



**PLATAFORMA MULTIAPLICATIVA DE BAIXO CUSTO PARA A INCLUSÃO
DIGITAL**

ALEXANDRE GONTIJO RABELO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS
ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PLATAFORMA MULTIAPLICATIVA DE BAIXO CUSTO
PARA A INCLUSÃO DIGITAL**

ALEXANDRE GONTIJO RABELO

ORIENTADOR: FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA NASCIMENTO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE SISTEMAS
ELETRÔNICOS E DE AUTOMAÇÃO**

PUBLICAÇÃO: PPGEA.DM-494/2012

BRASÍLIA/DF: JULHO – 2012

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PLATAFORMA MULTIAPLICATIVA DE BAIXO CUSTO
PARA A INCLUSÃO DIGITAL**

ALEXANDRE GONTIJO RABELO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

FRANCISCO ASSIS DE OLIVEIRA NASCIMENTO, Dr., ENE/UNB
(ORIENTADOR)

EXAMINADOR 2

EXAMINADOR 3

BRASÍLIA, 17 DE AGOSTO DE 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

RABELO, ALEXANDRE GONTIJO

Plataforma multiaplicativa de baixo custo para inclusão digital [Distrito Federal] 2012. xiv, 61p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica

1. TV digital interativa

3. Linux Embarcado

I. ENE/FT/UnB

2. Sistemas embarcados

4. Educação à distância

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RABELO, A. G. (2012). Plataforma multiaplicativa de baixo custo para a inclusão digital. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos e de Automação, Publicação PPGEA.DM-494/2012, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 76p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Alexandre Gontijo Rabelo

TÍTULO: Plataforma multiaplicativa de baixo custo para a inclusão digital

GRAU: Mestre

ANO: 2012

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica
70910-900
Brasília - DF - BRASIL

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Dezita,
Ao meu pai, Afrânio,
Pelo constante apoio e incentivo.
Por acreditarem que eu poderia chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Francisco Assis de Oliveira Nascimento, pelo apoio e por acreditar que esse trabalho seria possível.

Aos meus pais, Dezita e Afrânio, pelo apoio incondicional, conselhos e pelos momentos que me transmitem amor e carinho. Por acreditarem na minha capacidade.

À minha irmã, Renata, pelos momentos únicos de conversa e alegria.

Aos meus amigos, pelos momentos de alegria e descontração que me fazem tão feliz e satisfeito.

RESUMO

PLATAFORMA MULTIAPLICATIVA DE BAIXO CUSTO PARA A INCLUSÃO DIGITAL

Autor: Alexandre Gontijo Rabelo

Orientador: Francisco Assis de Oliveira Nascimento

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Eletrônicos e de Automação.

Brasília, mês de julho 2012.

Este trabalho descreve os conceitos e as soluções tecnológicas que nortearam o desenvolvimento do módulo adaptador de mídia digital ao padrão da TV digital brasileira. Esse módulo tem o objetivo de ser uma plataforma multiaplicativa de baixo custo para ser utilizada em políticas de inclusão digital. O desenvolvimento foi feito utilizando conceito de sistemas embarcados, aplicações interativas e educação à distância. Foi utilizada uma arquitetura embarcada ARM (*Advanced Risc Machine*) suportada por um “Kernel” Linux. A proposta apresenta como resultado um protótipo de baixo custo, pequenas dimensões físicas, baixo consumo de energia elétrica e alto desempenho computacional quando comparado aos produtos disponíveis no mercado. Os resultados experimentais indicaram um bom desempenho em aplicações como vídeo sob demanda.

ABSTRACT

A DIGITAL LOW COST PLATAFORM FOR GENERAL PURPOSE APPLICATIONS

Author: Alexandre Gontijo Rabelo

Supervisor: Francisco Assis de Oliveira Nascimento

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Eletrônicos e de Automação.

Brasília, month of july 2012

This work describes the technological conception and solutions to develop the digital media adapter module to Brazilian Digital TV standard. This module aims to provide a low cost multiapplication plataform for use in social inclusion policies. The development was done based on the concept of embedded systems, interactive applications and distance education. It is based on the ARM (*Advanced Risc Machine*) embedded architecture supported by a Linux Kernel. Comparing to similar devices, the proposed system presents a low cost, a low size of implementation, low energy consumption and a high computational performance. The experimental results indicated a good performance in applications such as video over demand.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO E ESTRUTURA DO TRABALHO	2
2. TECNOLOGIAS ASSOCIADAS À INCLUSÃO DIGITAL	4
2.1. TV DIGITAL INTERATIVA	4
2.1.1. Conceito e Evolução	5
2.1.2. Padrões mundiais para TV digital	6
2.1.2.1. Padrão DVB.....	7
2.1.2.2. Padrão ATSC.....	9
2.1.2.3. Padrão ISDB.....	10
2.1.2.4. Padrão SBTVD.....	12
2.1.3. Middleware	14
2.1.3.1. Middleware Ginga	14
2.1.4. Vantagens da TV digital interativa	16
2.2. EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA PRESENCIAL	18
2.2.1. Conceito	19
2.2.2. Uma reflexão sobre as políticas brasileiras de EaD	20
2.2.3. Histórico da Educação à distância no Brasil	21
2.2.4. Vantagens e desvantagens	23
2.3. SERVIÇOS DIVERSOS: BANCÁRIOS, SAÚDE, COMÉRCIO ELETRÔNICO, MARKETING ON-LINE	25
2.3.1. Serviços bancários e comércio eletrônico	26
2.3.2. Serviços de saúde	29
3. PROJETO DE UMA PLATAFORMA PARA A INCLUSÃO DIGITAL	32
3.1. OBJETIVOS	34
3.2. METODOLOGIA UTILIZADA	35
3.3. APLICAÇÕES DA PLATAFORMA DESENVOLVIDA	37
3.4. SOLUÇÃO TECNOLÓGICA	41
3.5. DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO	45
3.5.1. Construção do protótipo	48
3.5.2. Modelagem da solução de software	49
4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS	51

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	57
5.1. CONCLUSÕES	57
5.2. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICES	64
A - DIAGRAMA DE BLOCOS DA PLACA PCI	65
B - UNIVERSAL SERIAL BUS (USB)	66
C - SAÍDA DE VÍDEO	67
D - MEMÓRIA RAM	68
E - MEMÓRIA NAND	69
F - INTERFACE SERIAL	70
G - INTERFACE SD/MMC CARD	71
H - SAÍDA DE ÁUDIO	72
I - INTERFACE ETHERNET	73
J - MICROCONTROLADOR	74
K - LEDS E BOTÃO RESET	75
L - FONTES DE TENSÃO	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Situações de tráfego geradas	52
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Arquitetura de um sistema de televisão digital interativa (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004).....	7
Figura 2.2 - Arquitetura DVB (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004)	8
Figura 2.3 - Arquitetura ATSC (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004)	10
Figura 2.4 - Arquitetura ISDB (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004).....	11
Figura 2.5 - Camadas do sistema brasileiro de TV digital (BRACKMANN, 2008).....	13
Figura 3.1 - Fluxograma das atividades desenvolvidas	36
Figura 3.2 - Diagrama da arquitetura hipotética de rede	38
Figura 3.3 - Arquitetura para uma aplicação de vídeo sob demanda.....	39
Figura 3.4 - Ilustração de uma proposta para a aplicação do Mídia-IP em educação à distância	40
Figura 3.5 - Painel frontal	47
Figura 3.6 - Painel traseiro	47
Figura 3.7 - Placa de circuito impresso da plataforma Mídia-IP	48
Figura 3.8 - Vista frontal do protótipo do Mídia-IP	49
Figura 4.1 - Arquitetura de rede utilizada.....	51
Figura 4.2 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação D.....	53
Figura 4.3 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação G.....	53
Figura 4.4 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação H.....	54
Figura 4.5 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação I	54
Figura 4.6 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação J	55
Figura 4.7 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação L	55

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

ABEAS	Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior
ACATS	<i>Advisory Commitee on Advanced Television</i>
ARM	<i>Advanced Risc Machine</i>
ATSC	<i>Advanced Television System Commitee</i>
ATTC	<i>Advanced Television Test Center</i>
BST	<i>Band Segment Transmission</i>
BST-OFDM	<i>Band Segment Transmission - Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
CAI	<i>Computer Assisted Instruction</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COFDM	<i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
DiBEG	<i>Digital Broadcasting Experts Group</i>
DTV	<i>Digital Television</i>
DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i>
EaD	Educação à Distância
EDTV	<i>Enhanced Definition Television</i>
FCC	<i>Federal Communications Commissions</i>
FEBRABAN	Federação Brasileira de Bancos
FullHD	<i>Full High Definition</i>
HD	<i>High Definition</i>
HDMI	<i>High Definition Multimedia Interface</i>
HDTV	<i>High Definition TV</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>

I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPTV	TV sobre IP
ISDB	<i>Integrated Services Digital Broadcasting</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
MEB	Movimento de Educação de Base
MEC	Ministério da Educação
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>
NFS	<i>Network File System</i>
NTSC	<i>National Television Standards Committee</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
PAL	<i>Phase Alternating Line</i>
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica - Rio
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
RTP	<i>Real-time Transport Protocol</i>
RTSP	<i>Real-Time Streaming Protocol</i>
SBTVD	Sistema Brasileiro de TV digital
SDTV	<i>Standard Definition TV</i>
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SESC	Serviço Social do Comércio

TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TFTP	<i>Trivial File Transfer Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UnB	Universidade de Brasília
VGA	<i>Video Graphics Array</i>

1. INTRODUÇÃO

A transmissão de vídeos através da Internet tem sido possível graças ao surgimento de novas tecnologias que permitem velocidades de transmissão de dados cada vez maiores além da utilização de algoritmos de compressão que reduzem significativamente o tamanho dos arquivos de vídeo. Baseado nessa ideia vem surgindo conceitos de utilização da rede "roteada" para transmissão de diversos tipos de informação antes transmitidos analogicamente como telefonia, rádio e TV (Fonseca, 2008). A transmissão de vídeos em tempo real através da Internet, também conhecida como IPTV (TV sobre IP) e aplicações de Vídeo sob demanda ocupam atualmente uma área de destaque (Simpson, 2006).

A crescente demanda por equipamentos cada vez mais especializados e portáteis é também outra grande motivação. Diferentemente de um computador pessoal, que executa várias e diferentes tarefas instantaneamente, um sistema embarcado (Berger, 2001) é desenvolvido para ter bom desempenho em uma determinada tarefa utilizando a menor quantidade de recursos computacionais possível.

A restrição de recursos computacionais em sistemas embarcados (Berger, 2001) é o maior desafio para os desenvolvedores. Em sistemas que atendem aplicações de vídeo, como o caso deste projeto, esse desafio se torna ainda maior. Arquivos de vídeo necessitam ser compactados para facilitar o armazenamento e a transmissão em redes de computadores. Isso faz com que a execução desses arquivos necessite de alto processamento assim como recursos de memória (Ostermann, et al., 2004).

A utilização do sistema operacional Linux é um dos fatores que motivaram a realização desse trabalho. O desafio de se construir um sistema operacional Linux baseado na arquitetura ARM (do inglês, *Advanced Risc Machine*) e que possuísse tamanho suficientemente reduzido é de grande interesse em projetos embarcados. Tal sistema operacional tem características como eficiência, robustez e código aberto o que permite ao desenvolvedor realizar quantas modificações sejam necessárias ao desenvolvimento do projeto.

É cada vez maior a demanda por equipamentos eletrônicos especializados, ou sistemas embarcados, que sejam adequados a modelos de utilização bastante específicos. Exemplo disso é a demanda simultânea de *laptops*, *smartphones* e *tablets*. São equipamentos desenvolvidos para desempenharem funções semelhantes, porém em ocasiões distintas.

A transmissão do conhecimento sempre se apresentou como um desafio para a área educacional. Existem barreiras, como a distância, que o ensino convencional não pode romper. No mundo moderno, o conhecimento deixou de ser algo exclusivo a um grupo de pessoas ou bibliotecas e a disseminação da informação transformou-se em uma necessidade social. A falta de conhecimento é responsável por grandes problemas sociais como a disseminação de doenças, alimentação de má qualidade, falta de planejamento familiar, entre outros. Nesse sentido, surge a necessidade de integração da tecnologia às políticas sociais. O desenvolvimento de equipamentos e tecnologias de transmissão digitais é fundamental para o sucesso de políticas de inclusão sócio digital, especialmente em regiões remotas e de difícil acesso onde existe população carente e excluída do desenvolvimento econômico do país. É nesse contexto que se justifica o desenvolvimento desse trabalho.

1.1. OBJETIVO E ESTRUTURA DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho é desenvolver uma plataforma multiaplicativa de baixo custo para aplicações de inclusão digital. Foi feito o desenvolvimento completo do produto desde a concepção inicial, escolha da solução tecnológica, desenvolvimento do hardware e software até a realização dos testes integrados e validação do produto. É feito preliminarmente um levantamento das condições de contorno que serão utilizadas como requisitos mínimos necessários para justificar o desenvolvimento do trabalho. Serão apresentados também modelos de utilização para a plataforma concebida de modo a justificar o desenvolvimento do trabalho. Em tais modelos será possível observar a grande flexibilidade de utilização da plataforma em aplicações de vídeo, especialmente para modelos voltados para a inclusão sócio digital.

No capítulo 2 é feita uma revisão teórica dos temas envolvidos no desenvolvimento do trabalho. Inicialmente é feita uma explanação sobre os conceitos da TV digital interativa. É

falado sobre a evolução da tecnologia de TV digital no Brasil e no mundo e também são mostrados os principais padrões de TV digital utilizados no mundo. É feita também uma abordagem sobre as características do protocolo de interatividade utilizado no padrão brasileiro de TV digital, o protocolo Ginga. No final, são mostradas as vantagens da utilização da tecnologia digital para a transmissão do sinal de TV.

Em seguida, no capítulo 3, são mostrados os detalhes do desenvolvimento da plataforma concebida. Inicialmente é feita uma introdução mostrando os conceitos e características do projeto. São listadas nesse ponto, as condições de contorno utilizadas como premissas do desenvolvimento. São mostrados os modelos de utilização previstos para a plataforma e na sequência as soluções tecnológicas escolhidas para o desenvolvimento do equipamento.

No capítulo 4, são mostrados os resultados experimentais levantados nos testes realizados. São feitas simulações dos modelos de utilização com o objetivo de mostrar o desempenho da plataforma assim como suas limitações durante a utilização. As conclusões, no capítulo 5, fazem uma revisão objetiva de toda a dissertação, levantando os objetivos alcançados e também pontos de melhorias que podem ser utilizados para a realização de trabalhos futuros.

2. TECNOLOGIAS ASSOCIADAS À INCLUSÃO DIGITAL

2.1. TV DIGITAL INTERATIVA

Os primeiros estudos realizados com o propósito de desenvolvimento de um padrão para transmissão digital do sinal de TV foram realizados nos Estados Unidos, no ano de 1987. Nesse ano foi criado o ACATS (do inglês, *Advisory Commitee on Advanced Television*). Esse comitê decidiu, inicialmente, desenvolver um sistema totalmente digital que foi denominado de DTV (do inglês, *Digital Television*). Foi então criado um laboratório, o ATTC (do inglês, *Advanced Television Test Center*), que no início dos anos 1990, realizou alguns testes para o estabelecimento do padrão. Entretanto, nenhum teste conseguiu atender a todos os requisitos necessários (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004).

Em 1993, sete empresas e instituições que participaram dos testes (AT&T, GI, MIT, Philips, Sarnoff, Thomson e Zenith) se uniram formando a Grande Aliança, com o objetivo de estabelecer um novo padrão juntas. Uma das decisões tomadas foi a utilização do padrão MPEG-2 para compressão do vídeo. No final de 1993, os europeus também começaram o desenvolvimento de um padrão para TV digital e também adotaram o padrão MPEG-2. Foi criado então o consórcio DVB (do inglês, *Digital Vídeo Broadcasting*). A versão DVB para transmissão terrestre – DVB-T – entrou em operação inicialmente na Inglaterra, no ano de 1998.

Em 1995, o ATSC (do inglês, *Advanced Television System Commitee*) recomenda à FCC (do inglês, *Federal Communications Commissions*) adotar o sistema da Grande Aliança como o padrão para a DTV dos Estados Unidos. O ATSC, como ficou conhecido o padrão norte-americano, entrou em operação também em 1998. Somente em 1997 os japoneses começaram o desenvolvimento de um padrão próprio totalmente digital (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004). O sistema japonês, também conhecido como ISDB (do inglês, *Integrated Services Digital Broadcasting*) assemelha-se ao europeu e entrou em operação com transmissão via satélite no ano 2000.

O padrão de TV digital adotado no Brasil é o ISDB-TB, uma adaptação do ISDB-T, padrão japonês acrescido de algumas tecnologias que foram desenvolvidas por universidades brasileiras. O padrão japonês foi escolhido por atender melhor as necessidades de energia dos receptores, mobilidade e portabilidade sem custo para o consumidor, diferentemente do padrão europeu, onde esta operação é tarifada. A principal diferença entre o padrão brasileiro adotado e o padrão japonês foi a alteração do padrão de compressão de vídeo. O padrão japonês adota o MPEG-2 enquanto o padrão adaptado brasileiro adota o MPEG-4. O sistema brasileiro de TV digital foi inaugurado no ano de 2007 inicialmente na cidade de São Paulo. Mais adiante, serão mostrados maiores detalhes e características dos principais padrões de TV digital adotados pelos países.

2.1.1. Conceito e Evolução

Durante muito tempo, a televisão foi vista como um meio de comunicação unidirecional, ou seja, o conteúdo era gerado e transmitido para o usuário sem nenhuma interferência deste na escolha de tal conteúdo. O usuário tinha apenas a opção de mudar os canais de acordo com a sua preferência. Nenhuma informação era enviada do usuário para o sistema de geração de conteúdo. Com a crescente tendência mundial de convergência digital (Figueiredo, Lourenço, 2007), ficou cada vez mais clara a necessidade de interação do usuário com os canais de comunicação. O surgimento das tecnologias de transmissão digital para TVs abriu campo para discussão de arquiteturas que permitissem a interação do usuário com a TV, que passaria a interferir ativamente no conteúdo exibido.

Nesse âmbito, surgiu o termo TV digital interativa, contemplando um sistema com transmissão digital com um canal de retorno que permitisse o envio de informações vindas do usuário (Costa, 2008; Flores, 2008).

Para o entendimento completo da TV digital interativa é necessário o conhecimento de diversas áreas de conhecimento, muitas vezes não técnicas. É essencial considerar a finalidade e entender todas as transformações que tal tecnologia irá causar. Dessa forma, áreas como psicologia, jornalismo e sociologia são importantes quando se estuda o que vem a ser a TV digital interativa. Questões de usabilidade (Scapin, 1993 apud Memória, 2005) irão influenciar todo o desenvolvimento das tecnologias. Tal usabilidade torna a interatividade (Reisman, 2002) da TV digital um assunto extenso.

A tecnologia normalmente surge para ajudar e melhorar o cotidiano das pessoas. É comum o surgimento de novas tecnologias que vão, naturalmente, substituindo as antigas. As tecnologias são substituídas devido ao surgimento de outras melhores. Isso é verdade do ponto de vista tecnológico. Do ponto de vista da usabilidade (Scapin, 1993 apud Memória, 2005), a evolução das tecnologias faz surgir problemas que não existiam. É comum também a não consolidação de determinada tecnologia, mesmo superior tecnologicamente, devido a problemas relacionados à usabilidade.

A evolução das tecnologias de comunicação cria uma dificuldade cada vez maior de inclusão quando se leva em consideração os conhecimentos mínimos necessários para a utilização ou até mesmo a dificuldade de acesso. Pessoas que não conseguem usar tais tecnologias ou ter acesso a elas, se distanciam cada vez mais da sociedade moderna da informação e isso conseqüentemente aumenta o grau de exclusão digital. Tal fenômeno é ainda maior no Brasil devido ao alto custo associado à aquisição de equipamentos eletrônicos.

2.1.2. Padrões mundiais para TV digital

Um sistema de TV digital deve integrar um conjunto de tecnologias de software e hardware que permitam o desenvolvimento de todas as funcionalidades desejadas (Sparano, 2000 apud Fernandes, Lemos, Silveira, 2004). Podemos organizar essas tecnologias em camadas, de forma a mostrar como eles se relacionam. A figura 2.1 abaixo mostra claramente a arquitetura.

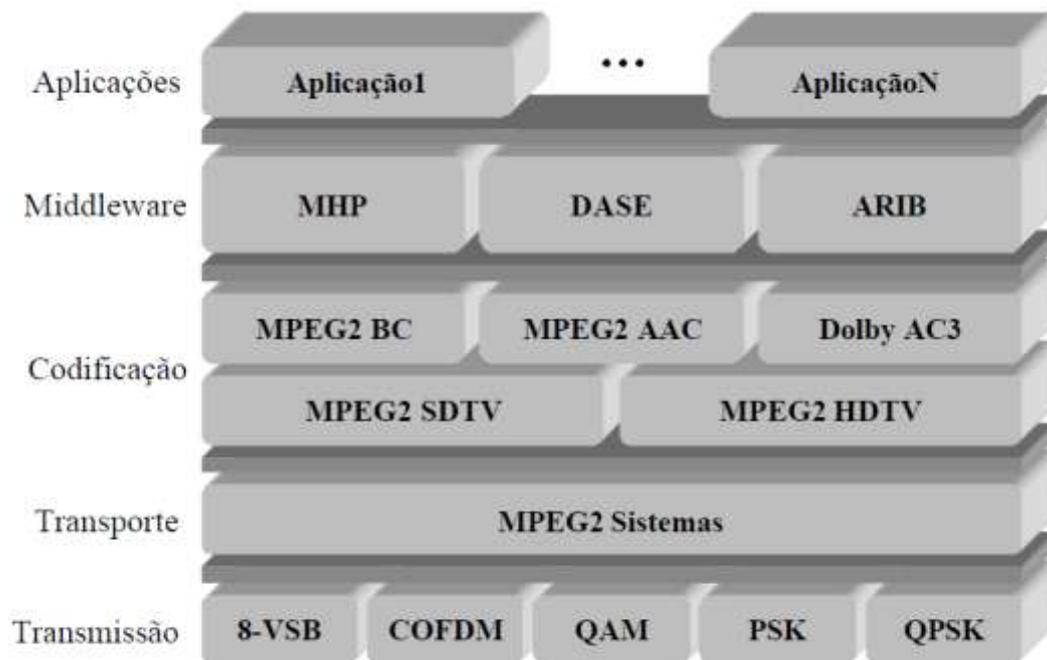


Figura 2.1 - Arquitetura de um sistema de televisão digital interativa (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004)

Os sistemas de TV digital existentes em todo mundo tem o dever de padronizar todas as tecnologias que serão utilizadas pelas camadas de comunicação. Tais tecnologias devem ser escolhidas de modo a atender os requisitos das funcionalidades desejadas. Um exemplo disso, foi a escolha do padrão MPEG-4 pelo sistema brasileiro, que permite a multiprogramação, onde é possível transmitir, no lugar de um único programa em alta definição, oito programas diferentes simultaneamente em definição padrão (720x480).

Existem três padrões mundiais de televisão digital interativa reconhecidos: DVB, ATSC e o ISDB. Os outros padrões, como por exemplo o padrão brasileiro, surgiram de modificações e melhorias desses padrões. Tais sistemas adotam diferentes tecnologias para modulação; transporte de fluxos elementares de áudio, vídeo, dados e aplicações; codificação e qualidade de áudio e vídeo e serviços de middleware. Os tópicos seguintes mostram detalhes de cada um desses sistemas adotados.

2.1.2.1. Padrão DVB

O projeto DVB foi iniciado por um grupo de fabricantes de equipamentos, operadoras de redes, desenvolvedores de software e órgãos de regulamentação de, pelo menos, 35 países.

O objetivo desse projeto era especificar um grupo de padrões para um sistema de transmissão de TV digital. O projeto DVB foi responsável pela criação do padrão europeu de televisão digital, adotado em vários países como Reino Unido, Austrália, Nova Zelândia, Malásia, Hong Kong, Singapura, etc. (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004).

A figura 2.2 abaixo mostra as camadas do padrão DVB e as especificações definidas em cada uma delas:

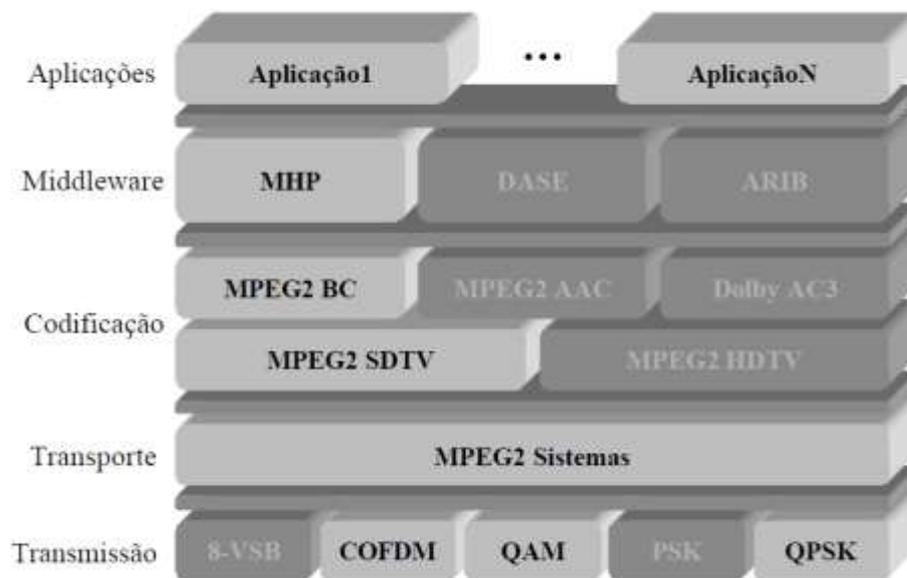


Figura 2.2 - Arquitetura DVB (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004)

O padrão DVB (DVB, 2004) permite diversas configurações para a camada de transmissão. Cada uma possui característica própria quanto à relação: capacidade/robustez. Os principais padrões de transmissão adotados pelo DVB são: DVB-T (Transmissão terrestre por radiodifusão), DVB-C (Transmissão via cabo), DVB-S (Transmissão via satélite), DVB-MC (Transmissão via microondas com frequências de até 10 GHz) e DVB-MS (transmissão via microondas operando em frequências acima de 10 GHz).

Os padrões listados acima adotam diferentes esquemas de modulação. O DVB-T (ETSI, 2001) pode operar em canais de 6, 7 ou 8 MHz e utiliza a modulação COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), com taxas de transmissão que pode variar de 5 a 31,7 Mbps. Para a transmissão via cabo, utiliza-se a modulação 64-QAM.

Utiliza-se a modulação QPSK para o modelo DVB-S (ETSI, 1997a) (Transmissão via satélite). Para a radiodifusão terrestre em frequências de microondas, são utilizados dois tipos de modulação. Para o modelo DVB-MC (ETSI, 1997c) é comum a utilização da modulação 16, 32 ou 64-QAM. Para o padrão DVB-MS (ETSI, 1997b) recomenda-se a modulação QPSK.

Na camada de transporte e codificação, o padrão europeu DVB utiliza o formato MPEG-2 (ISO, 1996b). O sinal de áudio é codificado utilizando o padrão MPEG2-BC e o vídeo é codificado de acordo com o MPEG2 Vídeo com qualidade SDTV. Na camada de transporte, os fluxos de áudio, vídeo e dados são multiplexados no momento da produção do conteúdo e demultiplexados nos set-top boxes dos usuários usando as recomendações do MPEG2 Sistemas (ISO, 1996a).

2.1.2.2. Padrão ATSC

O ATSC, que teve seu início no ano de 1982, é composto por cerca de 170 membros, incluindo fabricantes de equipamentos, desenvolvedores de software e hardware e órgãos de regulamentação. O objetivo desse comitê era estabelecer um padrão para a TV digital. Tal objetivo foi alcançado e o comitê foi responsável pela especificação do padrão americano de televisão digital. O padrão ATSC está sendo utilizado nos Estados Unidos desde 1998 e também é utilizado no Canadá, Coreia do Sul, Taiwan.

O padrão ATSC é formado por um conjunto de documentos que definem os diversos padrões adotados, incluindo aqueles relacionados à transmissão, transporte, codificação e middleware.

A figura 2.3 abaixo mostra as camadas do modelo ATSC e os padrões adotados em cada uma delas:

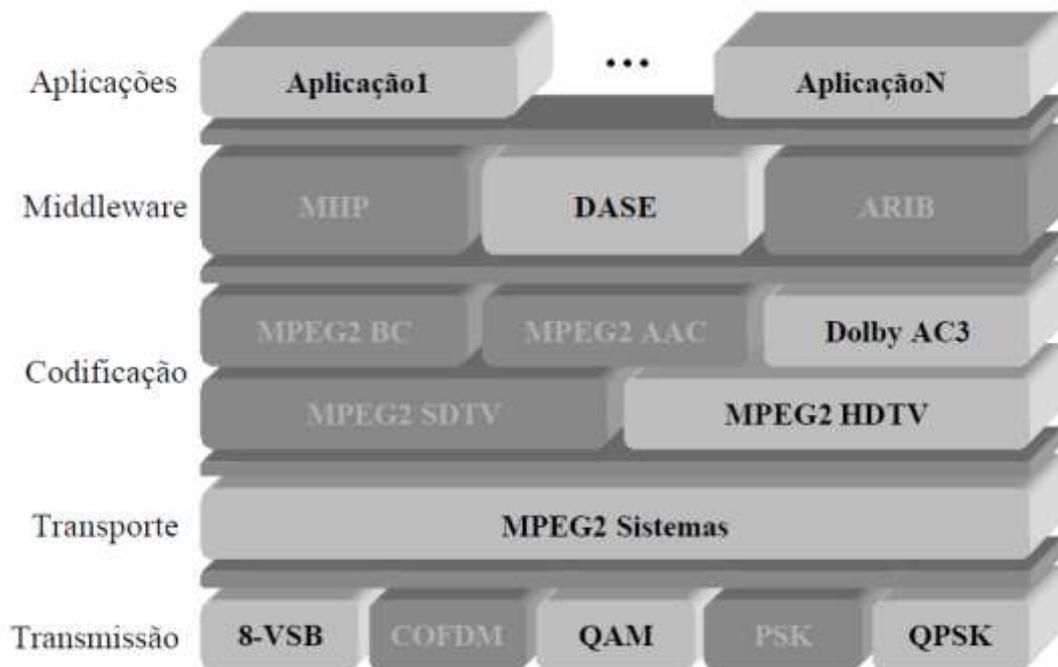


Figura 2.3 - Arquitetura ATSC (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004)

O padrão ATSC permite diversas configurações para a camada de transmissão, sendo que o esquema de modulação para as transmissões terrestre, via cabo e via satélite apresentam diferenças. Na transmissão terrestre, o padrão ATSC pode operar com canais de 6, 7 ou 8 MHz e utiliza a modulação 8-VSB com taxa de transmissão de 19,8 MHz. Devido a esse esquema de modulação, o sistema ATSC apresenta problemas na recepção por antenas internas e não permite a recepção móvel. Para transmissões via cabo ou satélite, a modulação utilizada é a 64-QAM e a QPSK, respectivamente.

O padrão americano foi planejado para a transmissão do sinal em alta definição (HDTV), apesar de permitir diferentes formas de transmissão e formatos de vídeo. O canal de áudio é codificado utilizando o formato Dolby AC3 (ATSC, 2001) e o sinal de vídeo utilizando o padrão MPEG-2 Vídeo (ISO, 1996b) com qualidade HDTV. O padrão americano, assim como o DVB, multiplexa os fluxos elementares de áudio, vídeo e dados utilizando a recomendação do MPEG-2 Sistemas (ISO, 1996a).

2.1.2.3. Padrão ISDB

O padrão ISDB foi especificado pelo grupo DiBEG (do inglês, *Digital Broadcasting Experts Group*) (DiBEG, 2008) no ano de 1999. Tal grupo tinha o objetivo de promover e

especificar o sistema de difusão terrestre de televisão digital japonês. O padrão ISDB é também conhecido como o padrão japonês de televisão digital e foi utilizado como piloto para o desenvolvimento do padrão brasileiro de televisão digital.

Um conjunto de documentos é responsável pelas definições dos diversos padrões adotados no sistema ISDB incluindo padrões relacionados à transmissão, transporte, codificação e middleware.

A figura 2.4 abaixo mostra as camadas do sistema ISDB assim como os padrões adotados em cada uma delas:

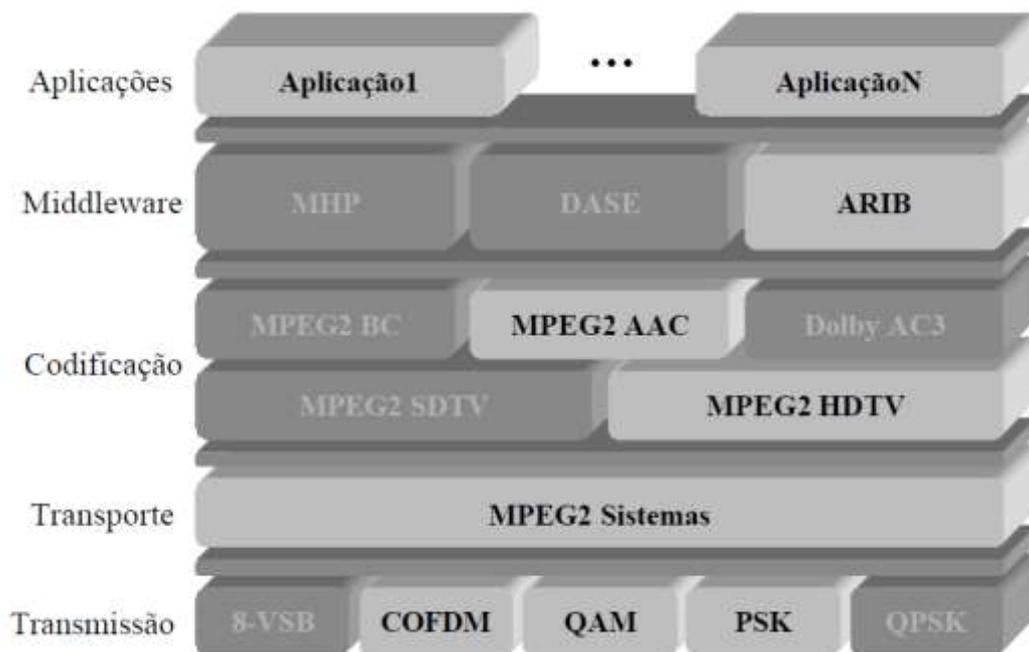


Figura 2.4 - Arquitetura ISDB (Fernandes, Lemos, Silveira, 2004)

Na radiodifusão terrestre, a especificação ISDB-T (ISBD, 1998) pode operar com canais de 6, 7 ou 8 MHz e utiliza a modulação COFDM, assim como o DVB, e pode alcançar taxa de transmissão que varia de 3 a 23 Mbps. Para as transmissões via cabo e via satélite, o padrão ISDB utiliza as modulações 64-QAM e 8-PSK, respectivamente.

O ISDB tem capacidade de suportar diversos níveis de transmissão e pode ser utilizado para transmitir, simultaneamente, sinal de baixa definição para aparelhos móveis, sinal de

resolução média e também sinal de alta definição para boas condições de transmissão. O sistema ISDB possui maior imunidade à interferência do que o sistema DVB-T embora tenha sido baseado neste, o que permite maior eficiência de recepção em dispositivos móveis.

Na camada de codificação, o sinal de áudio é codificado de acordo com o padrão MPEG2 (ISO, 1997) AAC e o sinal de vídeo, de acordo com o MPEG2 Vídeo (ISO, 1996a) com qualidade HDTV.

2.1.2.4. Padrão SBTVD

O projeto para desenvolvimento de um padrão brasileiro de TV digital no Brasil começou com alguns anos de atraso em relação a países como os Estados Unidos, Japão e Reino Unido. A ideia inicial seria a adoção de algum sistema de TV digital já em operação em outros países. Dessa forma, o Brasil possuía três opções principais para escolha: o padrão americano, europeu ou japonês.

Muito foi estudado e discutido acerca desses padrões. Foram levantados todos os benefícios e malefícios relacionados aos padrões. O padrão japonês foi apontado como o sistema mais adequado e mais moderno dentre todos. Entretanto, o Brasil possuía características e requisitos próprios que não eram atendidos por nenhum sistema. Devido a tais características e requisitos foi decidido pela criação de um sistema brasileiro de TV digital próprio.

O sistema brasileiro de TV digital foi desenvolvido tendo como base o sistema japonês de TV digital ISDB. O objetivo era ter como ponto de partida o sistema já utilizado no Japão e desenvolver melhorias que tornasse o sistema brasileiro atualizado e moderno, corrigindo também alguns problemas já identificados no sistema ISDB (Brackmann, 2008).

A figura 2.5 abaixo mostra as camadas do SBTVD e também os padrões adotados em todas as camadas de comunicação.

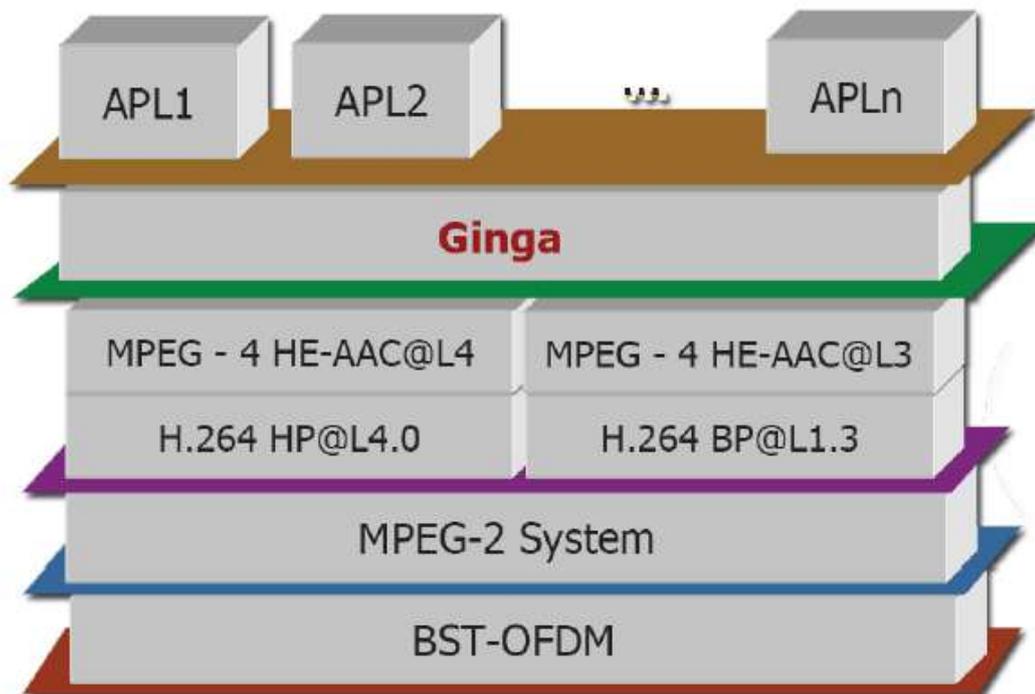


Figura 2.5 - Camadas do sistema brasileiro de TV digital (BRACKMANN, 2008)

Na camada de comunicação, o padrão adotado pelo sistema brasileiro é o BST-OFDM (do inglês, *Band Segment Transmission – Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). A modulação OFDM divide o canal em diversas sub-portadoras e transmite essas portadoras paralelas umas com as outras, sendo que cada portadora transporta parte da informação. Isto permite que, mesmo com interferências, apenas parte da informação seja perdida durante a transmissão, tornando a modulação OFDM mais imune a interferências do ambiente. O BST é responsável pela segmentação da banda, tornando possível o particionamento do espectro de 6 MHz em três partes: vídeo, áudio e dados (Brackmann, 2008).

Na camada de transporte, o sistema SBTVD multiplexa os fluxos elementares de áudio e vídeo utilizando as recomendações do padrão MPEG-2 Sistemas. O sinal de vídeo é codificado utilizando a padronização H.264 e o sinal de áudio, o padrão MPEG-4 HE-AAC. A utilização da codificação H.264 pelo SBTVD é um dos grandes diferenciais entre o padrão brasileiro e japonês (Brackmann, 2008).

Na camada de Middleware, o padrão brasileiro utiliza o protocolo Ginga. A próxima sessão, que traz informações sobre a camada de Middleware, voltará a tratar, de modo mais detalhado, o protocolo Ginga.

2.1.3. Middleware

Como já foi dito, os sistemas para transmissão de TV digital especificam um conjunto de padrões tecnológicos nas camadas de comunicação que, em conjunto, definem todas as capacidades e características de tais sistemas. O tipo de modulação utilizada na camada de transmissão, por exemplo, define se um sistema terá, em maior ou menor grau, imunidade a ruído. O middleware é a camada responsável pela implementação da interatividade da TV digital. Nessa camada são definidos todos os protocolos de comunicação que permitirão o desenvolvimento de conteúdo interativo. A correta definição das tecnologias usadas nessa camada é de fundamental importância para que se alcancem as características de interatividade desejadas.

Os padrões mundiais de TV digital utilizam diferentes arquiteturas de middleware. Cada arquitetura leva em consideração diferentes requisitos e possuem características próprias. O sistema europeu DVB utiliza o padrão MHP, o sistema americano ATSC utiliza o DASE e o sistema japonês, o ARIB. O sistema brasileiro, apesar de ser baseado no sistema japonês, utiliza uma arquitetura própria na camada de middleware. A arquitetura utilizada no SBTVD é o GINGA, e foi desenvolvido para atender as demandas de interatividade brasileiras. Não convém neste momento, descrever as características de todas as arquiteturas de middleware utilizadas. A seguir, iremos destacar apenas as características do Ginga, utilizado no sistema brasileiro.

2.1.3.1. Middleware Ginga

O nome Ginga (Barbosa, Soares, 2008) foi escolhido por representar uma qualidade que define diversas características presentes na maioria dos brasileiros em todos os atos, seja na forma como falam, dançam, caminham e se relacionam um com os outros. É também considerado um movimento fundamental na capoeira, luta de origem brasileira. O nome foi uma homenagem e um reconhecimento à cultura e a arte do país. De acordo com os próprios autores do protocolo Ginga, o nome faz menção aos anos de trabalho árduo da

PUC-Rio e da UFPB (Ginga, 2012), quando romperam barreiras e conseguiu-se torná-lo a única inovação brasileira a compor o sistema brasileiro de televisão digital.

A concepção do Ginga levou em consideração a necessidade do país em promover a inclusão sócio digital das comunidades, além da obrigação de compartilhar a informação de forma livre, permitindo ao cidadão todos os meios para que ele obtenha acesso à informação, educação à distância e serviços sociais usando apenas sua TV, o meio de comunicação onipresente no país.

O Ginga leva em consideração que a TV é um meio de comunicação que está presente em praticamente todos os lares brasileiros, sendo estratégico para a atividade de inclusão sócio digital (Barbosa, Soares, 2008). O Ginga dá suporte para o que é chamado de “aplicações de inclusão”, tais como *T-Government*, *T-Banking*, *T-Health* e *T-Learning*. As aplicações citadas permitem o acesso a dados do governo, serviços bancários e materiais informativos a todas as classes sociais, atingindo assim o objetivo da inclusão.

O protocolo adota a licença GPLv2, possui especificação aberta, de fácil aprendizagem e livre de *royalties*, permitindo que todos os brasileiros produzam conteúdo interativo. Por ser desenvolvido em uma camada intermediária, o Ginga permite o desenvolvimento de aplicações interativas independente da plataforma de hardware utilizada (*Set-Top Box*).

O GINGA foi resultado da soma de dois middlewares, o FlexTV (atualmente conhecido como Ginga-J) e o Maestro (atualmente conhecido como Ginga-NCL). Foi resultado de anos de pesquisas lideradas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e pela Universidade Federal da Paraíba e reúne um conjunto de tecnologias que o tornam a especificação de middleware mais avançada e, ao mesmo tempo, mais adequada à realidade do país.

O middleware Ginga pode ser dividido em quatro macro-sistemas principais: Ginga-NCL, Ginga-J, Ginga-CC e Sistema Operacional. O Ginga-NCL (Ginga-NCL, 2012) é uma linguagem declarativa. Foi desenvolvido pela PUC-Rio para prover uma infraestrutura de apresentação de aplicações baseadas em documentos hipermídia escritos em linguagem NCL (do inglês, *Nested Conext Language*), com facilidades para a especificação de aspectos de interatividade, sincronismo espaço-temporal de objetos de mídia,

adaptabilidade e suporte a múltiplos dispositivos. Uma das características da linguagem declarativa é que ela descreve o que e não como seus procedimentos funcionam, ou seja, descrevem propriedades da solução desejada, não especificando como o algoritmo em si deve agir.

O Ginga-J, desenvolvido pela UFPB e pela SUN, provê uma infraestrutura de execução de aplicações baseada em linguagem Java, com facilidades especificamente voltadas para o ambiente de TV Digital.

O Ginga-CC fornece suporte básico para os ambientes declarativos, Ginga-NCL, e procedural, Ginga-J, ficando entre os ambientes e o sistema operacional de modo que sua principal função é tratar a exibição de objetos de mídia, como: JPEG, MPEG4, MP3, entre outros formatos. É responsável também por controlar o acesso ao “canal de retorno”, que é o módulo responsável por controlar o acesso a camada de rede.

Com tais características, o protocolo Ginga é responsável por suportar o conteúdo interativo da TV digital brasileira. É considerado um protocolo robusto, capaz de atender as exigentes aplicações interativas que devem surgir (Barbosa, Soares, 2008).

2.1.4. Vantagens da TV digital interativa

A televisão – assim como qualquer outra mídia ou veículo de comunicação – também está envolvida num constante processo evolutivo e de adaptação às novas tecnologias e necessidades sociais. A digitalização dos processos de geração de conteúdo permitiu uma evolução significativa na qualidade da programação da TV. O processo de digitalização da transmissão do conteúdo também não é diferente. Permitiu o aumento significativo da resolução e torna possível a convergência digital dos televisores.

A vantagem mais perceptível da TV digital é a redução substancial das perdas durante a transmissão, conservando assim a qualidade do sinal transmitido. O número de linhas horizontais transmitidas no modo SDTV é superior a 400. Entretanto, em sistemas analógicos, em função das perdas, a definição nos aparelhos receptores fica em torno de 330 linhas. Isso provoca uma perda muito grande na qualidade da imagem, causando efeitos indesejáveis como “chuviscos” e “fantasmas”. Na transmissão digital, o sinal é

representado por uma sequência de bits e não mais por uma onda eletromagnética análoga ao sinal televisivo.

Os três padrões de resolução de imagens mais conhecidos são: SDTV (do inglês, *standard Definition Television*), EDTV (do inglês, *Enhanced Definition Television*) e o HDTV (do inglês, *High Definition Television*). O padrão SDTV é um padrão de áudio e vídeo digitais que possui resolução parecida com a TV analógica. Possui relação de aspecto 4:3. Os aparelhos receptores possuem 480 linhas com 704 pontos cada uma. O HDTV, cuja relação é de 16:9, possui resolução de 1080 linhas com 1920 pontos cada uma. O EDTV é um padrão de TV de média definição situado entre os padrões SDTV e HDTV. Possibilita a utilização de aparelhos com 720 linhas com 1280 pontos cada uma.

Tradicionalmente, os telespectadores são inertes e não interagem com o conteúdo exigido, diferentemente dos usuários de internet. A interatividade da TV digital torna possível um aumento das possibilidades para exibição de conteúdo, fazendo com que o telespectador participe ativamente na escolha do conteúdo. Dessa forma, a TV passaria a ter uma importância ainda maior no fornecimento de conhecimentos para a população.

A existência de um canal de retorno que permite a interatividade possibilita a implementação de vários serviços utilizando a rede televisiva já instalada. Serviços como aulas e cursos à distância, acesso à Internet, venda de produtos, acesso à conta bancária, assistência médica remota, etc.

Esses serviços adicionais são possíveis através do *datacasting*, ou transmissão de dados multiplexados com o sinal audiovisual. O *datacasting* permite o envio de dados, geralmente em forma de texto, dando possibilidade de interação com o telespectador.

É de grande interesse para o governo a utilização da TV digital interativa em programas de inclusão digital, tendo em vista que grande parte da população possui a TV como a única forma eletrônica de aquisição de conhecimento. Grande parte da população ainda está excluída do mundo digital e a TV digital interativa deve ser uma tecnologia utilizada para reduzir esse quadro. A interatividade da TV digital irá incluir os telespectadores no mundo digital, transformando-os em usuários ativos de todos os benefícios e informações disponíveis na Internet.

2.2. EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA PRESENCIAL

A Educação a distância (EaD) tem se tornado uma discussão fundamental para os profissionais da educação, em meio a uma sociedade cada vez mais interconectada por redes de tecnologia digital. Vários cursos têm sido criados no mundo todo utilizando a Internet ou redes similares como suporte da comunicação pedagógica. Desde cursos básicos de culinária, eletrônica básica até cursos de graduação e pós-graduação nas diversas áreas de conhecimento. É impossível não notar o crescimento que tal modalidade de ensino e sua aceitação com o público em geral. Vemos também o desenvolvimento acelerado de softwares e plataformas de rede criadas ou adaptadas para auxiliar esse mercado de ensino em expansão. Cada vez mais, as políticas públicas educacionais, em praticamente todos os países ocidentais, estão definindo posicionamentos mais claros e detalhados sobre o assunto, muitas vezes incentivando o surgimento de programas de Educação à Distância (EaD) que possam ser utilizados por estudantes de todo o país (Nova, Lynn, 2003).

Entretanto, a discussão a respeito da Educação à Distância ainda vem sendo realizada utilizando pressupostos e conceitos arcaicos e/ou moralistas (Nova, Alves, 2003), tanto no que diz a respeito às possibilidades tecnológicas, quanto às questões de âmbito pedagógico. Isso faz com que se crie um preconceito relacionado à Educação à Distância, que distorce parte da reflexão que precisa ser efetivada e empobrecendo uma parcela significativa dos projetos de EaD em execução. A utilização do processo de Educação à Distância é uma realidade em todo o país, e os educadores, entusiastas ou não, têm que tomar conhecimento das suas vantagens.

Dessa forma, discutir Educação à distância exige, de todos os profissionais da área de ensino, uma reflexão de forma mais ampla, que possibilite repensar os próprios conceitos de educação e tecnologia tradicionais, de forma integrada, no sentido de se criar propostas pedagógicas de ensino que incorporem as potencialidades que as novas tecnologias, em especial as de suporte digital, trazem para o processo coletivo de construção do conhecimento (Nova, Lynn, 2003).

2.2.1. Conceito

No sentido literal, o conceito de EaD remeteria a qualquer modalidade de transmissão e construção do conhecimento sem a presença simultânea dos agentes envolvidos. Por esse ponto de vista, a difusão da escrita teria sido uma das principais tecnologias aplicáveis à EaD. Com a institucionalização dos sistemas formais de ensino, que exigiam das partes envolvidas a presença obrigatória, com carga horária mínima, para obter um certificado de comprovação de aprendizagem, e que tinham na escrita uma de suas principais tecnologias de comunicação do conhecimento, o conceito se tornou um pouco mais complexo. A EaD se referiria agora apenas às modalidades de ensino cuja aprendizagem não mais estivesse vinculada à presença física simultânea dos agentes envolvidos nos ambientes chamados de escolas, atendendo à necessidades de uma parcela da população, que por motivos diversos, não tinha condições de se deslocar frequentemente a tais estabelecimentos de ensino. Nesse sentido, foram criados os sistemas de ensino à distância, utilizando veículos de comunicação diversos, como por exemplo, os correios, rádio e também a televisão (Nova, Lynn, 2003).

Entretanto, tais sistemas de ensino possuíam algumas limitações e a principal delas era a falta quase completa de interatividade, devido à dificuldade dos alunos de trocarem experiências e dúvidas com professores e colegas, o que desestimulava e empobrecia todo o processo educacional. Dessa forma, a ênfase da aprendizagem era o autodidatismo.

Com a evolução das tecnologias de comunicação em rede, esse cenário começa a se modificar, visto que as possibilidades de acesso a informações e conhecimentos sistematizados, assim como as interações entre diferentes agentes educacionais ampliaram-se significativamente. Além do fato de que a chamada revolução digital tem transformado boa parte dos sistemas de organização social, incluindo as formas de ser, estar, sentir e se comunicar do homem urbano no mundo contemporâneo, o que traz profundas consequências para o domínio do conhecimento. Esse processo torna necessário que seja ampliado o conceito de EaD. Trata-se de repensar a educação de modo geral, a partir da mediação das tecnologias de comunicação em rede, já presentes na sociedade atual.

Dessa forma, compreendemos a Educação à Distância como uma das modalidades de ensino-aprendizagem, possibilitada pela mediação dos suportes tecnológicos digitais e de

rede, seja esta inserida em sistemas de ensino presenciais, mistos ou completamente realizada através da distância física. Obviamente, isso amplia a complexidade e das variáveis envolvidas na discussão e, por sua vez, obriga-nos a fragmentar as reflexões em questões mais específicas.

2.2.2. Uma reflexão sobre as políticas brasileiras de EaD

Em 1996, foi aprovada a Lei 9.394 como resultado das definições do Ministério da Educação. Essa Lei, que ficou conhecida como Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, regulamentava entre outros pontos, a Educação a Distância nas instituições de ensino brasileiras. O respaldo legal a estes cursos à distância se concretiza através do Artigo 80 da citada lei que teve adicionado o Decreto 2.494/98 e as Portarias MEC N° 301/98 e N° 2.253/2001, que incentivam o desenvolvimento e a veiculação de programas de EaD, em todos os níveis e modalidades de ensino e de educação continuada. E ainda, o parágrafo III, do Artigo 87, item 3, que autoriza a realização de programas de capacitação para todos os professores em exercício, utilizando também, para isso, os recursos da Educação à distância. Um pouco depois, o Ministério da Educação aprovou também a Portaria n° 2.253, de 18/10/2001, com base no art.80 da Lei n° 9.394 de 1996, onde autoriza as instituições de ensino superior a introduzirem na organização pedagógica e curricular de seus cursos superiores reconhecidos, a oferta de disciplinas que, em seu todo ou em parte, utilizem métodos não presenciais. Entretanto, estas disciplinas não poderiam exceder a vinte por cento do tempo previsto para integralização do respectivo currículo.

A criação de tais Leis e Portarias favoreceu a criação de inúmeros cursos à distância em todo território brasileiro. Entretanto, analisando o panorama desses cursos que tem sido criados e baseando-se em na observação direta dessas propostas, assim como na leitura de textos que tratam tal tema, podemos afirmar que a maior parcela desses cursos concebe a Educação à distância com perspectivas muito limitadas e tradicionais, seja do ponto de vista da teoria do conhecimento, seja da pedagógica, seja em relação às possibilidades tecnológicas dos suportes digitais. É necessária uma análise ampla dos métodos pedagógicos que estão sendo utilizados na educação à distância com o suporte das tecnologias digitais de rede. A inclusão de tais tecnologias nos meios de ensino propicia a criação de métodos de ensino completamente renovadores tendo como condição principal a reavaliação e reformulação dos métodos pedagógicos de ensino existentes (Cerny, Ern,

2001). A utilização das tecnologias de rede como simples propagadoras dos métodos de ensino atuais faz com que todo potencial inovador da Educação à distância seja perdido. A evolução das tecnologias de rede e de plataformas de software oferece oportunidades revolucionárias no conceito de interatividade no ensino que devem ser aproveitadas. O aluno não deve ser apenas um agente passivo que recebe o conteúdo arcaico e tradicional e o vê como verdade absoluta. A troca de conhecimento se faz essencial nesse meio e a Educação à Distância se põe como agente facilitador nesse quesito para finalmente se criar ambientes virtuais de ensino que transponham salas, prédios, cidades e até mesmo continentes (Cerny, Ern, 2001).

2.2.3. Histórico da Educação à distância no Brasil

Durante todo o desenrolar da história foram criados diversos métodos e formas de ensino, sempre com o objetivo de se atingir a forma ideal para uma educação eficiente. A Educação à Distância também surge como um novo método e tem sido um desafio desde o seu surgimento. Inicialmente, o objetivo da utilização do ensino à distância era solucionar o problema relacionado à própria distância. Era muito importante quebrar essa barreira para aquela parcela da população que por algum momento não tinha acesso a uma educação digna.

O Brasil é um dos poucos países da América latina que ainda não tinham implantado um sistema público de educação superior aberta e distância nos anos 2000, muito embora, na década de 1930, já existiam iniciativas pontuais com essa finalidade.

Em 1934, Edgard Roquete-pinto instalou a Radio-Escola Municipal no Rio de Janeiro. Os alunos tinham acesso prévio a folhetos e esquemas de aula. Nessa proposta, além de emissões radiofônicas, feitas pela Rádio Sociedade do Rio de Janeiro, utilizavam-se contatos diretos com os alunos através de correspondências (Nova, Lynn, 2003).

Em São Paulo, em torno do ano de 1947, foi criada a Universidade do Ar, por iniciativa do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC), Serviço Social do Comércio (SESC) e de Emissoras associadas. A Universidade do Ar também era baseada no ensino rádio e o objetivo era capacitar comerciantes e seus empregados em técnicas comerciais. Onze estações de rádio do interior do estado de São Paulo retransmitiam o conteúdo dessa

universidade. Na década de 50, a Universidade do Ar chegou a atingir 318 localidades e oitenta mil alunos.

No início da década de 60, surge o MEB, Movimento de Educação de Base que foi idealizado pela Igreja Católica e patrocinado pelo Governo Federal. Em suas múltiplas atividades como alfabetização, conscientização, politização, educação sindicalista, instrumentalização das comunidades e animação popular, o MEB desenvolveu uma pedagogia popular, aplicado ao desenvolvimento de um sistema rádio educativo. Vinte e cinco emissoras transmitiam os programas de educação de base, inclusive as chamadas aulas radiofônicas, e em 1964, o MEB já atingia 14 estados e sua transmissão tinha grande penetração na zona rural. Em 1965, último ano do MEB, tinha-se um total de 4.522 escolas radiofônicas de recepções organizadas (Nova, Lynn, 2003).

Ainda em 1964, o Ministério da Educação solicitou e obteve do Conselho Nacional de Telecomunicações, a reserva de 48 canais de VHF e 50 de UHF exclusivamente para TV educativa. Nos anos seguintes esse número foi aumentado com o intuito de garantir pelo menos um canal desse tipo em cada estado e cidades mais importantes. Em 1970, o Ministério das Comunicações e da Educação e Cultura regulamentou o uso gratuito do rádio para programas educativos que ocupavam cinco horas semanais.

O Telecurso primeiro e segundo grau da Fundação Roberto Marinho surgiu na década de 70 e tinha o objetivo de oferecer um programa de educação supletiva à distância. Quanto ao ensino superior, este só foi alvo de uma proposta de ensino à distância em 1972, por parte do Ministério da Educação, com um projeto que propunha a criação de uma Universidade Aberta com o objetivo de ampliar as oportunidades de acesso ao ensino superior. Entretanto, somente na década de 80 surgiram iniciativas concretas, destacando-se o programa de ensino à distância da Universidade de Brasília (UnB), o programa de pós-graduação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/MEC), o programa de especialização em agronomia da Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS) e o programa Universidade Aberta do Nordeste.

No final da década de 80, o MEC começa a criar novas iniciativas, criando novas portarias que permitissem a criação de programas de ensino à distância nos três níveis de ensino. Em 1993, foi criado o Sistema Nacional de Educação à Distância, objetivando catalisar,

potencializar, ampliar e articular as iniciativas fragmentadas já existentes na área. No dia 02 de Fevereiro de 1998, o decreto nº 2.494 foi sancionado com o objetivo de estabelecer parâmetros para a Educação à Distância em todos os níveis de ensino.

A televisão, desde a sua difusão pelos lares brasileiros, sempre foi um grande instrumento de educação para aqueles que não têm a oportunidade de se deslocar até a sala de aula. Sua utilização, com essa finalidade, passou a ser mais bem aproveitada com a popularização do vídeo cassete já que o conteúdo didático poderia ser gravado e depois assistido em momentos futuros.

As redes de computadores começaram a ser usadas com finalidades educacionais nos Estados Unidos a partir da década de 1960, com o desenvolvimento dos sistemas CAI para serem utilizados em sistemas de tempo compartilhado. Um dos grandes motivos para a utilização das redes de computadores, em meados da década de 70, era a disponibilidade do serviço de correio eletrônico, que inicialmente era utilizado para troca de informações acadêmicas e posteriormente usado em todos os níveis de ensino.

Uma rede de computadores, inicialmente criada para atender interesses militares dos Estados Unidos, foi posteriormente utilizada para auxiliar pesquisas acadêmicas até ser utilizada e conhecida mundialmente, a partir dos anos 90, como Internet. O surgimento de tal rede foi, com certeza, o que permitiu a grande expansão da aprendizagem por meios computacionais e impulsionou o ensino à distância. O grande crescimento da Internet não se dá apenas pela manipulação de textos multimídias, mas indiretamente seu sucesso está vinculado à criação de padrões textuais, que permitem que qualquer computador ligado à rede possa se entender e trocar informações. A Internet oferece recursos que permitem a troca de informações com dinamismo e interatividade tornando-se um ambiente fértil para a utilização no ensino à distância. As vantagens relacionadas à educação à distância são mostradas a seguir.

2.2.4. Vantagens e desvantagens

O grande crescimento da Educação à Distância visto desde a sua concepção foi consequência das diversas vantagens introduzidas por esse formato de ensino. A distância sempre foi uma grande barreira para a disseminação do ensino para a população, em

especial para o Brasil que possui dimensões continentais e regiões com características tão adversas. Moradores de pequenas cidades afastadas de grandes centros urbanos e também a população da zona rural não possuem, em muitos casos, condições de se deslocar até um centro de ensino e isso sempre foi um fator que contribuiu para aumentar a desigualdade social que pode ser observada no país. Até mesmo para pessoas que tem contato com grandes centros de ensino, a Educação à Distância pode servir para introduzir novos recursos e ferramentas complementares capazes de enriquecer a experiência do ensino. A possibilidade de se aprender utilizando os recursos da rede digital traz a oportunidade de troca de informações com especialistas e profissionais que estão a milhares de quilômetros de distância. Isso viabilizaria contatos que, por algum motivo, não podem ser feitos por meios convencionais.

Dentre as vantagens da utilização da Educação à Distância podemos destacar:

- Eliminação ou redução das barreiras de acesso aos cursos ou nível de estudos;
- Diversificação e ampliação da oferta de cursos;
- Oportunidade de formação adaptadas às exigências atuais, voltada para pessoas que não puderam frequentar a escola tradicional;
- Permanência do aluno em seu ambiente profissional, cultural e familiar;
- Formação fora do contexto da sala de aula;
- O aluno, centro do processo e sujeito ativo de sua formação, vê respeitado o seu ritmo de aprender;
- Conteúdos instrucionais elaborados por especialistas e a utilização de recursos de multimídia;
- Comunicação bidirecional frequente, garantindo uma aprendizagem dinâmica e inovadora;
- Aluno ativo: desenvolvimento de iniciativa, interesse, valores e hábitos educativos;
- Redução dos custos em relação aos sistemas presenciais de ensino: redução dos custos de traslado, redução do custo de aluguel, redução do tempo gasto no traslado até a sala de aula, redução do custo com professores, etc.

Apesar de todas essas vantagens mostradas, existem, entretanto, desvantagens que são inerentes ao próprio processo à distância. O modelo de ensino presencial também possui

suas vantagens que podem não ser observadas na Educação à Distância. Podemos citar como desvantagem da Educação à Distância as seguintes características:

- Limitação em alcançar o objetivo da socialização, pelas escassas ocasiões para interação pessoal dos alunos com o corpo docente e entre si;
- Limitação em alcançar os objetivos da área afetiva/comportamental, assim como os objetivos da área psicomotora, a não ser por intermédio de momentos presenciais previamente estabelecidos para o desenvolvimento supervisionado de habilidades manipulativas;
- Empobrecimento da troca direta de experiências proporcionada pela relação educativa pessoal entre professor e aluno;
- A retroalimentação ou *feedback* e a retificação de possíveis erros podem ser mais lentos, embora os novos meios tecnológicos reduzam esse problema;
- Para determinados cursos à distância, existe a necessidade de que o aluno possua um elevado nível de compreensão de textos e saber utilizar os recursos da multimídia digital;

2.3. SERVIÇOS DIVERSOS: BANCÁRIOS, SAÚDE, COMÉRCIO ELETRÔNICO, MARKETING ON-LINE

A revolução Industrial (1820) apresenta similaridades em sua trajetória que possibilita a realização de projeções a respeito dos próximos acontecimentos da contemporânea “Revolução da Informação” (Rose Gonçalves, 2002). A revolução da Informação, que possui como símbolo o computador, também traçou caminho semelhante à industrial. Da mesma forma que o surgimento das ferrovias no início do século XIX, a Internet tem provocado uma revolução na maneira das pessoas pensarem. Essa mudança de mentalidade tem influenciado a vida das pessoas em todas as suas dimensões.

A Internet está provocando transformações na sociedade e na economia. A “geografia mental” (Drucker, 2000) expande seus horizontes, dessa vez virtualmente, pois as distâncias, cada vez mais, deixam de fazer sentido. Isso tem tornado a Internet um ambiente fértil para o surgimento de diversos serviços para atendimento ao público. Cada vez mais funcionalidades, que até então estão disponíveis apenas em meios convencionais, estão surgindo na Internet, com o objetivo de melhorar os serviços e também atingir um número cada vez maior de usuários. Todas as áreas da economia estão sendo integradas à

rede mundial de computadores em um caminho sem volta. Os bancos fazem parte do segmento que mais tem investido em tecnologias da informação, com o objetivo de melhorar atendimento e também de diminuir custos operacionais. O comércio também tem experimentado um crescimento exponencial, em grande parte possibilitado pelas transações eletrônicas, que facilitam a utilização dos créditos concedidos pelos bancos. Vale ressaltar também o grande crescimento do comércio eletrônico realizado através de lojas virtuais disponíveis em sítios da Internet, transformando-se em um mercado que movimentava bilhões de dólares em todo o mundo e que se baseia na integração dos serviços bancários à Internet. Vários serviços já estão sendo integrados à rede. Entretanto, existem algumas áreas que ainda não estão utilizando todo o potencial disponível na rede integrada de computadores, seja por desconhecimento ou qualquer por qualquer outro fator. A interatividade presente na Internet tem sido melhorada a cada dia, através do surgimento de protocolos, e isso pode agregar novas funcionalidades aos serviços já existentes. Os serviços de saúde, por exemplo, representam uma área ainda pouco explorada na rede virtual. A distância sempre foi uma barreira para a população carente de atendimento de saúde e a Internet traz diversos recursos que permitem a aproximação dos profissionais da área daqueles que realmente necessitam de atendimento. Nos próximos tópicos, serão abordados os benefícios que a integração dos serviços à Internet pode trazer a toda a sociedade e como isso tem se tornado uma necessidade.

2.3.1. Serviços bancários e comércio eletrônico

O desenvolvimento da informática e das telecomunicações fez com que empresas do mundo todo sofressem com as consequências da abertura das portas dos mercados nacionais e da formação de uma sociedade informacional, ou em rede, resultante da disponibilização da informação a qualquer tempo e em qualquer lugar. Exemplos dessa consequência seria o acirramento da concorrência no mercado interno, a pressão por baixos preços e, dessa forma, por baixos custos, a solicitação de produtos e serviços com mais qualidade, maior valor agregado e maior nível de personalização e a necessidade de relacionamentos mais intensos com os seus clientes (Gouvêa, Mello e Castro, 2006).

O mercado financeiro não fugiu dessa realidade e, há um bom tempo, tem testemunhado os efeitos desta sociedade do conhecimento, por meio das movimentações eletrônicas de fundos que ganharam uma dimensão tal que chega até a fugir ao controle das autoridades

monetárias de cada país (Costa Filho, 1996). Isto levou a uma diminuição significativa do volume de transações nas agências físicas em favor do crescimento do uso de canais eletrônicos.

Os bancos de maior porte e também os estatais têm feito grandes investimentos em tecnologia da informação para a criação de sítios, também conhecidos como *Internet Banking*, com o objetivo de estreitar o relacionamento com os clientes. De forma simples, *Internet Banking*, pode ser definido como toda e qualquer ligação entre o computador do cliente e o computador do banco, independente de modelo ou tamanho, que permita às partes se comunicarem à distância.

Numa visão mais abstrata e mercadológica, Bader (1999) considera o banco virtual como uma proposta de atendimento personalizado e distribuição de serviços bancários e não bancários, com um ferramental tecnológico utilizado por uma equipe treinada e capacitada a interagir transacional e negocialmente, a fim de proporcionar maior conveniência e gerar mais valor à relação cliente-banco, visando à superação das dificuldades que derivam da minimização do contato físico que é fundamental para a realização de negócios e fidelização da base de clientes.

Além disso, conforme os clientes se sentem mais à vontade com os serviços da Internet, fica mais difícil para o banco reconquistá-lo. O cliente acaba por se habituar à comparação de taxas de serviços pela Internet, e a tendência é que deixe de usar as agências tradicionais e outros canais de distribuição dos mesmos serviços.

Outra razão para os bancos investirem e desenvolverem o potencial tecnológico disponível para o banco virtual é os benefícios oferecidos para os clientes, como a diminuição do tamanho das filas nas agências bancárias, a maior flexibilidade horária para realizar as transações bancárias e o ganho de tempo em função da possibilidade de se realizarem as transações a partir de casa. Estima-se que o processamento de uma transação eletrônica custe seis vezes menos que o custo de processamento de um cheque, o que implica um aumento de lucratividade do banco. Isto faz com que os bancos se tornem reféns desse novo cenário. A diminuição dos custos operacionais trazidos pelo banco virtual, assim como a melhoria no atendimento ao cliente, se tornaram essenciais para a sobrevivência das instituições financeiras em um mercado cada vez mais concorrido. De acordo com a

FEBRABAN, as transações eletrônicas por meio do *Internet Banking*, representam 24% do total das operações do setor em 2011, um crescimento de 20% quando comparado com o ano anterior. Esses números são resultado de uma pesquisa anual realizada pela FEBRABAN com o objetivo de levantar, consolidar e analisar os dados de transações bancárias no Brasil.

A Pesquisa também mostra um crescimento exponencial do *mobile banking* (FEBRABAN, 2011), que hoje está muito atrelado ao aumento da penetração de *smartphones*. Ainda conforme o estudo, em 2011, os investimentos e despesas do setor bancário em tecnologia apresentaram um crescimento de 11%, atingindo R\$ 18 bilhões e consolidando-se como o principal setor usuário de tecnologia da informação no Brasil. As operações bancárias realizadas por meio de *smartphones* e *tablets* cresceram 50%, em 2011, em relação ao ano de 2010. Mais de três milhões de correntistas já fazem o uso desse meio (FEBRABAN, 2011).

As empresas e comércios também não ficam de fora da revolução da conectividade proporcionada pela consolidação da Internet. O surto tecnológico fez com que surgissem novas maneiras de aprender sobre os clientes e rastreá-los, de criar produtos e serviços feitos sob medida para ir ao encontro das necessidades de clientes, de fazer com que produtos sejam distribuídos de modo mais eficiente e de se comunicar com os clientes em grandes grupos ou individualmente. Empresas de todos os setores estão agora tentando atrair novos clientes através da *web*. Os próprios processos internos das empresas estão passando por uma reestruturação de modo a incorporá-los à rede digital de computadores. O comércio, em sua quase totalidade, se vê obrigado a integrar meios de transações eletrônicas às suas formas de pagamento, sob o risco de perder uma grande quantidade de vendas. Processos de logística mais refinados, menores taxas de erros nos processos de produção, menor tempo de resposta, controle mais eficiente de estoque, integração de diversas unidades operacionais são motivos que impulsionam a informatização e integração das empresas ao meio virtual.

O comércio eletrônico brasileiro faturou R\$ 18,7 bilhões em 2011, valor 26% maior que o alcançado em 2010, de acordo com a e-bit, empresa especializada em informações de comércio eletrônico. Ao todo, 32 milhões de pessoas compraram pela Internet no ano de 2011. Desse total desses clientes, 61% pertencem à classe C. É esperado que, em 2012, o

comércio eletrônico atinja um faturamento de R\$ 23,4 bilhões, valor 25% maior que em 2011. O comércio eletrônico vinculado aos sítios de compras coletivas também não para de crescer. Em 2011, o número de pessoas que aderiram a essa modalidade chegou a 9,98 milhões e o faturamento foi algo em torno de R\$ 1,6 bilhão, segundo a revista Pequenas Empresas Grandes Negócios (2012). Esses números mostram o potencial de vendas existente no comércio eletrônico, um setor em plena expansão, já que cada vez mais pessoas entram em contato com as lojas virtuais a partir de dispositivos eletrônicos diversos.

Outra área que está experimentando os benefícios trazidos pela convergência digital é o *marketing*. O marketing direto está redefinindo o papel do comprador na conexão com as empresas. Em vez de serem alvos de esforços unilaterais de marketing de empresas, os clientes estão se tornando participantes ativos no ajuste da oferta e do próprio processo de marketing. Marketing direto consiste em comunicações diretas dirigidas a consumidores individuais cuidadosamente selecionados e destinadas não somente a obter deles uma resposta imediata, mas também cultivar relacionamentos duradouros com eles.

As formas de marketing direto são venda pessoal, *telemarketing*, catálogo, televendas e *marketing on-line*. O *marketing on-line* está experimentando um crescimento explosivo por meio de sistemas interativos de computadores que ligam consumidores com as empresas de meios eletrônicos. Apesar dos grandes desafios presentes no marketing on-line, cada vez mais empresas estão integrando tal tipo de propaganda ao seu modelo de negócio. À medida que continua crescendo, o marketing através da rede virtual provará ser uma poderosa ferramenta para construir relacionamentos com os clientes, melhorar as vendas, comunicar informações sobre a empresa e produtos e entregar produtos e serviços com mais eficiência e efetividade.

2.3.2. Serviços de saúde

A Constituição Brasileira garante, a todos os cidadãos brasileiros, o acesso à prevenção das doenças, à higiene e ao acesso aos serviços de saúde. No entanto, embora o governo brasileiro, através de suas múltiplas esferas, atenda a 75% da população, o sistema de saúde apresenta várias deficiências de cobertura e qualidade. Uma grande parcela da população mais carente não possui acesso ao sistema de saúde. Essa falta de acesso leva,

além da falta de atendimentos de emergências, à falta de informações sobre procedimentos básicos de saúde, que facilmente poderiam evitar sérios problemas, principalmente em crianças, como cólera e leptospirose.

A utilização de tecnologias digitais de informação aplicadas à saúde tem sido um permanente objetivo da informática e da telemática, desde o surgimento dos primeiros microcomputadores e das redes amplas de computadores, especialmente a Internet. (Becker, Filho, Montez, 2006) O surgimento de tecnologias de rede, de busca de informações armazenadas na rede, de processamento distribuído e protocolos de interatividade, embora permitissem a implantação de serviços sofisticados na área da saúde, ficaram restritos aos menos de 10% da população brasileira que têm acesso a essas tecnologias. Com isso, enormes segmentos da população brasileira, em especial aqueles que possuem baixa renda familiar e baixo grau de instrução, ficam de fora ao alcance dos benefícios que tais tecnologias digitais de redes podem trazer e, dessa forma, não seria possível levar serviços de saúde como forma de inclusão social.

Por outro lado, é notável a penetração da energia elétrica e da TV, que de acordo com o IBGE, estavam presentes em mais de 97% dos lares brasileiros em 2007. A combinação de tecnologias baratas e de maciça difusão entre a população detém um gigantesco potencial de aplicação no setor de saúde. Principalmente para aquela parcela da população que possui pouca ou quase nenhuma cultura de informação sobre saúde básica. Certamente a TV digital interativa terá um revolucionário papel a cumprir, não obstante seu grau e velocidade de penetração serem ainda objetos de especulação.

A TV digital interativa tem o potencial de permitir a implementação de um grande número de serviços inovadores na área de saúde, que aumentarão o grau de inclusão social, democratização da informação, melhoria de serviços de saúde, mecanismos de controle social, atendimento remoto, educação popular e profissional de saúde. O *Home Care* é uma modalidade de grande crescimento no Brasil. *Home Care* deve ser compreendido como uma modalidade contínua de serviços na área de saúde, cujas atividades são dedicadas aos pacientes/clientes e a seus familiares em um ambiente extra-hospitalar. O propósito dessa modalidade é promover, manter e/ou restaurar a saúde, maximizando o nível de independência do paciente, enquanto minimiza os efeitos debilitantes das várias patologias e condições que gerencia. O sistema de TV digital pode ser usado nesse modelo, como

forma de acompanhamento remoto dos pacientes, alerta para casos de emergências e até mesmo para consultas a distância.

O termo “E-saúde” é bastante usado para designar o conjunto de aplicações, sistemas, infraestrutura, interconexões e filosofia de integração de dados, informações e serviços que abrangem a saúde na rede digital (Sabbatini, 2007). Tais sistemas integrados à rede de TV digital interativa poderiam ser utilizados em aplicações como educação e treinamento à distância, revistas eletrônicas em saúde, telemedicina e telesaúde que incluem teleradiologia, teleconsulta, telemonitoração, segunda opinião médica a distância, etc. A telemedicina, que é o uso de tecnologias de telecomunicação para interação entre profissionais de saúde e pacientes, com a finalidade de realizar ações médicas à distância, pode utilizar o enorme grau de penetração da TV como braço para alcançar a quase totalidade dos lares brasileiros. Isso permitiria que políticas de saúde pública que utilizam a telemedicina tivessem um alto grau de eficiência, visto que atingiriam a parcela mais carente da população. Aparentemente, uma boa parte do atendimento de saúde à população mais pobre poderia ser feito em pequenos postos de saúde comunitários ou até mesmo com o auxílio de sistemas integrados à TV digital que poderiam levar informações preciosas a pessoas que residam em locais de difícil acesso. Isso traria uma enorme redução de custo para o governo, diminuindo consideravelmente as filas de espera por atendimento nos hospitais públicos que poderiam ficar responsáveis apenas pelos atendimentos mais graves (Sabbatini, 2007).

Pensando nessas possibilidades, o governo brasileiro criou o Decreto 4.901, de 26 de novembro de 2003 para criação do Sistema Brasileiro de TV Digital e, ao elencar os objetivos a serem atingidos com esse sistema, deixou claro que a transição para um novo modelo de televisão seria muito mais do que uma simples substituição de uma tecnologia por outra. O Decreto acima citado fala em “promover a inclusão digital, a diversidade cultural do País e a língua pátria por meio de acesso à tecnologia digital, visando à democratização da informação”. É nesse ponto que reside a pertinência da difusão de saúde pelo sistema de TV digital interativa. Não existe inclusão social que não comece pela saúde e pela educação. Os meios podem ser variados, agora os temas são centrais. É pela educação que a sociedade evolui, sendo premissa básica de que as pessoas têm saúde.

3. PROJETO DE UMA PLATAFORMA PARA A INCLUSÃO DIGITAL

Neste trabalho, é apresentada uma proposta de desenvolvimento de uma plataforma multiaplicativa para interconexão com redes de altas velocidades. As premissas tecnológicas adotadas apontam no sentido de se ter um dispositivo adequado para os programas de inclusão digital e políticas governamentais que dizem respeito ao uso de software livre.

O desenvolvimento da plataforma multiaplicativa foi feito levando em consideração algumas situações de contorno que serviram de norte para as escolhas que foram feitas. As metas de projeto a serem atingidas pela plataforma eram:

- Baixo consumo de energia elétrica;
- Flexibilidade para utilização em diversas aplicações;
- Baixo consumo de recursos computacionais;
- Utilização de *softwares* livres incluindo o sistema operacional Linux;
- Baixo custo de produção;
- Tamanho reduzido;
- Fácil instalação e utilização;

Dentre as diversas soluções tecnológicas disponíveis no mercado, foi feito um estudo comparativo para identificar aquela que mais se encaixava dentro do que era proposto.

O protótipo deveria possuir tamanho e peso reduzidos quando comparado com os *set-top boxes* disponíveis no mercado. A maioria dos módulos multimídia disponíveis no mercado possui peso elevado e também não são pequenos a ponto de poderem ser integrados a televisores sem aumentar consideravelmente o volume. Uma das estratégias adotadas nesse sentido para o desenvolvimento da plataforma foi utilizar uma fonte de tensão externa. Isso reduziu consideravelmente o volume do protótipo.

A utilização de software livre era de fundamental importância. O governo federal tem incentivado a utilização de softwares livres de patentes com o objetivo de reduzir custos na

aquisição de equipamentos. Diversas licitações lançadas pelo governo para aquisição de tais equipamentos através do Ministério da Educação trazem como requisito básico a utilização do sistema operacional Linux. O projeto em questão deveria cumprir tal requisito para ir ao encontro das expectativas do governo e poder ser utilizado em políticas de inclusão sócio digital. Além de proporcionar redução de custos, a utilização do sistema operacional Linux, cumpriu outra meta de projeto que era a flexibilidade para utilização em diversas aplicações. Tal sistema operacional dá suporte ao desenvolvimento de diversas aplicações, a depender do modelo de utilização, sem que haja necessidade de modificação do *hardware*, tornando-o uma plataforma multiaplicativa. Por ser um sistema operacional livre, existe uma comunidade de desenvolvedores bastante ativa que disponibiliza constantes atualizações, trazendo melhorias e facilitando a resolução de eventuais problemas. Fóruns associados a tais comunidades Linux disponíveis na Internet foram bastante utilizados durante o desenvolvimento do projeto.

Outro objetivo a ser alcançado era o baixo consumo de potência elétrica. O módulo deveria possuir desempenho elevado o suficiente para decodificar vídeo em alta definição utilizando um kernel Linux e ao mesmo tempo consumir uma pequena quantidade de corrente em baixa voltagem. Tais características eram essenciais para conseguir produzir um protótipo suficientemente pequeno, que não sofresse com problemas de aquecimento, e que também não gerasse grandes custos adicionais devido ao alto consumo. Em aplicações de inclusão social, é de grande importância o baixo consumo de energia, já que visa atender populações de baixa renda. Além disso, o chip processador deveria ser de baixo custo quando comprado em alta escala (abaixo de U\$ 10,00), tendo em vista a restrição de preço máximo de produção por unidade imposta, normalmente, por projetos de inclusão sócio digital.

A escolha do chip processador levou em consideração o fato de ele possuir uma saída analógica direta. Isso impactou o custo do projeto, pois não seria necessário nenhum chip para fazer a conversão digital-analógico. O chip processador i.MX21, fabricado pela empresa norte-americana *Freescale*, foi um concorrente direto do chip processador escolhido – TMS320DM355 -, entretanto, dentre outros fatos, foi descartado por não possuir saída analógica direta com sinal do vídeo decodificado. A saída analógica de vídeo do chip processador tinha objetivo de cumprir a exigência da plataforma de possuir saída

analógica PAL-M/NTSC compatível com o padrão de TV analógica brasileira. As características do hardware construído serão mostradas mais adiante.

Outro critério importante analisado e que foi fundamental na escolha, foi a facilidade de suporte técnico. Nesse ponto, ainda existiam duas opções de fabricante, a *Texas Instruments* e a *Freescale*. Obtivemos tempo de resposta bem menores ao fazer contato com a *Texas Instruments*. A *Freescale* se mostrou morosa no repasse de informações e também para cotações de preço. Para completar, a *Texas Instruments*, disponibiliza em seu sítio na Internet uma comunidade – *TI E2E Community* – que é bastante ativa. Clientes de empresas de todo mundo discutem problemas e soluções de modo bem objetivo, com o auxílio da fabricante. A utilização da comunidade foi fundamental para o desenvolvimento do projeto. Inúmeros impasses foram prontamente resolvidos por esse meio de comunicação.

Alinhado à ideia de ser uma plataforma de baixo custo, o gabinete deveria ser pequeno, resistente e possuir custo unitário reduzido. O projeto do gabinete também teve um custo de desenvolvimento relativamente baixo. Normalmente, projetos de desenvolvimento de gabinetes possuem custos bastante elevados, podendo chegar a custar centenas de milhares de reais.

Outra necessidade do projeto era que a plataforma fosse de fácil instalação e uso. Esse era um ponto fundamental dentro das aplicações propostas para a plataforma. Como será visto nos tópicos seguintes, a plataforma foi desenvolvida para ser um pequeno módulo capaz de decodificar vídeos em tempo real em aplicações de inclusão sócio digital. O protótipo deverá ser um substituto de baixo custo de um computador pessoal, visto que o público-alvo é pessoas com baixo nível de instrução, baixa renda e excluídos digitalmente, sendo possível a utilização por aqueles que nunca tiveram contato com as tecnologias digitais. Dessa forma, a interface gráfica deve ser intuitiva e autoexplicativa. A única exigência seria estar conectado à Internet ou à TV digital. O usuário fará a navegação no menu de opções através de um controle remoto, alinhado novamente à meta de baixo custo.

3.1. OBJETIVOS

Neste trabalho são apresentadas as propostas metodológicas e as condições de contorno que nortearam a concepção da plataforma multiaplicativa de baixo custo para a inclusão digital, Mídia-IP, e o seu efetivo projeto, chegando-se a um protótipo que atende a todas as premissas solicitadas. A plataforma foi concebida para ser um dispositivo de rede IP capaz de fazer a decodificação do padrão digital para a exibição em uma TV digital ou para o padrão PAL-M da televisão brasileira, provendo a interface necessária para sua conexão com televisores existentes no mercado, buscando simultaneamente uma solução eficiente e de baixo custo (Sikora, 2002).

Na proposta apresentada neste trabalho, o Mídia-IP recebe conteúdo multimídia digital através de uma interface de rede ethernet. O conteúdo transmitido pode ser desde o conteúdo de uma página web, uma imagem, até som e vídeo digitais, sendo o transporte de som e vídeo a ênfase central do projeto. Para tanto, as mídias devem ser acessadas em um servidor de conteúdo, conforme a aplicação desejada. Por exemplo, no caso de uma aplicação de vídeo sob demanda, deve-se configurar este servidor como servidor de "*streaming*" de vídeo. Existe a possibilidade de utilização em outros modelos de aplicação, como por exemplo, em TV aberta como um "*Set-Top Box*" onde seria necessário utilizar o sistema de recepção de sinais de TV.

Na aplicação de vídeo sob demanda, busca-se cumprir a função de selecionar uma mídia dentre as oferecidas pelo servidor de mídia, e o conteúdo deve ser disponibilizado em tempo real para o usuário. No caso da aplicação de acesso à Internet, páginas web poderão ser acessadas, sendo seu conteúdo mostrado ao usuário através de monitor de vídeo ou televisão digital/analógica. Esta se constitui em uma aplicação típica de programas governamentais de inclusão digital.

3.2. METODOLOGIA UTILIZADA

Para o desenvolvimento desse trabalho, as atividades foram divididas em etapas, com o objetivo de garantir a conclusão das metas que foram estabelecidas inicialmente. Cada etapa foi definida de modo a agrupar atividades com características semelhantes permitindo um melhor acompanhamento da evolução do projeto. A metodologia utilizada para o desenvolvimento das atividades é mostrada no fluxograma da figura 3.1.

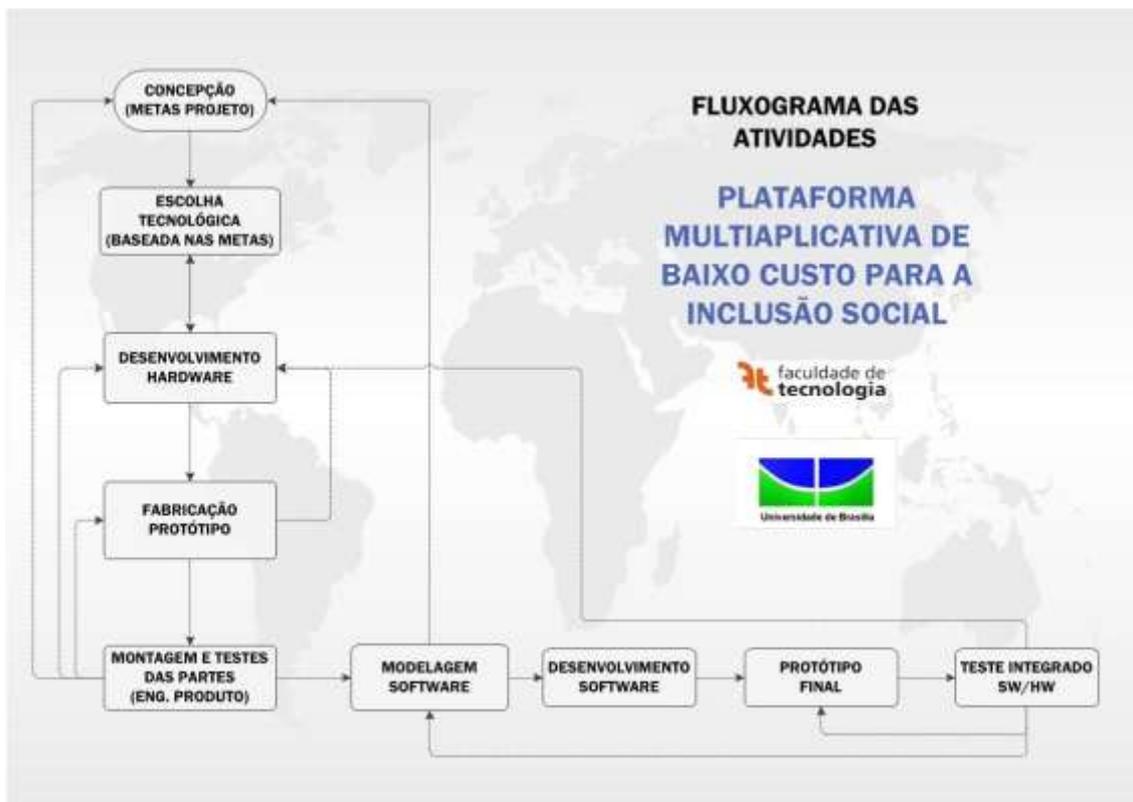


Figura 3.1 - Fluxograma das atividades desenvolvidas

A etapa inicial do trabalho foi caracterizada pela concepção da plataforma que seria desenvolvida. Nessa etapa foram desenvolvidos os conceitos que justificam o desenvolvimento de todo o trabalho. Foram estabelecidas também as condições de contorno que a plataforma deveria obedecer de modo a atender os modelos de utilização propostos. Tais condições de contorno foram utilizadas como metas de projeto a serem atingidas. As metas utilizadas estão listadas na página 32.

Em seguida, foi realizada a etapa de escolha da solução tecnológica. Para o desenvolvimento dessa atividade, foi necessário o levantamento de todas as soluções tecnológicas disponíveis no mercado levando em consideração os pontos fracos e fortes de todas as opções. A solução adotada será apresentada no tópico 3.3 onde serão apresentadas as soluções tecnológicas analisadas.

Escolhida a solução tecnológica, iniciou-se a etapa de desenvolvimento do hardware. Nesse etapa foram desenvolvidos os esquemáticos elétricos e o *layout* da placa PCI. Tendo em mãos o projeto da placa PCI, foi desenvolvida a fase de fabricação do protótipo. Nessa

etapa, foi fabricada a placa PCI e o gabinete utilizado. Para a fabricação da placa PCI, foi contratada a empresa Micropress, especializada na fabricação de placas. O gabinete foi desenvolvido pela empresa QuickPlast, ambas baseadas no estado de São Paulo.

Terminada a etapa de fabricação do protótipo, começou-se a etapa de montagem e testes das partes do protótipo. Nessa etapa foi possível levantar os possíveis problemas ocorridos nas etapas anteriores. Foram utilizados conceitos de engenharia de produto para levantamento de possíveis falhas ocorridas em etapas anteriores. Com todas as partes testadas e validadas, a etapa foi concluída com sucesso.

Após concluir as etapas de validação de hardware, iniciaram-se as etapas de modelagem e desenvolvimento de software. Tais etapas foram desenvolvidas levando em consideração os modelos de utilização planejados. O tópico 3.4.2 trata de forma detalhada a modelagem da solução de software.

Após o desenvolvimento da solução de software, foi montado o protótipo final e realizados os testes integrados de software/hardware. Os testes realizados assim como os resultados estão detalhados no capítulo 4 de resultados experimentais.

É possível notar que o desenvolvimento de novas etapas permitia uma reavaliação das etapas anteriores. Tais retroalimentações foram usadas para correção dos problemas encontrados e dessa forma garantir o sucesso do trabalho. Etapas como a montagem e testes das partes e modelagem de software poderiam causar impactos na etapa inicial de concepção do produto. A metodologia de projeto utilizada permitiu uma organização adequada dos conhecimentos necessários para desenvolvimento do trabalho como um todo. O desenvolvimento de cada nova etapa exigia conhecimentos específicos e o acompanhamento do fluxograma de acordo com a metodologia garantiu o cumprimento das metas estabelecidas.

3.3. APLICAÇÕES DA PLATAFORMA DESENVOLVIDA

A figura 3.1 ilustra uma arquitetura genérica de transporte do vídeo com base em uma rede IP. A aplicação imediata do Mídia-IP seria em serviços de vídeo sob demanda, por exemplo, a distribuição tarifada de filmes em rede de hotéis. Dessa forma, os vídeos

estariam armazenados em um servidor e os clientes poderiam requisitar o aluguel de forma instantânea. Isso possibilita, por exemplo, que um hotel possa disponibilizar esse tipo de serviço sem ter que armazenar várias cópias de DVDs em suas dependências. Esta mesma ideia pode ser utilizada em um condomínio (ou prédio) onde se tenha esse serviço (tarifado ou não) aos diversos condôminos.

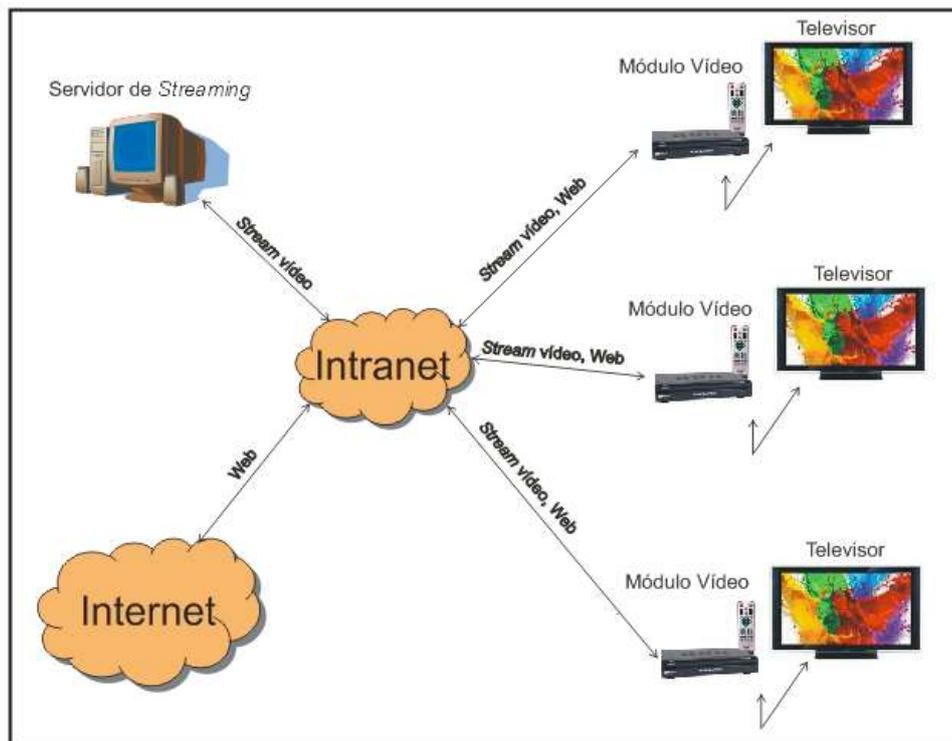


Figura 3.2 - Diagrama da arquitetura hipotética de rede

A figura 3.2 apresenta outra configuração para uma aplicação de vídeo sob demanda. Neste caso, tem-se um servidor de mídias que fornece conteúdos conforme solicitado. É mostrado como seria a arquitetura de um hotel. Entretanto, a arquitetura pode ser usada em outro estabelecimento, como por exemplo, uma escola. Nesse caso, pode-se implementar uma rede que integre todas as salas de aula e, sempre que necessário, o professor teria disponível conteúdos audiovisuais disponíveis em um servidor remoto.

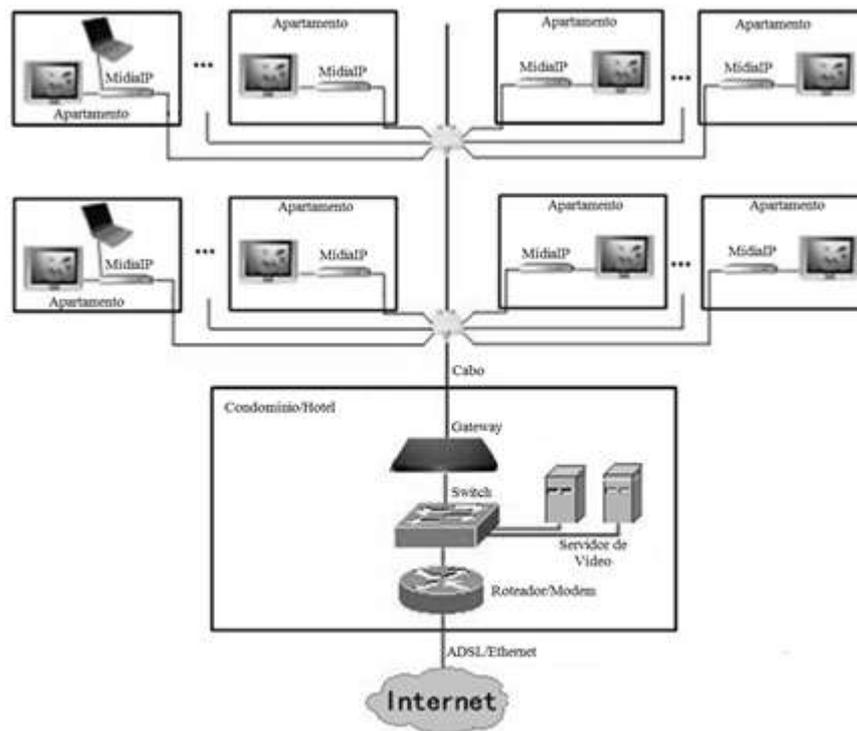


Figura 3.3 - Arquitetura para uma aplicação de vídeo sob demanda

Outra aplicação seria em uma locadora virtual, onde o cliente que deseja alugar um filme deverá, após fazer o seu "login" e escolher as mídias de interesse, se autenticar com o servidor, digitando uma senha disponibilizada previamente.

A figura 3.3 mostra de forma simplificada, uma aplicação voltada para educação à distância. Alunos localizados em um ambiente físico remoto ao centro de produção do material didático podem receber todo o conteúdo audiovisual pedagógico com tutoria. Neste caso os alunos podem estar em suas residências e utilizar a TV analógica ou digital conectada ao Mídia-IP.

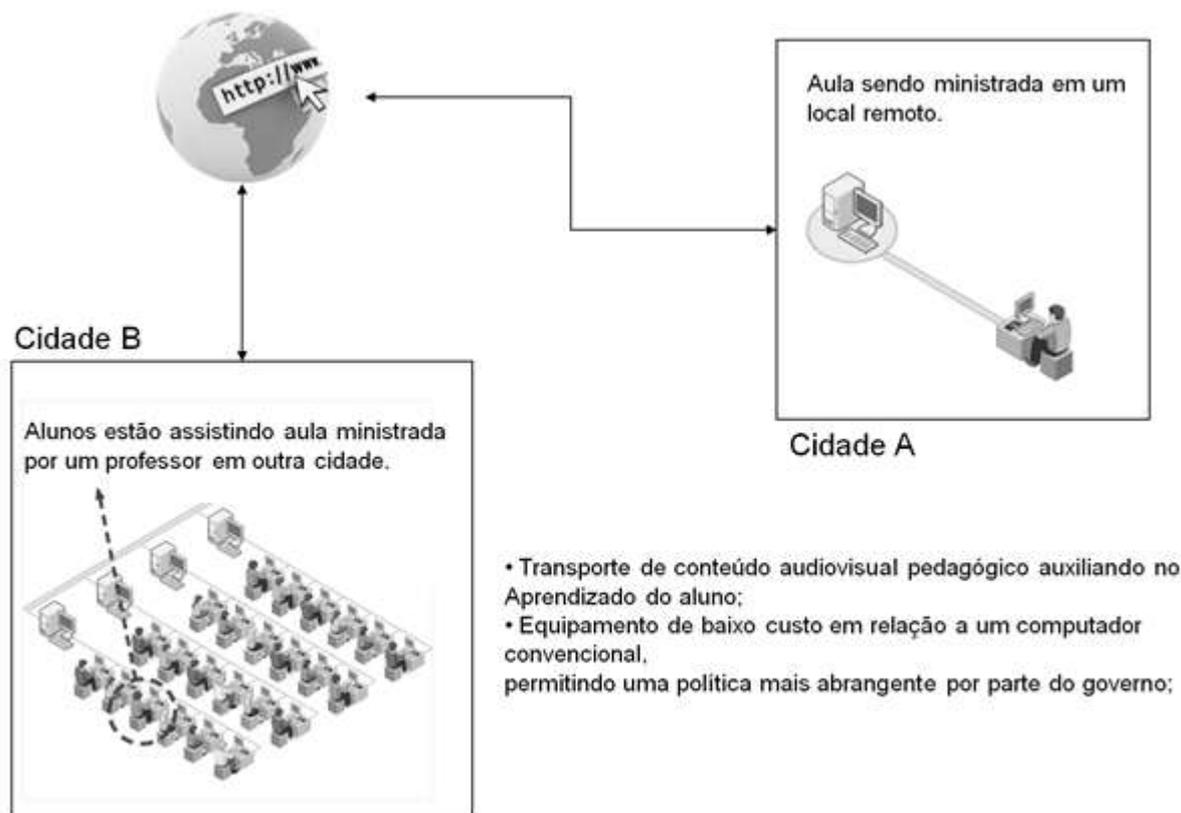


Figura 3.4 - Ilustração de uma proposta para a aplicação do Mídia-IP em educação à distância

Outra importante aplicação do Mídia-IP seria a utilização em serviços de saúde pública. É de grande interesse do governo federal promover projetos que sejam capazes de atingir aquela parcela da população que reside em áreas remotas e de difícil acesso. A plataforma proposta pode ser usada pela população como forma de acesso ao sistema de TV digital e até mesmo com a Internet. Dessa forma, seria possível a disseminação de informações básicas de saúde para aqueles que mais necessitam, além de diversas aplicações da telemedicina como teleconsulta, telediagnóstico, segunda opinião médica, telemonitoração, telesocorro e teledidática de todos os níveis.

As aplicações descritas acima podem ser definidas como aplicações principais que podem ser desenvolvidas com o uso da plataforma. Entretanto existem diversas aplicações que podem surgir de acordo com a necessidade do projeto.

Dentre as diversas aplicações que podem ser desenvolvidas utilizando-se o Mídia-IP pode-se relacionar, de modo geral, as seguintes:

- "Set-top box" para TV Digital;
- vídeo sob demanda;
- dispositivo receptor para uma rede IPTV;
- tecnologia VoIP e Videofone IP;
- plataforma para comércio eletrônico seguro.
- plataforma para transações bancárias seguras.
- educação à distância;
- acesso à internet de baixo custo;
- plataforma para jogos interativos;
- serviços de Telemedicina.

3.4. SOLUÇÃO TECNOLÓGICA

Para o desenvolvimento da solução proposta, foram levadas em consideração todas as condições de contorno definidas como metas do projeto (as metas de projeto estão listadas na página 32). Isso significou a escolha exata dos componentes, tanto de hardware como de software. Foram feitas análises comparativas de diversas soluções existentes no mercado. Levou-se em consideração o desempenho, facilidade de compra e suporte técnico pós-venda além do preço disponível para compra em grande quantidade. Tendo isso, foram feitas as seguintes escolhas tecnológicas que compõem a plataforma multimídia desenvolvida:

✓ Núcleo do hardware

No Mídia-IP se utiliza o processador TMS320DM355 para aplicações multimídia fabricado pela empresa "Texas Instruments". Esse processador possui uma saída analógica de vídeo. Essa saída pode ser configurada para o padrão NTSC ou para o padrão PAL. Possui também uma saída digital de vídeo 8/16-bit YCC ou até 18-bit RGB666. A saída digital suporta resolução HDTV (720p, 1080i).

O relógio do sistema pode trabalhar a uma velocidade de até 216 MHz. Possui um co-processador implementado em *hardware* que permite codificar e decodificar (*codec*) os

padrões MPEG-4 e JPEG. O "codec" de vídeo do processador TMS320DM355 suporta vídeos em até alta definição (720p), D1, VGA, SIF. Como "codec" para o padrão JPEG suporta imagens de até 50M pixels.

✓ **Universal serial bus (USB)**

O processador TMS320DM355 possui suporte à interface USB. O esquemático elétrico prevê uma interface USB 2.0 de alta velocidade com o processador, mas essa interface não será montada inicialmente. Pode ser usada para, de acordo com novas aplicações, adicionar funcionalidades, como um modem 3G.

✓ **Memória RAM**

O módulo usa a memória MT47H64M16HR-3E TR da Micron Technology Inc que possui 1Gbit no formato 64M x 16bits. Essa memória é alimentada com uma tensão de 1,8 Volts.

✓ **Memória NAND**

A memória NAND utilizada é a MT29F16G08FAAWC:A que possui 2Gbytes para armazenamento. Essa memória é alimentada com uma tensão de 3,3 Volts.

✓ **Controlador Ethernet**

A interface Ethernet incorpora o chip controlador Ethernet Intel DAVICOM DM9000A. Uma memória EEPROM serial também é usada para armazenamento do endereço MAC da interface. Essa interface utiliza um conector Ethernet padrão RJ-45. Esse conector possui dois LEDs internos, um verde e outro amarelo. O LED verde, quando ligado, indica a existência de um Link e, quando está piscando, indica que existe uma transmissão de dados nesse Link. O LED amarelo, quando ligado, indica a existência de uma comunicação full duplex.

✓ **Microcontrolador**

O microcontrolador MSP430F2122 é utilizado para implementar a interface de Infra-vermelho permitindo a utilização do controle remoto. O módulo transmissor infra-vermelho usado é o TSOP34840. Esse módulo é ligado ao microcontrolador em um pino de Timer. O microcontrolador tem a função de habilitar as fontes de tensão quando receber o comando do controle remoto. Isso fará com que o módulo tenha baixo consumo quando estiver no estado *Standby by*.

✓ **Fontes de tensão**

O esquemático utiliza três tensões para alimentação: 1,3 Volts, 1,8 Volts e 3,3 Volts. As fontes de tensão de 1,3 Volts e 1,8 Volts utilizam o regulador de tensão LTC3406ES. A fonte de tensão de 3,3 Volts é gerada duas vezes em locais diferentes. Isso é necessário, pois uma dessas fontes alimenta exclusivamente o microcontrolador e a outra todos os outros componentes que necessitam da tensão de 3,3 Volts. A fonte de tensão 3,3 Volts do microcontrolador utiliza o transformador de tensão TPS76733. A outra fonte de tensão 3,3 Volts utiliza o transformador LM2698.

✓ **Saída de vídeo**

A saída de vídeo pode ser tanto digital por meio de uma interface HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*) ou analógica com vídeo composto ou S-Vídeo. A saída de vídeo analógico está configurada com o padrão PAL-M da TV Brasileira. A saída S-Vídeo foi implementada por meio de uma interface digital/analógico (D/A). A entrada desse conversor se conectou à saída digital de 16 bits do processador dos quais 8 bits são de cor e 8 bits de brilho. Esse conversor D/A possui saída exclusiva no padrão S-Vídeo.

✓ **Saída de áudio**

O codec de áudio é implementado externamente ao processador TMS320DM355 pelo componente AIC33 que se conecta por meio de uma interface I2C. O "*codec*" de áudio recebe os sinais digitais através da interface I2C e os converte em um sinal analógico "*stereo*". Esse "*codec*" é alimentado com tensões de 1,8 Volts e 3,3 Volts

✓ Kernel Linux

O kernel Linux é um projeto *Open Source*, distribuído sob a licença GNU General Public License (GPL). Esta licença permite que todo o código desenvolvido para o kernel Linux seja utilizado livremente, livre de royalties, seja para uso pessoal ou comercial. Além disso, conta-se com o conhecimento de toda a chamada “comunidade *Open Source*”.

Em projetos que visam uma funcionalidade específica, torna-se cada vez mais comum o uso de distribuições “embarcadas” (do inglês, *embedded Linux*). O termo embarcado expressa a funcionalidade da aplicação, e não a funcionalidade do Linux. Do ponto de vista do sistema operacional, a diferença está no conjunto de recursos que são utilizados para prover recursos à aplicação. A natureza modular inerente ao Linux o torna facilmente escalonável para aplicações embarcadas.

Foi utilizada a distribuição comercial *Montavista Linux Professional Edition*. Essa distribuição do kernel Linux possui suporte para o processador utilizado. A *Texas Instruments*, fabricante do chip processador, disponibiliza e indica tal distribuição do Kernel por ser uma versão customizada para o chip em questão. Esse foi um dos pontos positivos levantados e que levaram à escolha do chip processador.

O sistema operacional *Linux* possibilita também a utilização de várias plataformas, *toolkits* e aplicações já disponíveis para computadores pessoais. Por ser um *software* livre, o *Linux* possui uma comunidade de desenvolvimento bastante ativa.

✓ Transporte de vídeo

A tecnologia de Vídeo sobre IP (IPTV) deve permitir que o usuário controle o vídeo em execução, pois se trata de um serviço interativo. Recomenda-se então o uso do protocolo RTSP (do inglês, *Real-Time Streaming Protocol*), definido pela IETF. Além de iniciar e finalizar a transmissão a qualquer instante, existe a possibilidade de iniciar a transmissão em qualquer ponto da linha de tempo da apresentação.

Trata-se de um protocolo de nível de aplicação que estabelece sessões para controle sobre a entrega de dados em tempo real, como áudio e vídeo. Segundo a própria IETF, o RTSP pode ser visto como um “controle remoto em rede” para servidores multimídia. Um servidor é capaz de servir simultaneamente vários clientes com o mesmo conteúdo multimídia. O conteúdo de cada cliente individual é transmitido utilizando tráfego unicast.

Com mais recursos que o tradicional HTTP, o protocolo RTSP permite que o cliente e o servidor solicitem ações, garantindo, juntamente com o protocolo RTP, a organização síncrona dos dados entregues pelo protocolo de transporte, a saber, TCP ou UDP.

É possível inclusive haver uma interação entre o RTSP e o HTTP, de forma que o contato inicial com o *stream* é feito por uma página web, facilitando a interface homem-máquina.

✓ **Decodificação de vídeo**

A arquitetura do núcleo Mídia-IP possui decodificador vídeo implementado em *hardware* que permite o recebimento de uma seqüência codificada de vídeo e a sua decodificação em tempo real. Este decodificador de vídeo (*decoder*) possibilita alta qualidade de vídeo a baixas taxas de transmissão, sendo ideal para aplicações de "*streaming*". Apresenta ganhos significativos em relação a decodificadores comuns.

Por fim, no caso de aplicação de memórias de grande capacidade, pode-se fazer uso da ferramenta "*Open Source*" chamado MPEG4IP. Este aplicativo computacional se constitui em um sistema fim-a-fim contendo uma série de aplicativos "*Open Source*" e meios para interconectar os diversos módulos que o constituem. O MPEG4IP pode prover todos os aplicativos necessários para a codificação de vídeos, além das funcionalidades de cliente, podendo reproduzir vídeos nos padrões H.263 e H.264 oriundos de "*streaming*", utilizando os protocolos RTSP e RTP, ou de arquivos locais.

3.5. DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO

Este produto consiste em um pequeno gabinete fechado contendo um módulo de adaptação de mídia digital. O módulo faz a conversão do vídeo no padrão digital para o padrão PAL-

M da televisão brasileira, provendo a interface necessária para sua conexão com televisores existentes no mercado, buscando simultaneamente uma solução eficiente e de baixo custo.

O módulo recebe conteúdo multimídia digital através de uma interface de rede ethernet. O conteúdo transmitido pode ser desde o conteúdo de uma página web, uma imagem, até som e vídeo digitais, sendo o transporte de som e vídeo o foco central do projeto.

Para tanto, este conteúdo deve ser previamente armazenado em um computador configurado de forma correta, conforme a aplicação desejada. Por exemplo, no caso de uma aplicação de vídeo sob demanda, deve-se configurar este computador como servidor de *streaming* de vídeo. Toda comunicação do usuário com o módulo se dará utilizando a interface do controle remoto.

Como a comunicação se dá através da conexão ethernet, o sistema pressupõe uma estrutura lógica de redes, organizada e roteada corretamente. Mais especificamente, o servidor de arquivos deve possuir comunicação com todos os clientes que devem tirar proveito do serviço prestado. Esta estrutura de rede, por sua vez, poderá prover o pré-requisito necessário para o controle de tarifação sobre o serviço.

Além disso, o produto possui instalação e uso muito simplificados. Para o usuário final, não passa de um gabinete que reproduz seus vídeos. O equipamento contém conectores de saída no padrão RCA (dois conectores para áudio e um conector para vídeo) e um conector S-vídeo. Há também duas tomadas: uma para cabo *ethernet* e outra de alimentação e indicativo do tráfego das informações (TX/RX). O painel frontal do aparelho tem apenas um LED indicando o estado atual do módulo, LIGADO ou DESLIGADO. Vai existir ainda um espaço destinado ao receptor do controle remoto.

As figuras 3.4 e 3.5 mostram como são os painéis frontal e traseiro do módulo, respectivamente:



Figura 3.5 - Painel frontal



Figura 3.6 - Painel traseiro

✓ Características

- Sistema embarcado de alta performance (decodificação de vídeo 720p);
- Processador de aplicações multimídia da Texas Instruments – TMS320DM355;
- 1 saída de áudio RCA (2 conectores para som *stereo*);
- 1 saída de vídeo RCA;
- 1 saída S-vídeo;
- Interface ethernet 10/100 Mbps;
- 256 MB de memória SDRAM;
- Controle remoto por infravermelho compatível com vários padrões existentes no mercado;
- Fonte de alimentação autovolt (110 ~ 220V);
- Interface homem-máquina simples e intuitiva;
- Compatibilidade com aparelhos de TV convencionais;
- Possibilidade de aproveitamento de estrutura de rede já existente;
- Uso de ferramentas de software livre;
- Gabinete com tamanho reduzido quando comparado com os *set-top boxes* disponíveis no mercado;
- Baixo consumo de energia;

- Baixo custo;

3.5.1. Construção do protótipo

A figura 3.6 mostra a placa de circuito que suporta e conecta todos os componentes eletrônicos do Mídia-IP. A placa desenvolvida possui dimensão de 13x11cm.

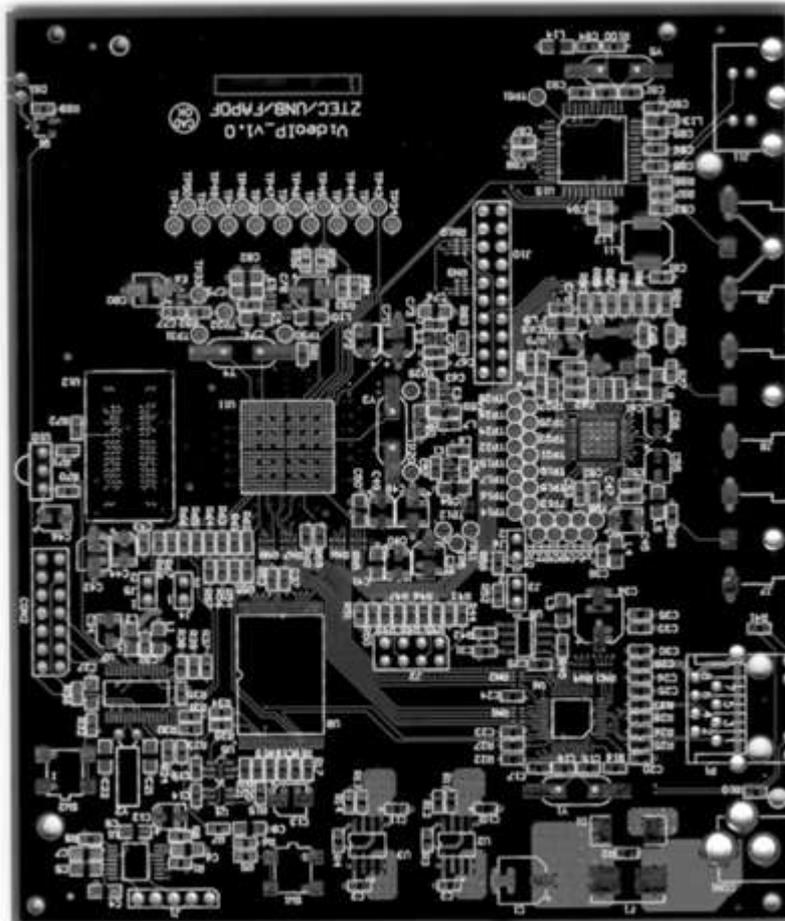


Figura 3.7 - Placa de circuito impresso da plataforma Mídia-IP

Realizou-se a construção do protótipo em duas etapas. Na primeira etapa, implementou-se a montagem do processador e da memória DDR2 sobre a placa de circuito impresso.

Em uma segunda etapa, se adicionou à placa de circuito impresso do Mídia-IP todos os demais componentes eletrônicos. A montagem dos componentes foi feita de forma bem criteriosa, já que foram usados componentes com tamanhos relativamente reduzidos, por exemplo, utilizou-se "arrays" de resistores para reduzir espaço e interferência magnética.

O gabinete do protótipo foi projetado tendo-se em mente um dos requisitos especificados: dimensão reduzida. O resultado final pode ser visualizado na figura 3.7.



Figura 3.8 - Vista frontal do protótipo do Mídia-IP

3.5.2. Modelagem da solução de software

O módulo utiliza o processador da família DAVINCI TMS320DM355. Foi utilizada uma distribuição Linux Montavista V4.0.1 que possui suporte para esse hardware. Essa é uma versão de demonstração que é disponibilizada gratuitamente. Para a construção da plataforma, a versão demo foi utilizada e todos os módulos de kernel necessários foram desenvolvidos. Tal escolha está alinhada com a meta de projeto que prevê um protótipo de baixo custo.

Antes de embarcar o kernel linux para boot, foi necessário carregar os binários ubl e u-boot. Esses binários são os responsáveis por fazer o boot do sistema, chamando de forma

correta o kernel linux. Através do u-boot é possível fazer as configurações de modo de boot e também configurações nos frames buffer.

A utilização do sistema operacional Linux possibilita a utilização de varias plataformas e aplicações já disponíveis para computadores pessoais. Por ser um software livre, o Linux possui uma comunidade de desenvolvimento bastante ativa.

Foi instalado o ambiente de desenvolvimento DVSDK_1_30_00_40 disponibilizado pela *Texas Instruments*. Tal ambiente possui as ferramentas necessárias para a compilação de um novo kernel e um novo sistema de arquivos. Nesse ambiente, foi implementada a interface gráfica utilizada para acessar os arquivos.

A plataforma *GStreamer* foi utilizada. *GStreamer* é um *framework* para desenvolvimento de aplicações que lidam *stream* multimídia, como áudio e vídeo. O *Gstreamer* foi desenvolvido em linguagem C e é baseado em *GObject*. O *GStreamer* provê o serviço de multimídia dos aplicativos (software), como editores de vídeo, *streaming* de mídia e media players.

A cross-compilação do *GStreamer* foi um processo bastante complicado já que não existia uma versão com suporte para o processador utilizado. Foram feitas várias modificações e foi consumido um tempo considerável. Após a instalação dessa plataforma, foram instalados outros pacotes complementares do *GStreamer* que possibilita a implementação de algumas aplicações como recebimento de pacotes RTP. Esses pacotes complementares também não possuíam suporte ao processador e modificações foram necessárias.

O sistema de arquivos utilizado pelo módulo é acessado pela rede através do protocolo NFS (*Network File System*). O sistema de arquivos está armazenado dentro de um computador. Nesse computador, foi necessária a instalação de um servidor NFS para compartilhar o sistema de arquivos criado. Um servidor TFTP também foi instalado na máquina. É através desse protocolo que o Kernel é enviado para o módulo.

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Esse capítulo tem o objetivo de apresentar os resultados obtidos nos testes realizados para simular situações de utilização que a plataforma pode ser submetida. A ideia é mostrar os requisitos necessários para perfeito funcionamento assim como o desempenho em cada um dos casos.

Para a realização dos testes, foi montada a arquitetura de rede mostrada na figura 4.1. A plataforma desenvolvida faz solicitações de arquivos ao servidor. O equipamento TSW900ETH, desenvolvido pela empresa Wise Industria de Telecomunicações, foi utilizado para gerar diferentes tráfegos de rede e assim simular situações diversas. Foi utilizada uma rede local Ethernet padrão.

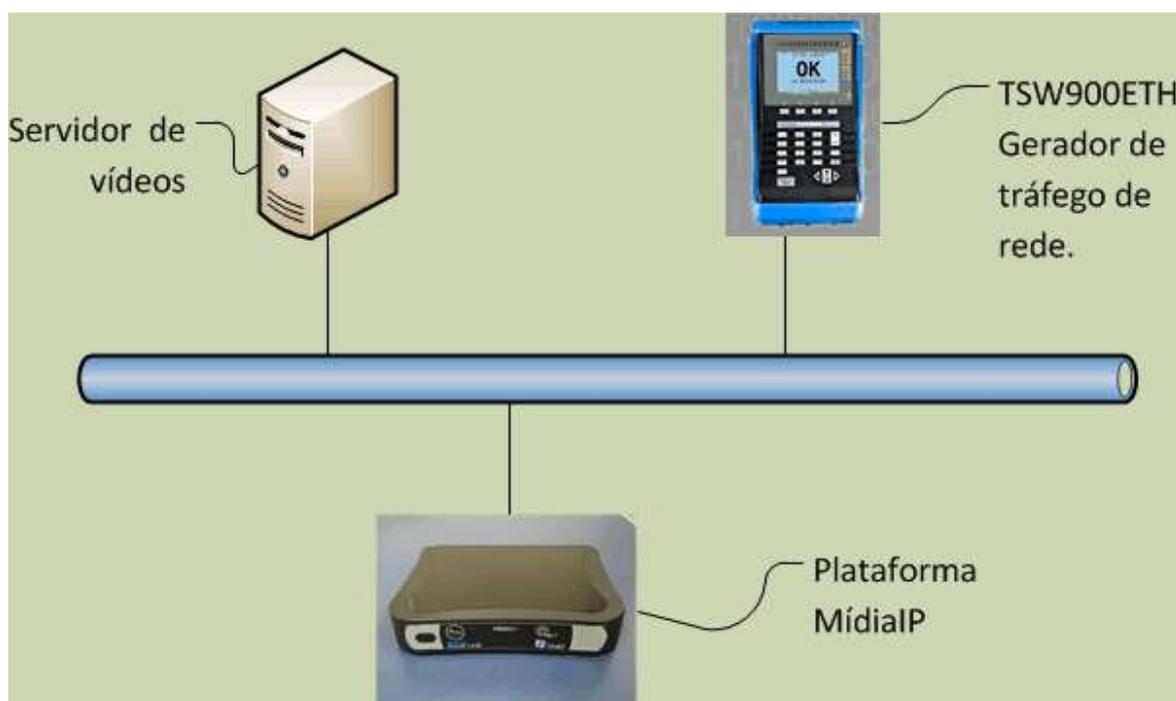


Figura 4.1 - Arquitetura de rede utilizada

Nos testes realizados, foram gerados diferentes valores de tráfegos na rede e os resultados são mostrados na Tabela 4.1. Em todas as situações descritas, um mesmo arquivo de vídeo foi transmitido do servidor para a plataforma para ser decodificado. Em cada caso, foram modificadas as condições de rede para transmissão do vídeo.

Tabela 4.1 - Situações de tráfego geradas

Situações	Tráfego total da rede (Mbps)	Banda utilizada pelo vídeo (Mbps)	Relação Bytes de vídeo/Bytes totais (%)	Relação Pacotes de vídeo/Pacotes total (%)	Perda perceptível na qualidade de áudio/vídeo
Situação A	3,443	0,822	23,20	32,54	Não
Situação B	4,447	0,83	18,30	24,37	Não
Situação C	4,972	0,709	14,00	17,82	Não
Situação D	5,718	0,773	13,30	16,83	Não
Situação E	6,127	0,757	12,05	15,06	Não
Situação F	6,621	0,759	11,22	13,85	Não
Situação G	7,133	0,769	10,57	13,01	Não
Situação H	9,028	0,604	6,56	7,77	Sim
Situação I	11,22	0,541	4,70	5,47	Sim
Situação J	15,61	0,403	2,53	2,89	Sim
Situação L	19,873	0,226	1,11	1,25	Sim

Na Tabela 4.1 são mostradas as diferentes situações de rede simuladas nos testes realizados. São mostrados o tráfego total, a banda de vídeo utilizada, a relação Bytes de vídeo/Bytes totais e a relação Pacotes de vídeo/Pacotes Totais, sequencialmente da segunda até quarta coluna da tabela. Note que o valor da banda de vídeo utilizada diminui a medida que o tráfego total aumenta, deixando evidente o congestionamento de rede.

Para visualização do desempenho na transmissão dos pacotes, algumas situações mostradas na Tabela 4.1 estão ilustradas nas Figuras 4.2 a 4.7. É possível observar que, a medida que se aumenta o tráfego de rede, é necessário um intervalo de tempo maior para a transmissão dos pacotes de vídeo. Tal fato é consequência da diminuição da banda disponível para a transmissão dos pacotes, como verificado na Tabela 4.1.

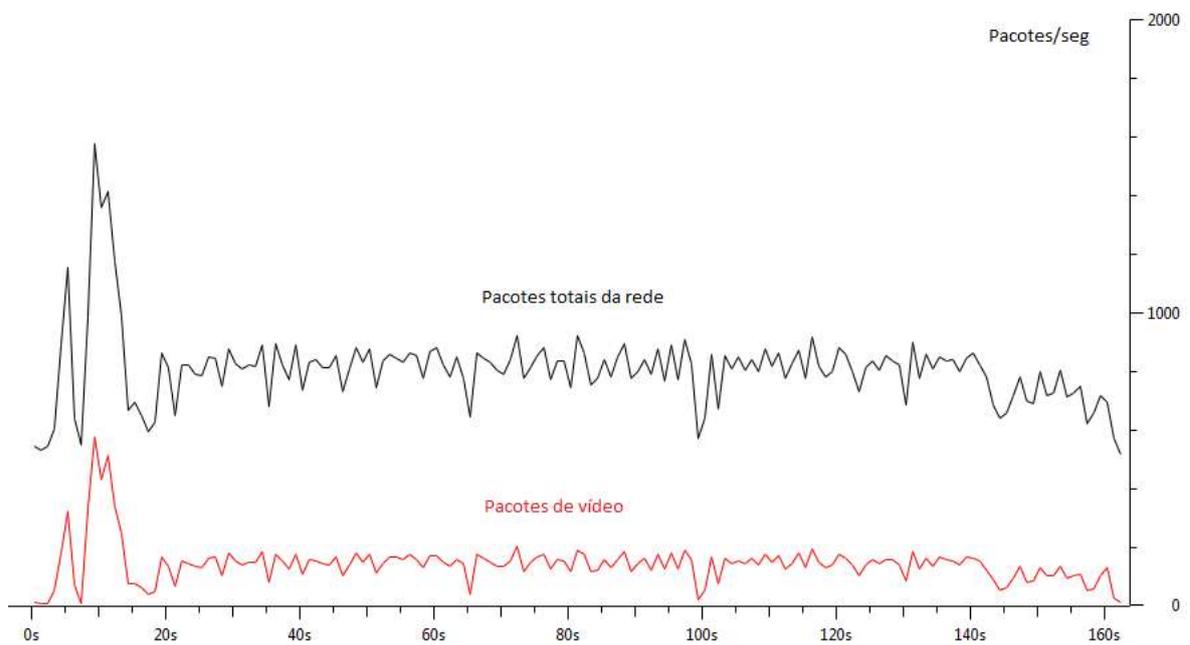


Figura 4.2 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação D

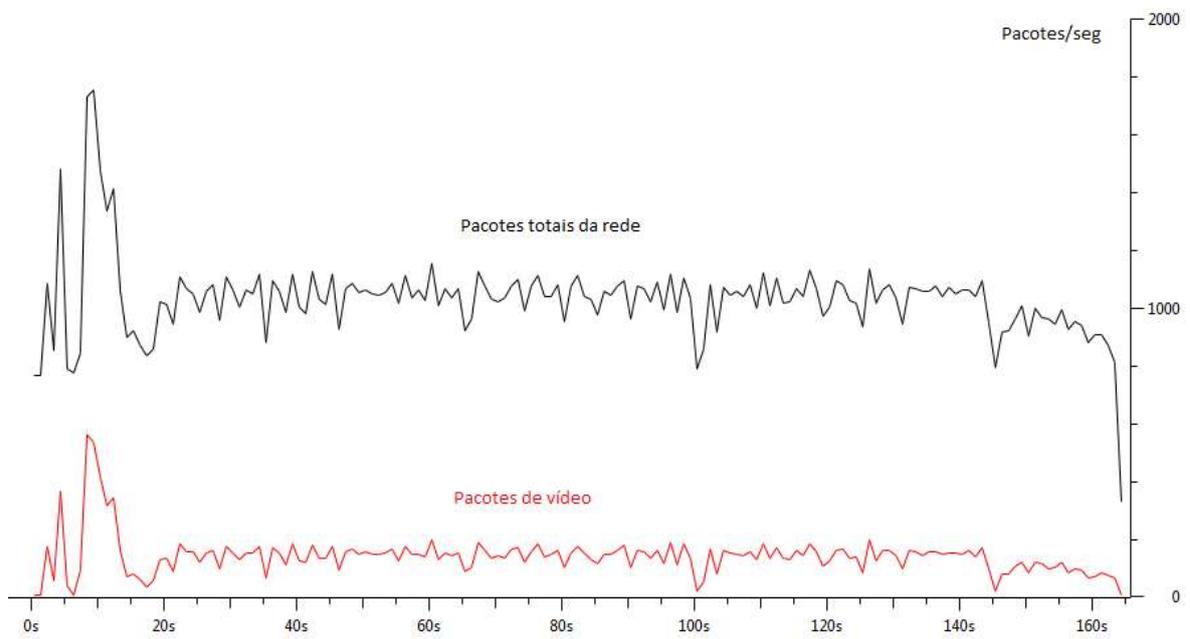


Figura 4.3 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação G

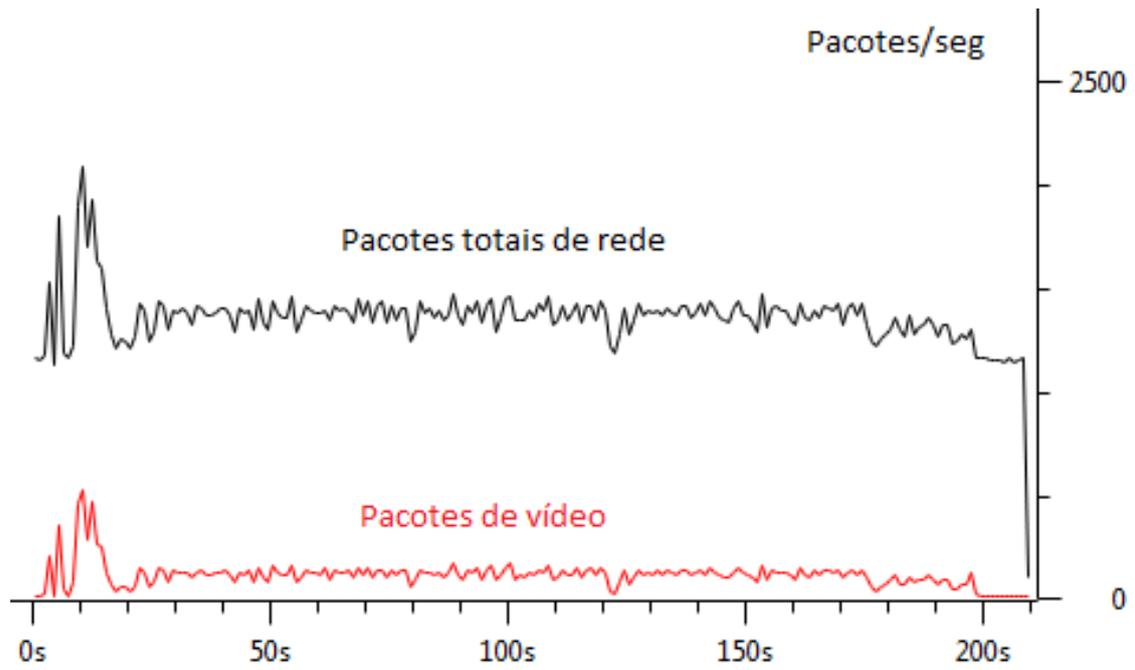


Figura 4.4 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação H

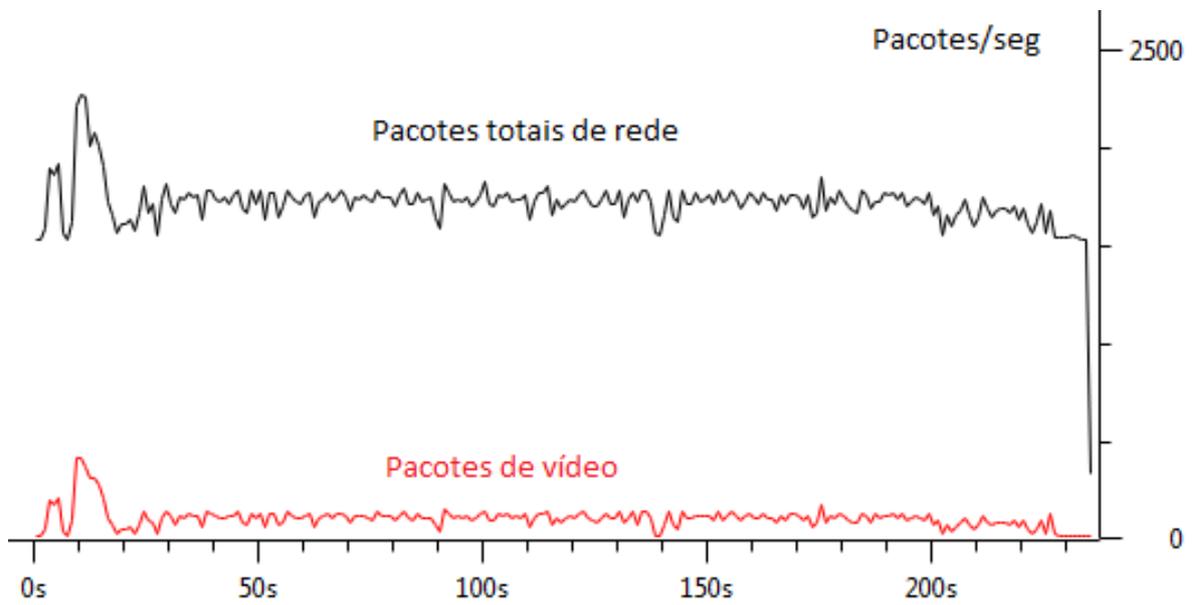


Figura 4.5 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação I

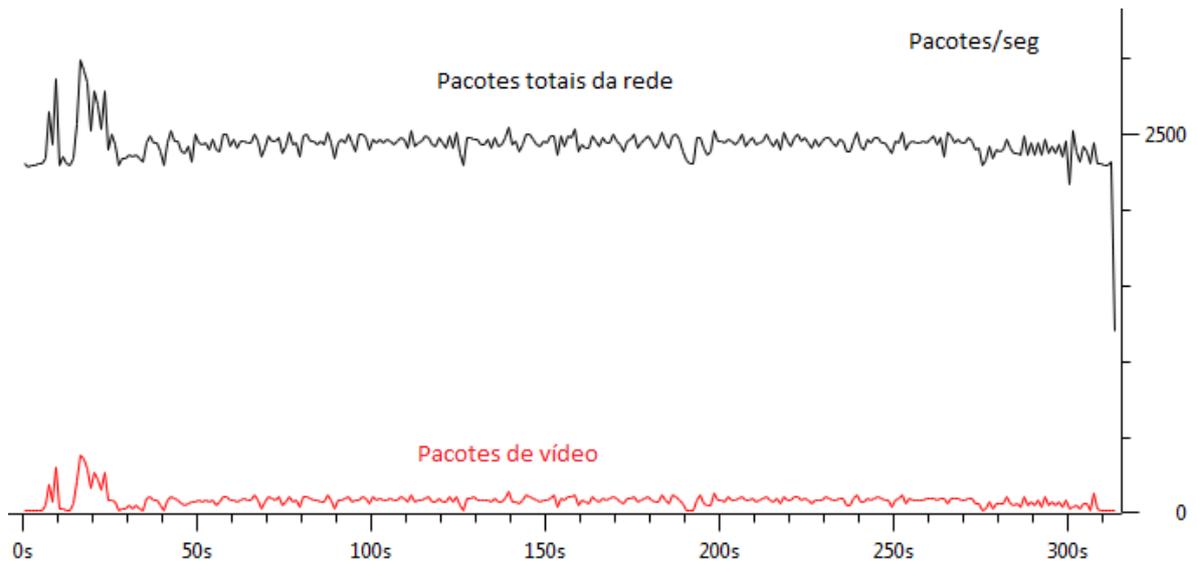


Figura 4.6 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação J

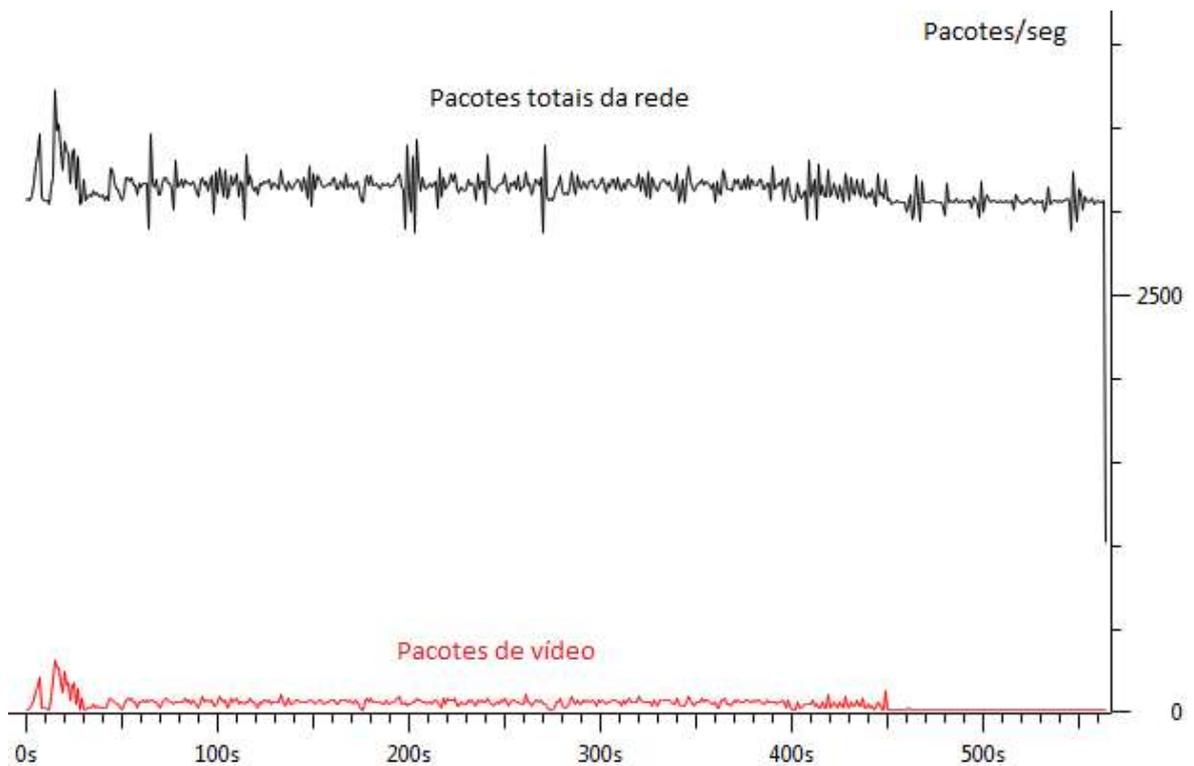


Figura 4.7 - Comparação de Tráfego de pacotes (Total e Vídeo) na situação L

Para que o vídeo seja decodificado de maneira adequada, é necessário manter condições mínimas de rede para que os pacotes de vídeo sejam transferidos. As condições de rede são depreciadas nas situações de A a L, como é possível observar nas Figuras 4.2 a 4.7. Devido

ao congestionamento de rede, os pacotes de vídeo são transmitidos em velocidade menor. Na situação D (Figura 4.2), os pacotes são transmitidos em aproximadamente 160 segundos. Na situação I (Figura 4.5), é gasto mais de 230 segundos, Já na situação L (Figura 4.7), para a transmissão completa dos pacotes, são necessários 450 segundos.

Os resultados dos testes mostraram a necessidade de se garantir uma banda média mínima de transferência de 0,7 Mbps para que os pacotes de vídeo sejam transmitidos, de modo a garantir uma decodificação contínua sem prejuízo para a qualidade do vídeo visualizado. Desse modo, nas situações de A a G, o tráfego gerado na rede não impediu a correta execução do serviço de transferência. Os pacotes de vídeo foram transferidos do servidor até a plataforma e o vídeo foi exibido com a qualidade original esperada. Entretanto, os tráfegos gerados nas situações de H a L causaram efeitos visíveis no vídeo decodificado. Era perceptível o congelamento da imagem em determinados momentos assim como a falha no fluxo de áudio.

Para efeitos de comparação da queda da qualidade da rede, na situação L a banda utilizada pelos pacotes de vídeo foi de apenas 0.226 Mbps, apresentando uma queda de mais 70% em relação ao início dos testes na situação A. Na Figura 4.2, que mostra a situação D, podemos observar o pico na banda de transmissão do vídeo que ocorre, aproximadamente, aos 10 segundos de transmissão. Nesse momento, a banda utilizada é de 2,5 Mbps. Na situação L, mostrada na Figura 4.7, a banda máxima utilizada pelo vídeo é de 1 Mbps, evidenciando a perda clara de qualidade do link de transmissão.

A principal característica de transmissão de vídeo é a completa dependência de utilização de uma rede de transmissão de boa qualidade. Isso se dá devido à alta quantidade de informação que precisa ser transferida em serviços multimídia, independente da finalidade. Os casos de utilização da plataforma concebida nesse trabalho não é exceção. Portanto, a disponibilidade de uma rede de transmissão de boa qualidade se apresenta como um desafio para os modelos de utilização planejados. Entretanto, tal desafio está fora do escopo desse trabalho. Inúmeros trabalhos científicos que tem como foco principal a disponibilização de redes de qualidade para serviços multimídia e podem ser utilizados conjuntamente nos modelos de utilização propostos para a plataforma.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi apresentada a concepção utilizada para o desenvolvimento de uma plataforma de baixo custo voltada para aplicações de inclusão digital. Para atender os requisitos da demanda apresentada, tal concepção prevê, como condições de contorno, um equipamento de baixo custo, preço unitário e tamanho reduzidos, baixo consumo de energia, flexibilidade para utilização em diversas aplicações, utilização de *softwares* livres. Todas essas características devem estar presentes em um produto de fácil instalação e de uso fácil e intuitivo.

As soluções tecnológicas utilizadas para o desenvolvimento foram escolhidas com o objetivo de se cumprir as premissas estabelecidas pelas condições de contorno listadas acima. A utilização do sistema operacional Linux permitiu a flexibilidade necessária para o desenvolvimento, além de permitir redução dos custos por ser um software livre. A escolha da eletrônica embarcada foi também um ponto forte do trabalho que contribuiu com o sucesso obtido. O equipamento desenvolvido possui simultaneamente alto desempenho com consumo reduzido de energia.

Os resultados experimentais obtidos mostram o desempenho da plataforma nos modelos de utilização apresentados. Ela foi submetida a diversas condições de rede, entre elas situações adversas na qual a rede de transmissão estava congestionada. A plataforma apresentou um desempenho satisfatório, mas como em todas as aplicações que envolvem transferência de vídeo, existe necessidade que se garanta uma infraestrutura de rede mínima para que o serviço ocorra com boa qualidade.

São mostrados também modelos de utilização que justificam o desenvolvimento do projeto. No capítulo 2, que faz uma revisão teórica dos assuntos abordados, é feita uma abordagem interessante a respeito da evolução e da importância da educação à distância. Inúmeros benefícios podem ser agregados com a utilização dessa modalidade de educação. A plataforma proposta nesse trabalho se apresenta como uma excelente alternativa tecnológica para a implementação de políticas governamentais voltadas para a educação.

Ficam cada vez mais evidentes as mazelas sociais geradas pela completa exclusão de parte da população do país. Uma boa parte dos recursos financeiros do Brasil são gastos na correção de problemas sociais que podem ser evitados através de maiores investimentos na educação da população. Para enfrentar esses desafios, existe a necessidade de utilização de tecnologias que auxiliem o processo de disseminação do conhecimento e informação, de modo a diminuir a exclusão social. A plataforma de baixo custo apresentada se encaixa nesse contexto e pode compor um lugar de destaque em políticas de inclusão sócio digital.

5.2. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Existem várias propostas de continuidade a partir desse trabalho. A concepção apresentada para o desenvolvimento pode ser alterada de modo a encaixar uma nova condição de contorno ou até mesmo alguma condição obedecida pode deixar de ser importante. Isso pode variar de acordo com a nova proposta.

A plataforma concebida possui alto desempenho na decodificação de vídeos com resolução máxima em *HD*, do inglês *High Definition*, 720p. Entretanto, é cada vez mais comum a existência de televisores que suportam definições *FullHD*, do inglês *Full High Definition*. Dessa maneira, a modificação da plataforma para a inclusão de um processador capaz de decodificar vídeos em *FullHD* seria de grande interesse.

O equipamento desenvolvido possui somente saídas de vídeo analógicas, sendo compatível com a maioria dos televisores convencionais existentes nos lares brasileiros. Com a disseminação cada vez maior dos televisores de alta resolução, tem se tornado comum a utilização de conexões digitais, em especial a conexão *HDMI*, do inglês *High Definition Multimedia Interface*. Logo, o desenvolvimento de uma nova interface digital *HDMI* para a plataforma seria uma melhoria que iria agregar um grande valor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATSC. (2010) *Standard A/52A - Digital Audio Compression (AC-3) Standard*. Document A52:2010, 22 Nov. 2010. Disponível em: < http://www.atsc.org/cms/standards/a_52-2010.pdf >. Acesso em: 12 Mar. 2012.
- BADER, M. (1999) *Flexibilidade e inovação na indústria bancária: o banco virtual*. 323p. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BARBOSA, S. D. J.; SOARES, L. F. G. (2008) “TV Digital Interativa no Brasil se faz com Ginga: Fundamentos, Padrões, Autoria Declarativa e Usabilidade”. In: *Atualizações em Informática 2008 / Tomasz Kowaltowski, Karin Breitman, organizadores*. Rio de Janeiro, RJ: Editora PUC-Rio. pp. 105-174.
- BECKER, V.; FILHO, G. H. H.; MONTEZ, C. (2006) *Inclusão Digital via Serviços de Saúde para o Sistema Brasileiro de TV Digital*, Anais da XXXII Conferência Latino-americana de Informática CLEI. Santiago, Chile. 2006.
- BERGER, A. (2001) *Embedded systems design: an introduction to processes, tools and techniques*, 237 pp., ISBN 1578200733, Newnes, 2001.
- BRACKMANN, C. P. (2008) *Sistema Brasileiro de TV Digital*, 57pp., Trabalho Individual I TI-20008/2 apresentado no Programa de Pós-graduação em Informática, Universidade Católica de Pelotas, Rio Grande do Sul. 2008.
- CERNY, R. Z.; ERN, E. (2001) *Uma reflexão sobre avaliação e comunicação na Educação à Distância*, Anais da 24^a. Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação ANPED 2001, Caxambu, Minas Gerais.
- COSTA FILHO, B. A. (1996) *Automação Bancária: uma análise sob a ótica do cliente*. 384pp. Dissertação de Mestrado em Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DiBEG (2008) *Digital Broadcasting Experts Group*. Disponível em: <www.dibeg.org>. Acesso em Mai de 2012.

DVB (2004) *Digital Video Broadcasting Project*. Disponível em: <www.dvb.org>. Acesso em 18 mai 2012.

ETSI (1997a) *ETSI EN 300 421 - Digital Video Broadcasting (DVB): Framing Structure, Channel Coding and Modulation for 11/12 GHz Satellite Services*. Edition 1.1.2, August 1997.

ETSI (1997b) *ETSI EN 300 748, "Digital Video Broadcasting (DVB): Multipoint Video Distribution Systems (MVDS) at 10 GHz and above*. Edition 1.1.2, August 1997.

ETSI (1997c) *ETSI EN 300 749 - Digital Video Broadcasting (DVB): Microwave Multipoint Distribution Systems (MMDS) below 10 GHz*. Edition 1.1.2, August 1997.

ETSI (2001) *ETSI EN 300 744 - Digital Video Broadcasting (DVB): Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television*. Edition 1.4.1, January 2001.

FEBRABAN. (2011) *O setor bancário em números*. Anais do Congresso e Exposição de Tecnologia da Informação das Instituições Financeiras CIAB 2011, Disponível em: http://www.febraban.org.br/Noticias1.asp?id_texto=1590&id_pagina=59&palavra= >. Acesso em: 10 Mai 2012.

FERNANDES, J.; LEMOS, G.; SILVEIRA, G. (2004) *Introdução à Televisão Digital Interativa: Arquitetura, Protocolos, Padrões e Práticas*. Anais da XXXIII Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação JAI-SBC 2004, Salvador, Bahia

FIGUEIREDO, C. M. S.; LOURENÇO, A. J. (2007) "Competência da Fucapi em tecnologia de TVD e convergência digital". Revista *T&C Amazônia*, v. 12, n. 12, 2007.

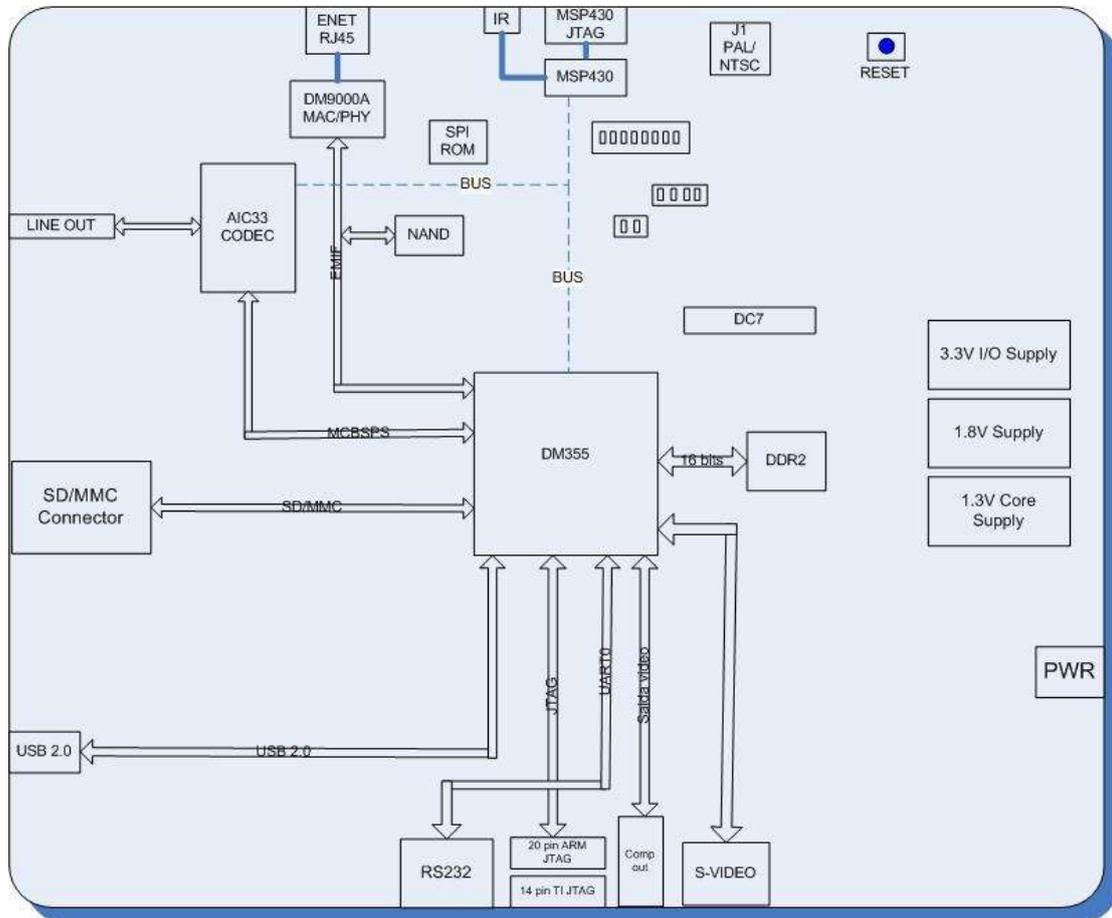
- FLORES, V. F; FAUST, R.; PIMENTA, M. S. (2008) *Definindo uma Proposta para Avaliações de Usabilidade de Aplicações para o Sistema Brasileiro de TV Digital*. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais IHC 2008, UCRS, Rio Grande do Sul, pág. 88-97.
- FONSECA, T. A. (2008) *Redução de Complexidade na Compressão de Vídeo da Alta Resolução*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, UnB, Brasília, DF. 2008.
- FRANCO, B. (2009) *Convergência digital de sistemas de aprendizado colaborativo, considerando ambientes da Web e da TV Digital no Brasil*. 119 pp., Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP. 2009.
- GARCIA ARETIO, L. (1994) *Educación a distancia hoy*. Editora UNED, ISBN 8436231295, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, Espanha, 1994.
- GINGA. (2012) *Middleware Ginga*. Disponível em: <<http://www.ginga.org.br/>>. Acesso Mai 2012.
- GINGA-NCL (2012) *Virtual Set-top box*. Disponível em: <<http://www.ncl.org.br/>>. Acesso em: 10 Jan. 2012.
- GIROD, B. et al. (2005) “Distributed Video Coding” In: *Proceedings of the IEEE, Special Issue On Advances In Video Coding And Delivery*, v. 93, n. 1, pp. 71-83, 2005.
- GOUVÊA, M. A.; MELLO E CASTRO, L. A. M. H. de. (2006) *Avaliação da qualidade dos serviços bancários via Internet*. IX Seminário em Administração. SEMEAD 2006, FEA-USP, São Paulo, São Paulo.
- ISO (1996a) *ISO/IEC 13818-1 - Information Technology – Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information – Part 1: Systems (MPEG-2 Systems)*. 1996.

- ISO (1996b) *ISO/IEC 13818-2 - Information Technology – Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information – Part 2: Video (MPEG-2 Video)*. 1996.
- ISO (1997) “*ISO/IEC 13818-7 - Information Technology – Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Advanced Audio Coding*”. 1997.
- ISO (1998a) *ISO/IEC 13818-3 - Information Technology – Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information – Part 3: Audio (MPEG-2 Audio)*. 2 Ed., 1998.
- ISO (1998b) *ISO/IEC 13818-6 - Information Technology – Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Extensions for Digital Storage Media Command and Control*. 1998.
- JACK, K.; (1995) *Vídeo Demystified, A Handbook for the Digital Engineer*. 799 pp., Editora Llh Technology Pub, 2 Ed., Oxford, United Kingdom, 1995.
- MEMÓRIA, F. 2005. *Design para a Internet: Projetando a experiência perfeita*. 192 pp., Editora Campus-Elsevier, 1 Ed., Rio de Janeiro, 2005.
- NOVA, C.; LYNN, A. (2003) *Educação à Distância: uma nova concepção de aprendizado e interatividade*. 169pp., ISBN: 8574131512, Editora Futura, São Paulo, 2003.
- OSTERMANN, J. et al. (2004). “Video coding with H. 264/AVC: Tools Performance, and Complexity”. In: *IEEE Circuits And Systems Magazine*, v. 4, n. 1, pp. 7-28, 2004.
- PEQUENAS EMPRESAS GRANDES NEGÓCIOS (2012) *Faturamento do comércio eletrônico cresce 26% em 2011*. Disponível em: <http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,EMI298762-17180,00_FATURAMENTO+DO+COMERCIO+ELETRONICO+CRESCE+EM.html>. Acesso em: 14 Mai. 2012

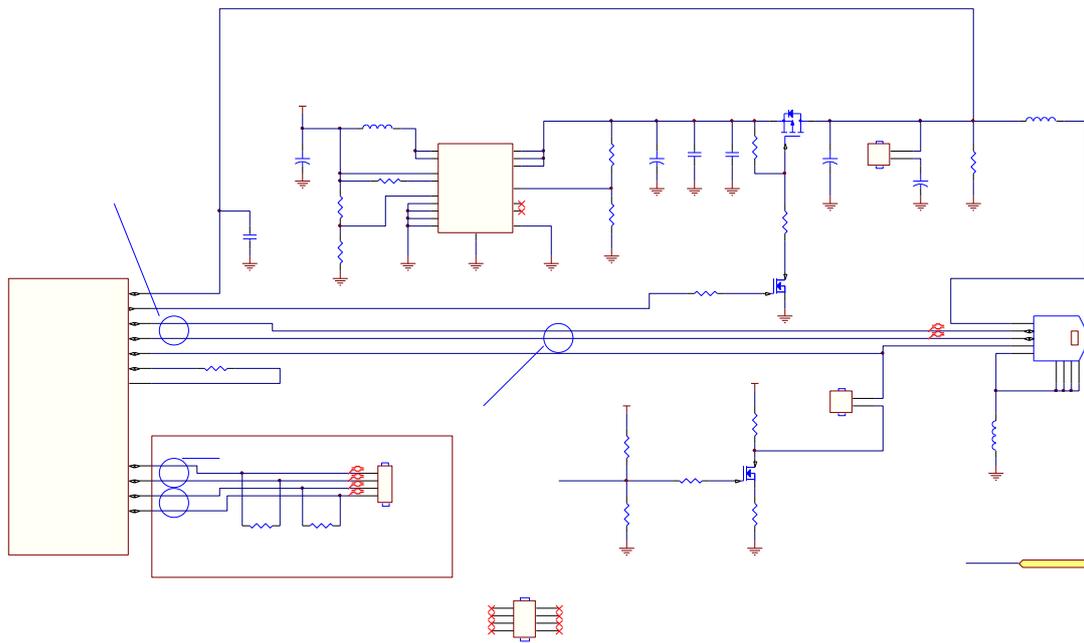
- REISMAN, R. R. (2002) *Rethinking Interactive TV - I want my Coactive TV*. Teleshuttle Corporation. Disponível em <[http://www. teleshuttle.com /cotv /CoTVIntro WtPaper.htm](http://www.teleshuttle.com/cotv/CoTVIntroWtPaper.htm)>. Acesso em: 18 Mai. 2012.
- SABBATINI, R. M. E. (2007) *E-Saúde no Brasil: Cenário e Perspectivas*. Instituto EDUMED/UNICAMP, São Paulo, 2007, Disponível em < <http://www.sabbatini.com/renato/slides/E-SaudeBrasil.pdf>>. Acesso em: 20 Jan. 2012
- SCAPIN, D. L. (1993) *The Need for Psycho-Engineering Approach to HCI*. Anais do 2º Congresso Brasileiro e 6º Seminário Brasileiro de Ergonomia, Florianópolis, ABERGO/FUNDACENTRO, 1993.
- SIKORA, T. (2002) “MPEG-1 and MPEG-2 Digital Vídeo Coding Standards”. In: *Digital electronics consumer handbook*. McGraw Hill Company, Ed. R. Jurgens, 2002.
- SIMPSON, W. (2006) *Vídeo Over Ip, A Pratical Guide to Technology and Applications*. 520 pp., Focal Press, 1 Ed., Oxford, United Kingdom, 2006.
- SPARANO, D. (2000) “What Exactly is 8-VSB Anyway?”. In: *The Guide to Digital Television*. 3 Ed., Silbergleid & Pescatore org, Miller Freeman Psn Inc, 2000. pp. 215-247.

APÊNDICES

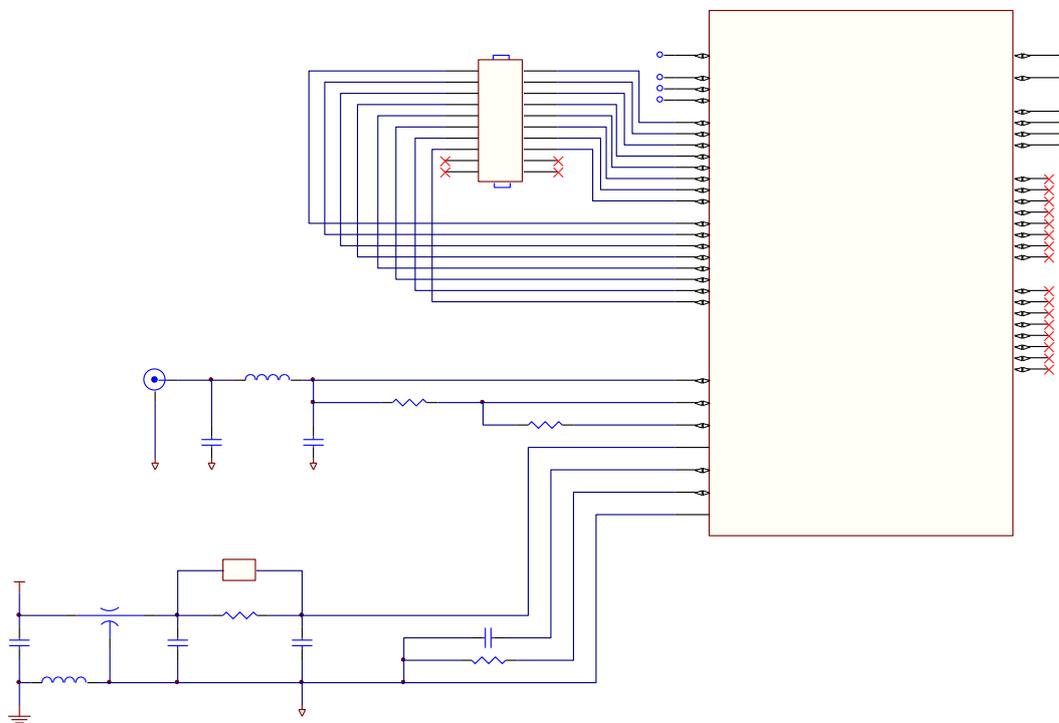
A - DIAGRAMA DE BLOCOS DA PLACA PCI



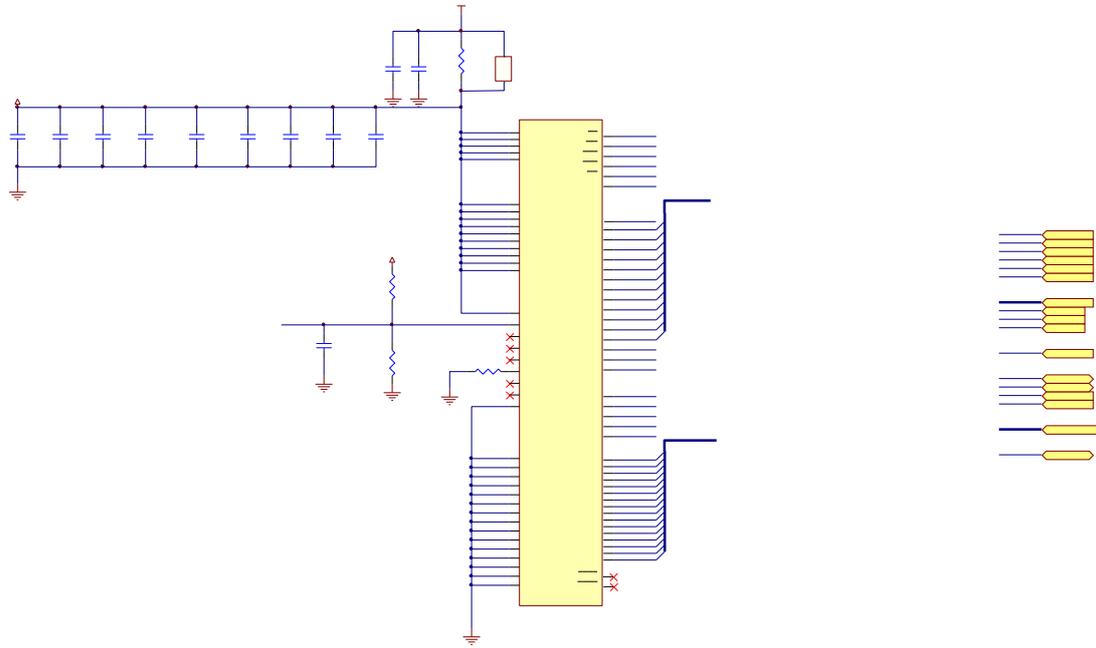
B - UNIVERSAL SERIAL BUS (USB)



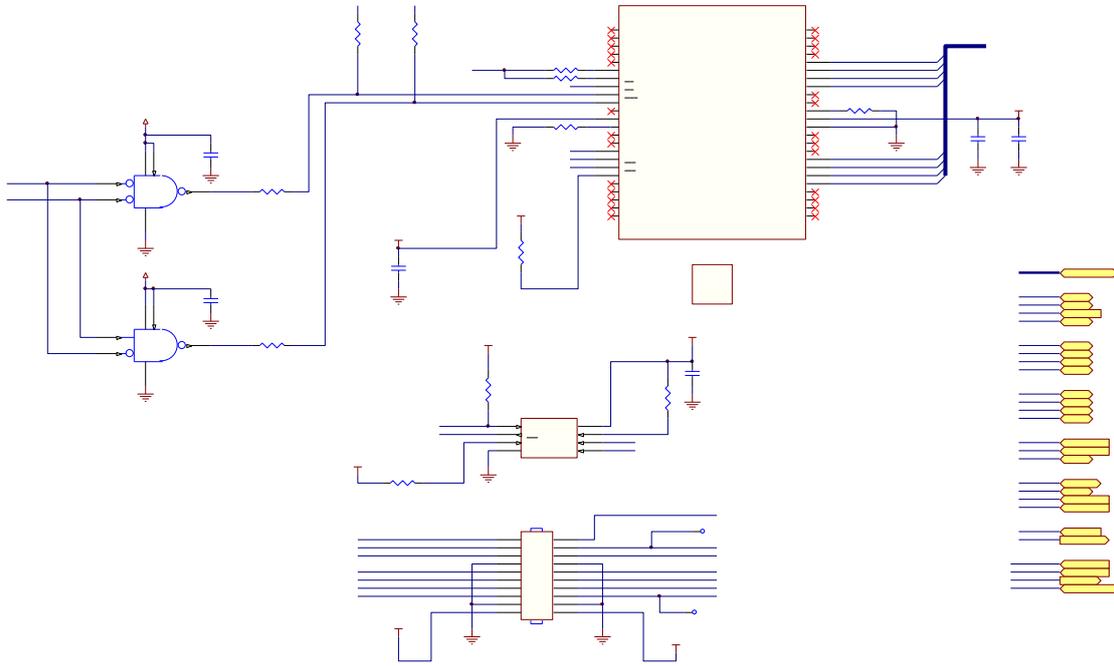
C - SAÍDA DE VÍDEO



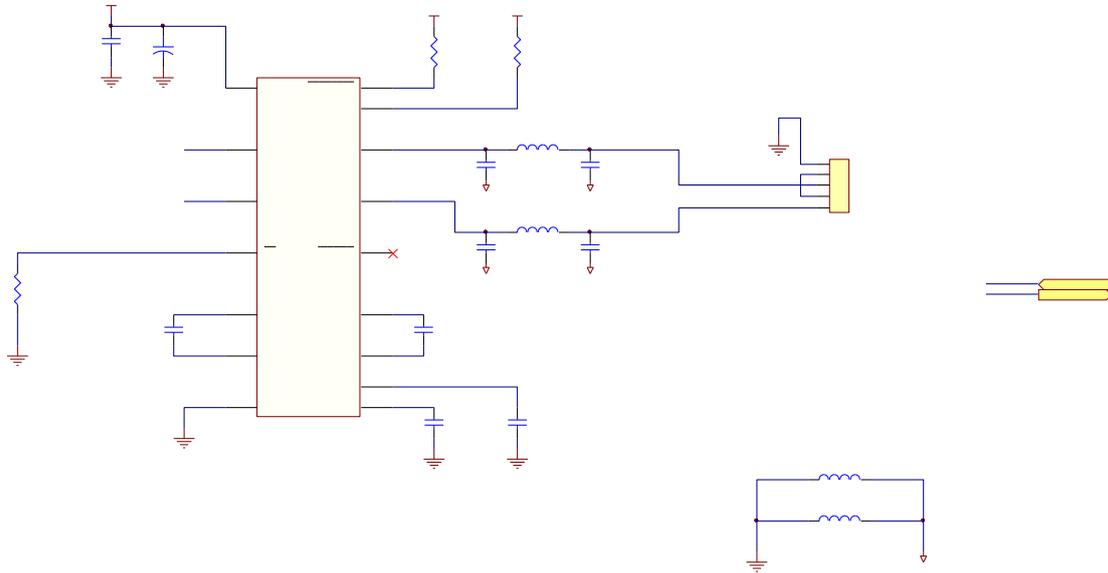
D - MEMÓRIA RAM



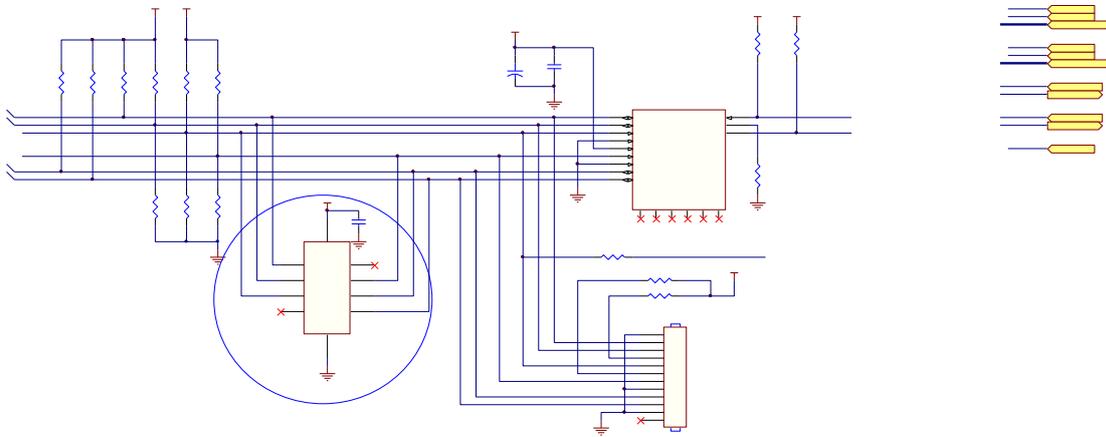
E - MEMÓRIA NAND



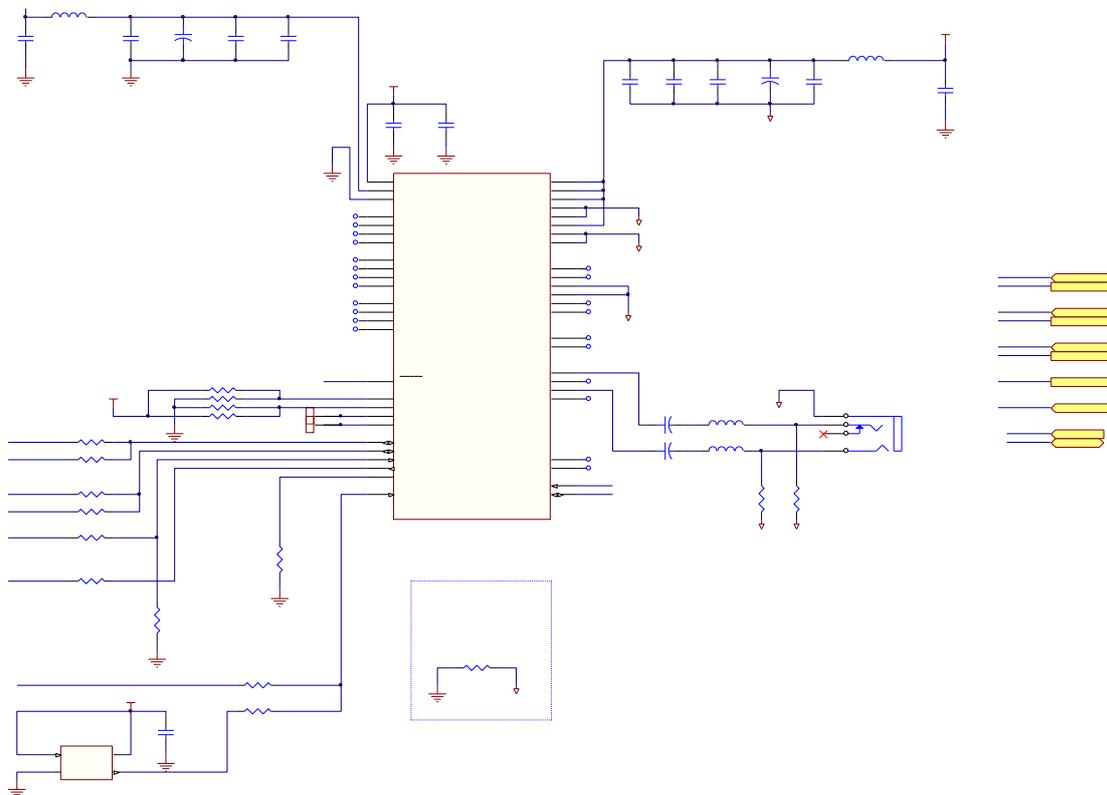
F - INTERFACE SERIAL



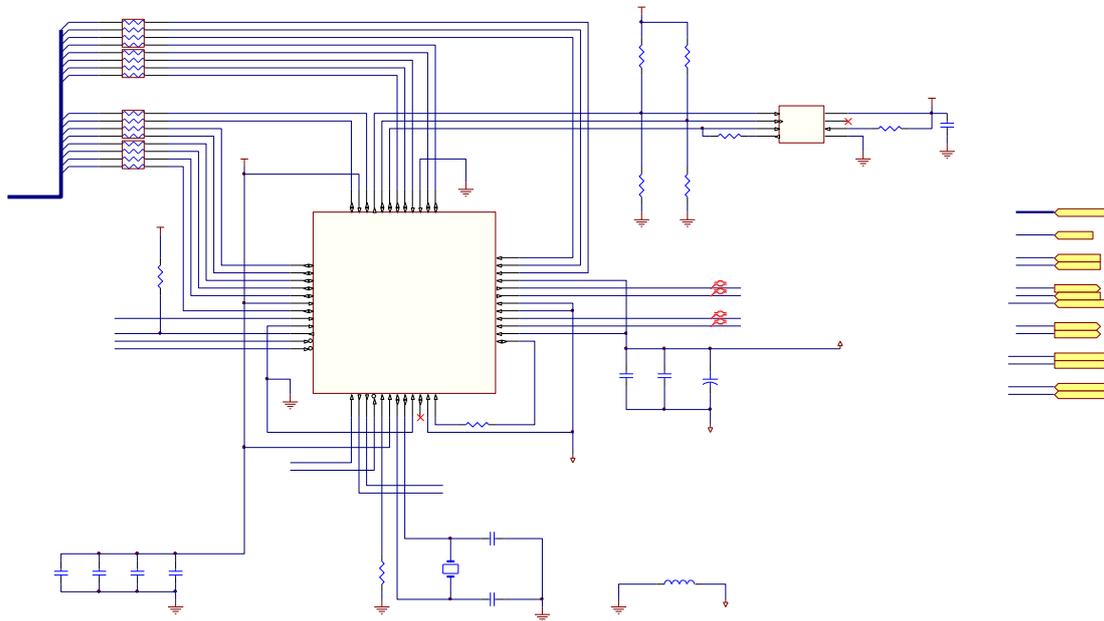
G - INTERFACE SD/MMC CARD



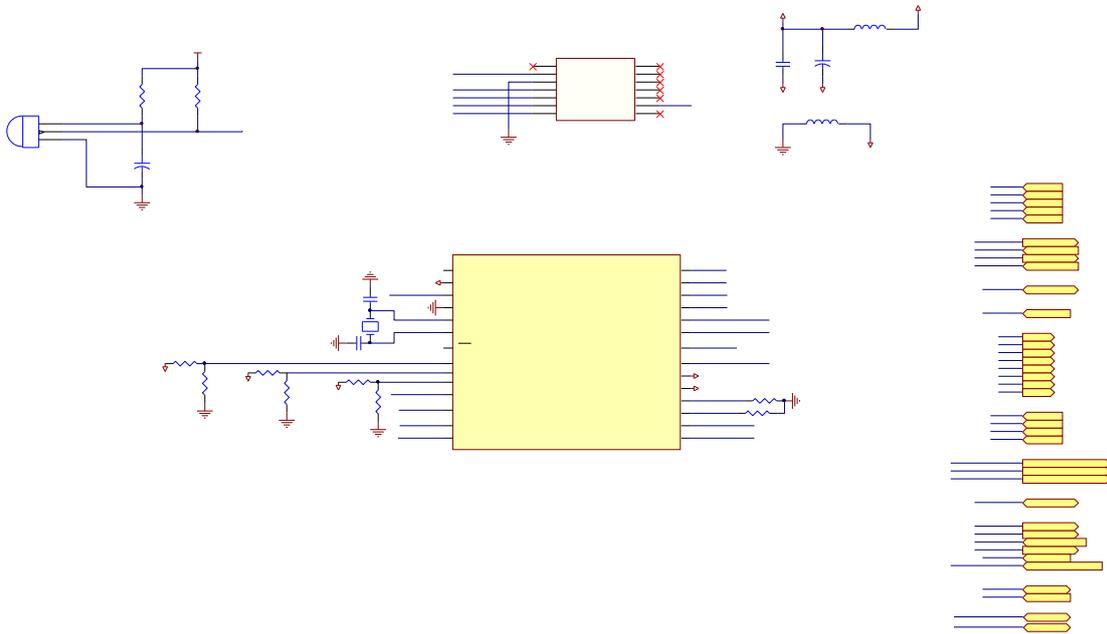
H - SAÍDA DE ÁUDIO



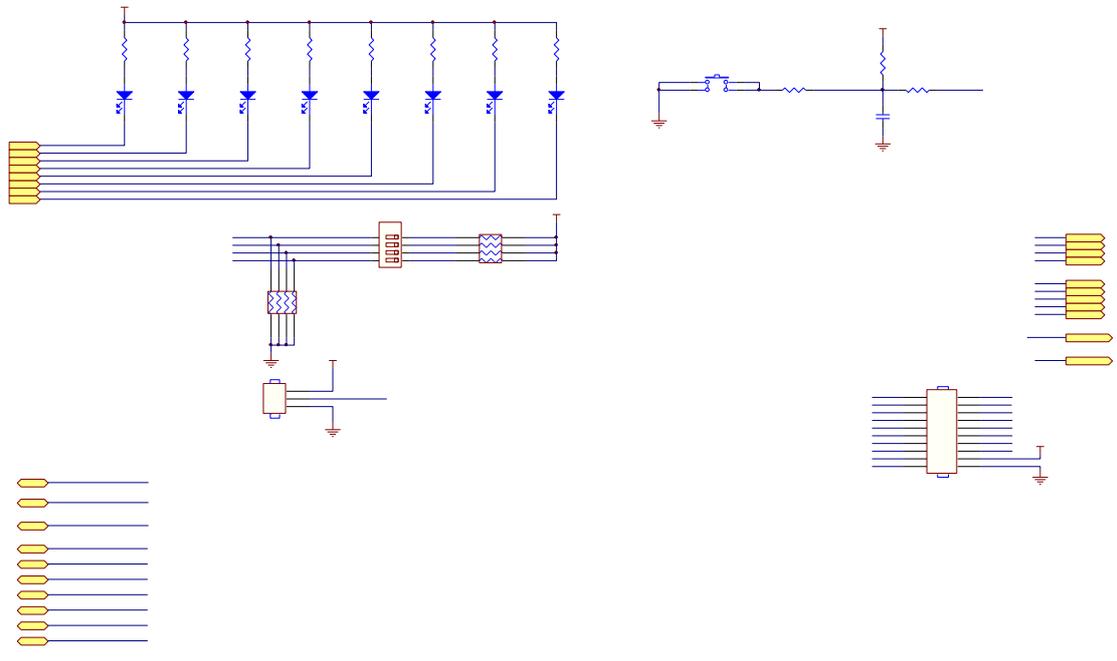
I - INTERFACE ETHERNET



J - MICROCONTROLADOR



K - LEDS E BOTÃO RESET



L - FONTES DE TENSÃO

