculiaridades e heterogeneidades das camadas inferiores (tecnologias de compressão, de transporte e de modulação). O uso do *middleware* facilita a portabilidade das aplicações, permitindo que sejam transportadas para qualquer receptor digital (ou set top box) que suporte o *middleware* adotado.

Essa portabilidade é primordial em sistemas de TV digital, pois é muito complicado considerar que todos os receptores digitais sejam exatamente iguais.

A seguir, será apresentado um estudo realizado por Montez (2005), sobre os padrões de *middleware* usados em TV digital. Os principais sistemas existentes de TV digital - norte-americano, europeu e japonês - adotam diferentes padrões de *middleware* em seus receptores digitais, recebendo uma ênfase maior durante os estudos dos componentes de cada sistema.

### **10.1.1 - DVB (Digital Video Broadcasting)**

O DVB é conhecido como o sistema europeu de televisão digital. Na realidade esse padrão é formado por um conjunto de documentos, definindo padrões de transmissão, sendo os mais conhecidos: DVB-T (radiodifusão), DVB-C (difusão por cabo), DVB-S (difusão por satélite) e DVB-MHP (Multimedia Home Platform - padrão de *middleware*).

Segundo Montez (2005), esse conjunto de padrões, foram definidos oficialmente em setembro de 1993. O consórcio DVB é atualmente composto por mais de trezentos membros, de 35 países. O padrão DVB-T é adotado em países da Europa, além da Austrália, Malásia, Hong Kong, Índia, África do Sul, entre outros. O país mais avançado na consolidação do uso do DVB é a Inglaterra, já possuindo mais de um milhão de usuários. Na maioria dos países, incluindo a Inglaterra, a televisão digital terrestre é um serviço pago. Muitas vezes os set top boxes são subsidiados pelas operadoras de TV, ou até oferecidos gratuitamente, para incentivar a migração para a TV digital.

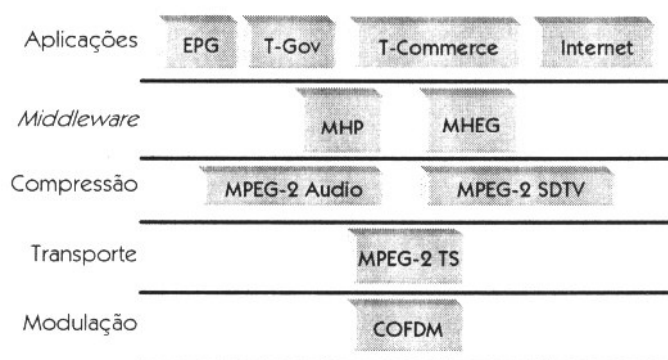


Figura 09 - Camadas de tecnologias do DVB-T, Montez (2005).

O DVB-T, mostrado na Figura 09, é um esquema de transmissão para difusão de televisão digital terrestre (radiodifusão). Utiliza a modulação Cofdm, cuja taxa de transmissão varia entre 5 a 31,7 Mbps, dependendo dos parâmetros utilizados na codificação e modulação do sinal. Pode operar em canais de TV de 6,7 ou 8Mhz. A multiplexação e codificação de áudio e vídeo são feitas sobre o padrão MPEG-2. O *middleware* utilizado é o MHP (Multimedia Home Plataform).

### 10.1.2 - MHP (Multimedia Home Plataform)

A comunidade que desenvolve as tecnologias para TV digital percebeu, há algum tempo que provedores de serviços não teriam sucesso comercial se tivessem que desenvolver serviços interativos que não fossem portáteis em set top boxes de diferentes fabricantes. Em 1997, o grupo DVB começou a especificar uma camada de *middleware*, que deu origem à plataforma MHP em junho de 2000. Um ano após a primeira versão, em abril de 2001, foi lançada a especificação MHP 1.1.

O MHP busca oferecer um ambiente de TV interativa independente de hardware e software específicos, aberto e interoperável, para receptores e set top boxes de TV digital. Seu ambiente de execução é baseado no uso de uma máquina virtual Java (a mesma linguagem de programação adotada em computadores) e um conjunto de interfaces de programação de aplicações (APIs). Essas APIs possibilitam aos programas escritos em Java o acesso a recursos e facilidades do receptor digital de forma padronizada. Uma aplicação DVB usando API Java é denominada aplicação DVB-J.

Além do uso da API Java, o MHP 1.1 introduziu a possibilidade de usar uma linguagem de programação semelhante ao HTML (empregada na internet para programação das páginas web), denominada DVB-HTML.

Aplicações DVB-J e DVB-HTML possuem a capacidade de:

- carregar (*download*), através de um canal de interatividade, aplicações interativas;
- armazenar aplicações em memória persistente (disco rígido, por exemplo); - acessar leitores de *smart cards*;
- controlar aplicações de internet, tais como navegador *web* e leitor de *e-mail*.

Além do MHP, o MHEP-5 (padrão ISO/IEC 13522-5) é adotado na camada de middleware no DVB-T. O MHEG é um padrão usado para representar apresentações multimídia, permitindo interatividade do usuário com o conteúdo de apresentação. No caso da TV digital, o MHEG-5 pode ser usado para representar um guia de programação eletrônico (EPG), por exemplo. A especificação do MHP herdou uma série de características que já existiam no MHEG, tal como o uso do carrossel. Atualmente existe um esforço conjunto para que as especificações de ambos os padrões possam coexistir em uma mesma TV digital.

A versão 7.0 do DVB indica uma tendência que poderá se firmar nos próximos anos: o uso de MPEG-4 (H.264 e MPEG-4 AAC) na camada de compressão de sistemas de TV digital. Por enquanto, no DVB essa tendência é representada apenas por um documento que apresenta guias mestres de como implementar conteúdo audiovisual em serviços entregues usando protocolo IP (ou seja, serviços DVB em conformidade com protocolo padrão da internet).

Uma outra tendência recente que surge nas últimas especificações é a tentativa de harmonizar diferentes *middlewares* em padrão único. Afinal, se o middleware foi criado para padronizar a programação de aplicações, de que adiantaria haver um padrão diferente em cada sistema? A especificação do GEM (Globally Executable MHP - MHP Executável Globalmente) foi publicada em janeiro de 2003 e, em junho do mesmo ano, o ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*), a organização que padroniza o sistema japonês - anunciou a intenção de adotar esse padrão.

### 10.1.3 - ATSC (Advanced Television Systems Committee)

Em funcionamento nos Estados Unidos desde novembro de 1998, o ATSC também já foi adotado pelo Canadá, Coréia do Sul e Taiwan. Esse padrão utiliza a modulação 8-VSB, possuindo uma taxa de transmissão de 19,8 Mbps, ocupando uma largura de banda de 6,7 ou 8 MHz.

De acordo com Anatel (2001), “O ATSC apresenta problemas na recepção por antenas internas e não permite a recepção móvel”.

A multiplexação e a codificação de vídeo são feitas sobre o padrão MPEG-2. Já a codificação de áudio e vídeo é realizada através do padrão Dolby AC-3.

O *middleware* utilizado é o DASE (DVT Application Software Environment).

### 10.1.4 - DASE (DVT Application Software Environment)

O DASE foi desenvolvido pelo ATSC como um padrão norte-americano para a camada de *middleware* em *set top boxes* de TVs digitais. De forma similar ao MHP, o DASE adota uma máquina virtual Java como mecanismo que facilita a execução de aplicações interativas. Também de forma similar ao MHP, o DASE permite o uso de linguagens declarativas, usadas na *web*, como HTML e *JavaScript*.

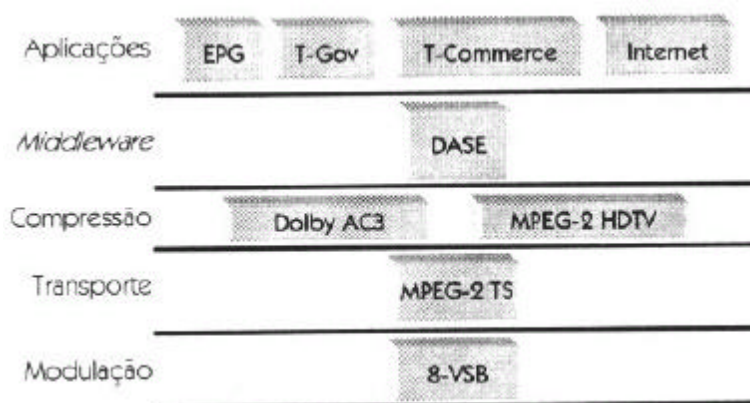


Figura 10 - Camadas de tecnologias do ATSC, Montez (2005).

Infelizmente, as semelhanças entre esses dois padrões param neste ponto. Os *middlewares* MHP e DASE não foram projetados para serem compatíveis entre si. Isso significa que um serviço desenvolvido para um desses padrões não irá funcionar em outro.

Contudo, recentemente, assim como o sistema japonês, o ATSC resolveu aderir à iniciativa do *middleware* GEM. Em setembro de 2004, o ATSC liberou um documento em que propõe a ACAP (Advanced Common Application Platform - Plataforma Avançada de Aplicação Comum). O ACAP inclui inteiramente o GEM em uma tentativa de harmonizar o MHP, DASE e o OCAP (padrão de *middleware* usado em TVs a cabo).

### 10.1.5 - ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting)

Criado em 1999 por várias empresas e operadoras de televisão, o ISDB-T é o sistema de transmissão terrestre japonês, sendo adotado somente por aquele país. O ISDB utiliza a modulação Cofdm, com algumas variações; possui uma taxa de transferência que varia entre 3,65 a 23,23Mbps, e uma largura de banda de 6,7 ou 8Mhz. As suas maiores vantagens são a grande flexibilidade de operação e o potencial para transmissões móveis e portáteis. A multiplexação e a codificação de vídeo, como nos dois padrões anteriores, também são realizadas em MPEG-2. A codificação de áudio utiliza o MPEG-2 ACC. O *middleware* é o ARIB.

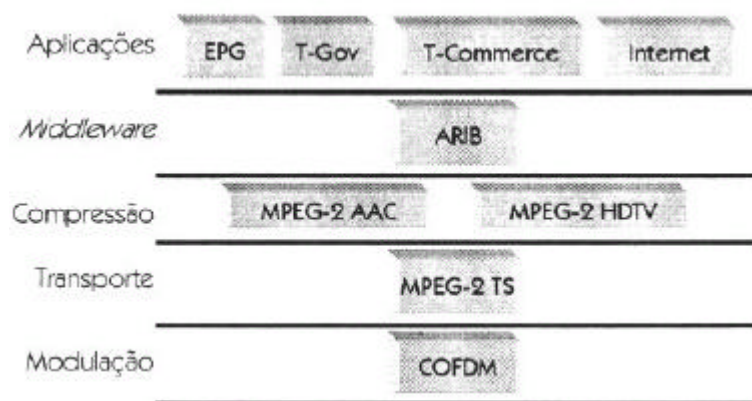


Figura 11 - Camadas de tecnologias do ISDB-T, Montez (2005).

### 10.1.6 - ARIB (Association of Radio Industries and Businesses)

O *middleware* do ISDB é padronizado pela organização ARIB. Esse *middleware* é formado por alguns padrões, como o ARIB STD-B24 (Data Coding and Transmission Specification for Digital Broadcasting), que define uma linguagem declarativa denominada BML (Broadcast Markup Language). Essa linguagem, baseada na linguagem padrão de serviços web XML (Extensible Markup Language), é usada para especificação de serviços multimídia para TV digital.

Outra especificação do *middleware* é o ARIB-STD B23 (Application Execution Engine Platform for Digital Broadcasting), que é baseada na especificação DVBMHP. Esse último padrão traduz uma tendência do ARIB de tentar estabelecer um núcleo comum entre o seu padrão de *middleware*, o MHP e o DASE.

A necessidade de padronização é uma questão recorrente em sistemas computacionais e de TV digital. Se essa padronização fosse mundial, os benefícios se ampliariam devido à redução de custos, pela maior escala de produção e aumento da concorrência. Foi por esse motivo que o GEM foi criado, e é importante observar que este não é simplesmente um subconjunto do MHP. Cada padrão de *middleware* que usa GEM o faz de forma personalizada, adicionando extensões e, também, colocando restrições na especificação básica do GEM.

## CAPÍTULO XI - BIBLIOTECAS DE SUPORTE A MIDDLEWARES

No momento em que os principais *middlewares* foram definidos, várias especificações de bibliotecas e APIs já existiam, devido principalmente às pesquisas para implementação de aplicações multimídia para a internet e para redes sem fio. O interessante seria que esses padrões já existentes fossem adotados pelos *middlewares* recém-criados. Dentre estes, destacam-se HAVI e DAVIC.

Houve uma iniciativa da SUN em propor uma biblioteca Java que facilitasse a adoção desse padrão em ambientes de TV digital. O Java-TV, resultado desse esforço, foi prontamente adotado pelos principais *middlewares* de TV digital. Esses padrões - Java-TV, HAVI e DAVIC - que formam um conjunto de bibliotecas de suporte e que ajudam a compor as APIs – Interface de Aplicação para Programação - dos *middlewares* de TV digital são sucintamente descritos a seguir.

### 11.1 - Java-TV e Xlet

Java-TV provê uma API Java com facilidade para suportar EPGs, selecionar serviços ou programas de televisão, gráficos, dentre outras. Contudo, uma das mais importantes facilidades incluídas com Java-TV é a de manipular aplicações Java, as quais podem ser executadas nos set top boxes.

As aplicações (Xlets) são difundidas (exemplo dentro de um carrossel), recebidas e executadas em *set top box*

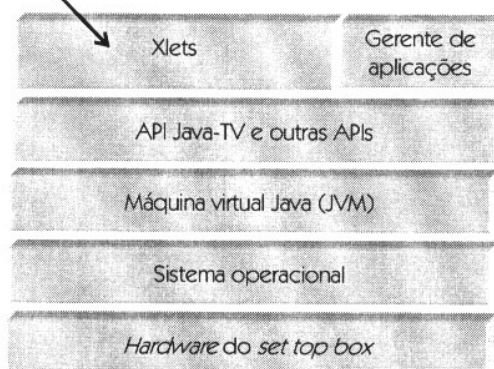


Figura 12 - Xlets Java-TV e Gerente de aplicações, Montez (2005).

Um programa Java que executa em *set top box* em conformidade com a biblioteca Java-TV recebe o nome de Xlet. Cada *set top box*, para controlar Xlet possui um Gerente de Aplicações (Application Manager) instalado (Figura 11). Um gerente de aplicações lida com os estados da Xlets, permitindo iniciar sua execução, destruir, pausar e continuar a execução dessas aplicações.

Esses estados são necessários, pois uma aplicação pode ser suspensa momentaneamente (pausada), se o usuário através do controle remoto resolver ocultá-la para assistir a um programa de TV, ou ainda pode ser destruída caso o usuário simplesmente troque de canal (uma aplicação que geralmente está associada a um canal de TV). A própria aplicação (Xlet) pode ser notificada quando seu estado muda (por exemplo, quando é pausada) e pode lidar com seus recursos (exemplo liberar memória), se desejar.

A máquina virtual Java provê para as aplicações a visão de uma máquina (um computador) abstrata. Oferece um ambiente de execução padronizada e uniforme para essas aplicações, ao mesmo tempo que lida com questões importantes para elas, como por exemplo, a segurança. Essa característica foi fundamental para o sucesso da adoção do Java na web. Código Java embutido dentro de páginas web, recebem o nome de Applets Java, e podem ser executadas em qualquer computador graças a esses ambiente de execução virtual.

Uma Xlet, portanto, é uma abstração semelhante às Applets Java. Da mesma forma, são aplicações que têm origem remota, e são baixadas e executadas localmente.

## 11.2 - HAVI (Home Áudio Víde Interoperability)

O HAVI é um padrão específico, formada por grandes companhias de produtos de consumo audiovisuais, tais como Matsushita (Panasonic), Sharp, Sony e Toshiba. Foi criada para prover padrão para interoperabilidade entre dispositivos e equipamentos digitais audiovisuais. O objetivo principal era o de facilitar o oferecimento mútuo de serviços entre esses dispositivos, tais como TVs, DVD players e DV camcorders.

Esse padrão foi adotado pelos sistemas de TV digital, principalmente por prover um conjunto de interfaces de programação (APIs) Java que permite o acesso

a dispositivos (exemplo controle remoto) e suportes específicos para televisão, tais como funções para lidar com displays e gráficos de TV.

### 11.3 - DAVIC (Digital Audio Visual Council)

DAVIC foi uma associação criada em 1994, que teve uma breve duração de apenas cinco anos, mas que conseguiu agregar 222 companhias espalhadas em 25 países. Seu objetivo foi criar um padrão da indústria para interoperabilidade a fim de informações audiovisuais.

DAVIC desenvolveu iniciativas no sentido de conseguir maior portabilidade e mobilidade em aplicações e serviços multimídia, usando padrões de comunicação que podiam ser via cabo ou por difusão de sinais de TV. Algumas especificações do DVB foram fortemente influenciadas pelo DAVIC, tais como o DVB-C (padrão para transmissão de TV a cabo) e DVB-RCC (canal de retorno por cabo).

## CONCLUSÃO

A evolução da TV gera sérios questionamentos sobre a real importância desse meio de comunicação e sobre sua possível influência e dominação cultural. Vários movimentos vêm tentando suprimir esse meio de comunicação das nossas vidas. Ao criticar a TV como meio de comunicação de massa, a tecnologia é mesclada ao conteúdo transmitido, como se fosse uma coisa só.

A programação certamente é questionável, a qualidade deve estar em constante aprimoramento, com plena participação social. Porém, a tecnologia chamada televisão é apenas um instrumento nas mãos dos geradores e transmissores desse conteúdo, cuja importância ficou muito clara nesse quase um século de existência.

Fonte de entretenimento e informação, a tecnologia evolui constantemente para se aprimorar e melhorar a qualidade dos serviços prestados. Porém o uso ideal dessa tecnologia passa longe dessa evolução, ficando suscetível a inúmeros fatores externos. São influências culturais, sociais, econômicas e políticas.

No Brasil são mais de 65 milhões de aparelhos receptores, presentes em mais de 90% dos lares. Desses, mais de 80% recebem apenas o sinal da TV aberta, sendo, em muitos casos, a única fonte de informação da população. Esses números revelam em parte a importância que essa mídia tem para a sociedade brasileira.

A programação transmitida aos telespectadores é uma das mais importantes fontes de informação e entretenimento da população brasileira. Historicamente, a televisão brasileira tem desenvolvido esse papel. Se levarmos em conta que apenas uma pequena parcela da sociedade brasileira tem acesso à leitura, pode-se considerar que o povo brasileiro efetivamente se informa pela TV. Os telejornais, representam a maior parte da população, a única fonte de contato com o mundo exterior; a única fonte de formação da cidadania.

Essa fonte de cidadania pode se tornar ainda mais acessível e melhor qualificada com a TV digital interativa, como vimos nesta monografia. Hoje a televisão é uma ferramenta de cidadania e cultura, que fornece apenas informação e entretenimento. A TV digital interativa será uma ferramenta de muitos serviços, oferecendo mais informação, propiciando maior acesso ao conhecimento e a intervenção direta do usuário com os programas que serão exibidos.

## REFERÊNCIAS

- ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br>> Acesso em: 15 de Outubro de 2006.
- ATLAS Brasileiro de Telecomunicações. São Paulo: Glasberg, 2005.
- BECKER, VALDECIR e MORAES, Áureo. Do analógico ao Digital: uma proposta de comercial para TV interativa. In: III Simpósio Catarinense de Processamento Digital de Imagens. 2003, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Simpósio Catarinense de Processamento Digital de Imagens, 2003.
- BENETTON, Ricardo. TV digital no Brasil. In: III Simpósio Catarinense de Processamento Digital de Imagens, 2003, Florianópolis.
- BUFORD, John F. Koegel. Multimedia Systems. New York: ACM Press, 1994.
- COLLINS, Geraldo W., Fundamentals of Digital Television Transmission, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- DANTAS, Marcos. A lógica do capital informação. A fragmentação dos monopólios e a monopolização dos fragmentos num mundo de comunicações globais. Rio de Janeiro: Contraponto, 2002.
- DRURY, G. et. al. Coding and Modulation for Digital Television. Kluwer Academic Publishers, 2002
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, 3ª. edição, 1ª. Impressão, Editora Positivo, 2004.
- FLUCKIGER, F. Understanding networked multimedia: applications and technology, [S.I.] Prentice Hall, 1995.
- FRAGOSO, Suely. De interações e interatividade. In: Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação, 10., 2001, Brasília. Anais... Brasília, Associação Nacional dos Programas de Pós Graduação em Comunicação, 2001. CD-ROM.
- GALPERIN, Hernan. Comunicación e integración en la era digital: Un balance de la transición hacia la televisión digital em Brasil y Argentina. Revista Eletrônica Telos, Madrid, Espanha, 2003.
- GAWLINSKI, Mark. Interactive television production. Oxford, Focal Press, 2003.
- GROTTICELLI, Michael. The DTV Consumer. In: SILBERGLEID, Michael; PESCATORE, Mark J. (org.). The Guide to Digital Television, Third Edition, United Entertainment Media, New York, 1999.

- HAYKIN, Simon. Sinais e Sistemas. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- HELD, Gilbert, Comunicação de Dados. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.
- KOOGAN/HOUAISS. Enciclopédia e dicionário ilustrado. 4ª. Edição. Rio de Janeiro: Seifer, 1999.
- LEMOS, André L.M. Anjos interativos e retribalização do mundo: sobre interatividade e interfaces digitais. [S.l. s.n.], 1997.
- LIPPMAN, Andrew. O arquiteto do futuro. Meio & Mensagem. São Paulo, n.792, janeiro de 1998. Entrevista.
- LU, Guojun. Communication and Computing for Distributed Multimedia Systems. Londres: Artech House, 1996.
- MACLIN, Bem. What Every Marketer Needs to Know about iTV. Nova Iorque, e Marketer Analyst Brief, 2001.
- MCLUHAN, Herbet Marshall. Os Meios de Comunicação como Extensões do Homem. São Paulo. Cultrix, 1964.
- MÍDIA DADOS. Grupo de Mídia, 2005. Disponível em: <<http://www.gm.com.br>>.
- MONTEZ, Carlos. TV Digital Interativa. 2ª. Edição. Editora da UFSC. Florianópolis, 2005.
- PALACIOS, Marcos Silva. O que é de (realmente) novo no Jornalismo On-line? Palestra proferida na Faculdade de Comunicação da UFBA, Salvador, abril de 2000.
- REISMAN, Richard R. Rethinking Interactive TV - I want my Coactive TV. [S.l.] Teleshuttle Corporation, 2002. Disponível em: <<http://www.teleshuttle.com/cotv/CoTVIntroWtPaper.htm>>. Acesso em: 15 de Março de 2006.
- SILVEIRA, Sérgio Amadeu da. Exclusão Digital. São Paulo: Perseu Abramo, 2001
- STEUR, Jonathan. Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. Journal of Communication, v. 42, p. 4, 1992.
- TANENBAUM, Andrew S. Computer Networks. Fourth Edition, Prentice Hall, 2003.
- WALKER. John. Through the Looking Glass. [S.l.] Autodesk, internal paper, 1988.