GUSTAVO MOREIRA CALIXTO

A interoperabilidade nos sistemas de televisão digital interativa

São Paulo

2016

GUSTAVO MOREIRA CALIXTO

A interoperabilidade nos sistemas de televisão digital interativa

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

São Paulo

2016

GUSTAVO MOREIRA CALIXTO

A interoperabilidade nos sistemas de televisão digital interativa

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração:
Sistemas Eletrônicos

Orientador:
Prof. Dr. Marcelo Knorich Zuffo

São Paulo
2016

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Moreira Calixto, Gustavo

A interoperabilidade nos sistemas de televisão digital interativa / G.

Moreira Calixto -- versão corr. -- São Paulo, 2016.

146 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

1.TELEVISÃO DIGITAL 2.INTEROPERABILIDADE 3.TELEVISÃO
INTERATIVA I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento
de Engenharia de Sistemas Eletrônicos II.t.

Dedico este trabalho a Deus, por ter permitido chegar até aqui.

Agradecimentos

Agradeço a meus pais, Armando e Sarita, e a minha irmã, Amanda, que sempre me apoiaram. Em especial, aos meus pais, os quais mostraram que a dedicação aos estudos é o caminho mais curto para a edificação do homem;

Agradeço minha esposa Mariana, que sempre esteve ao meu lado nos bons e maus momentos, que sempre me apoiou para que este trabalho fosse realizado e que nos presenteou com chegada do nosso filho Pedro ao mundo durante o período de doutoramento, tendo paciência e compreensão nos momentos os quais precisei me ausentar de minhas responsabilidades na família;

Agradeço aos meus sogros José Luciano e Divanil, e a meu cunhado, Bruno, os quais sempre apoiaram a mim e minha família, principalmente nos momentos os quais necessitei de concentração para a elaboração desta tese;

Agradeço ao parceiro de pesquisa e amigo Alan César Belo Angeluci, o qual sempre me auxiliou na minha pesquisa e foi meu conselheiro nas minhas tomadas de decisões;

Agradeço ao orientador Prof. Dr. Marcelo Knorich Zuffo, o qual confiou em meu trabalho, forneceu o suporte necessário e me auxiliou no desenvolvimento de habilidades e competências para minha formação como pesquisador;

Agradeço ao Prof. Dr. Moacyr Martucci Junior, o qual confiou em minhas mãos grandes responsabilidades e, também, me apoiou como um grande conselheiro;

Agradeço ao Prof. Dr. Celso Setsuo Kurashima pela confiança e apoio a esta pesquisa;

Agradeço ao Prof. Dr. Joseph Straubhaar e Profa. Dra. Christine Julien, da *University of Texas at Austin* por carinhosamente ter me recebido como pesquisador visitante no meu período de estágio no exterior;

Agradeço aos colegas do Centro Interdisciplinar de Tecnologias Interativas (CITI), os quais me forneceram o suporte necessário para a realização desta pesquisa;

Agradeço aos colegas da Televisão Universitária da Unesp (TV UNESP), os quais me apoiaram no desenvolvimento de estudos e experimentos desta pesquisa;

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro através do projeto *Rede de Cooperação Universitária para Ensino Superior e Pesquisa Avançada em TV Digital e seus Cenários Interdisciplinares de Evolução*, participante do Edital RH-TVD 01/2007;

Agradeço a FINEP pelo apoio financeiro através do projeto *BRIPTV: Desenvolvimento de um middleware IPTV para o mercado global*;

Agradeço o CNPq pelo apoio financeiro através do projeto *GLOBAL ITV: Interoperability of Interactive and Hybrid TV systems: A new advanced scheme for future services and applications in a global environment*, participante do Edital BR/UE 13/2012.

“O sucesso consiste em ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo.”

Winston Churchill

Resumo

A televisão nos dias atuais tem sofrido inúmeras inovações tecnológicas nos campos das transmissões multimídia, qualidade audio-visual e diversidade de funcionalidades. Entretanto, esta essencialmente mantém sua característica de fornecer informações de forma quase que instantânea à população. O ambiente atual da televisão digital é caracterizado pela coexistência de inúmeros dispositivos capazes de oferecerem uma experiência televisiva, associando-se computadores pessoais, smartphones, tablets e outros eletrônicos de consumo. Ainda, pode se incluir a este cenário a disponibilidade de inúmeras redes de transporte de dados tais como a radiodifusão, satélite, cabo e redes em banda larga. Este cenário diversificado, em termos de dispositivos e redes, é denominado de cenário de televisão digital híbrida, a qual destaca-se a interação do expectador com os diversos dispositivos. Estes cenários, por sua vez, motivam o desenvolvimento de tecnologias que permitem o aperfeiçoamento da pervasividade e dos meios pelos os quais os aplicativos possam ser suportados em diferentes plataformas. Este trabalho propõe ambientes interoperáveis envolvendo a televisão digital interativa e outros eletrônicos de consumo, aos quais foram realizados estudos e experimentos para se observar diferentes técnicas de sincronização e comunicação entre plataformas de interatividade para a televisão digital híbrida. Os resultados apontam para a possibilidade de cenários interoperáveis envolvendo o uso de marcadores e também recursos de redes e serviços TCP/IP, levando em consideração a eficiência e eficácia nos diferentes métodos. Conclui-se que os resultados podem motivar o desenvolvimento de cenários diferenciados envolvendo a televisão digital interativa e dispositivos de segunda tela, o que incrementa a interatividade e as formas de entretenimento.

Palavras-chaves: Televisão digital. Interoperabilidade. Televisão Interativa.

Abstract

The television is nowadays under a wide number of technological innovations in the fields of multimedia broadcasts, audio-visual quality and diversity of features. However, TVs essentially retain their characteristic to provide information almost instantly to the population. The current environment of digital television is characterized by the coexistence of numerous gadgets capable of providing a experience aggregating personal computers, smartphones, tablets and other consumer electronics. Thereafter, you can include this scenario the availability of numerous data transmission such as broadcasting, satellite, cable and broadband networks. This scenario in terms of devices and networks, is called hybrid digital television, which highlights the interaction of the viewer with the various devices. By the way, these scenarios motivate the development of technologies which allow the improvement of the pervasiveness and ways that applications can be supported by different platforms. This work proposes interoperable environments involving interactive digital TV and other consumer electronics, which were carried out studies and experiments to observe different synchronization techniques and communication between interactive platforms for hybrid digital television. The results pointed out to the possibility of interoperable scenarios involving the use of tags and also network resources and services such as TCP/IP, taking into account the efficiency and effectiveness of the different methods. The results could lead the development of different scenarios involving interactive digital TV and second screen devices, which increases the interactivity and forms of entertainment.

Keywords: Digital Television. Interoperability. Interactive Television.

Lista de Figuras

2.1	Representação da comunicação entre os dispositivos no uso do Chromecast.	41
2.2	Representação da comunicação entre os dispositivos no uso do Apple TV. .	42
2.3	Representação da comunicação entre os dispositivos no uso do Miracast. .	42
2.4	Central de Mídia Roku (ROKU, 2015).	43
2.5	Rede de palavras-chaves resultante da segunda pesquisa. Nota 1: Gráfico feito no software Ucinet, com os dados importados pelo software Sitkis. Nota 2. A espessura das linhas representa a intensidade dos vínculos entre as palavras chaves, i.e., o número de vezes em que são citadas conjuntamente	46
2.6	Rede de palavras-chaves resultante da terceira pesquisa. Nota 1: Gráfico feito no software Ucinet, com os dados importados pelo software Sitkis. Nota 2. A espessura das linhas representa a intensidade dos vínculos entre as palavras chaves, i.e., o número de vezes em que são citadas conjuntamente	48
3.1	Controle de uma tela principal por outras telas.	63
3.2	Múltiplas telas controlando um conteúdo interativo na TV (representado através da caixa "Middleware Ginga"). Fonte: (ANGELUCI, 2013)	64
3.3	Uso da TV nos anos 90 e nos tempos de hoje. Fonte: (TECHFOREVER, 2014)	65
3.4	Descrição genérica no uso de segunda tela para busca de informação extra.	65
3.5	Uso do QRCode como amostra de mídia.	66
3.6	Uso de imagem como amostra de mídia.	66
3.7	Uso de hashtag como amostra de mídia.	66
3.8	Mover o fluxo de uma tela para outra através do uso de rede local.	68

3.9	Mover o fluxo de uma tela para outra através do uso de interface física de áudio e vídeo.	68
4.1	Uso da hashtag em programa de TV voltado a seleção de cantores.	70
4.2	Exemplo de QR Code.	71
4.3	Distância mínima e máxima de captura do QR Code.	71
4.4	Distribuição da posição angular para captura do QR Code.	72
4.5	Tamanhos de QRCode utilizados no experimento.	73
4.6	Tamanhos de imagens utilizadas no experimento.	76
4.7	Exemplo de transmissão de uma mensagem STMF (CALIXTO et al., 2014a).	80
4.8	Mensagem STMF utilizada no experimento com audio watermark (CALIXTO et al., 2014a).	80
4.9	Encapsulamento das tags de audio watermark com o aplicativo iMovie (CALIXTO et al., 2014a).	81
4.10	Setup do experimento com audio watermark (CALIXTO et al., 2014a).	82
4.11	Disposição da TV e dos dispositivos de segunda tela (CALIXTO et al., 2014a).	83
4.12	Erro relativo apurado durante os testes com o audio watermark.	83
4.13	Variância encontrada durante os testes com o audio watermark.	84
4.14	Média de mensagens coletadas durante os testes com o audio watermark.	85
4.15	Eficácia nos diferentes métodos de sincronização por marcador.	85
4.16	Disposição da TV e dos dispositivos de segunda tela, com televisão atuando como cliente de servidor de troca de mensagens.	87
4.17	Disposição da TV e dos dispositivos de segunda tela, com televisão atuando como servidor.	87
5.1	Arquitetura de software proposta para o GLOBAL ITV na Fase (GLOBALITV, 2013).	91
5.2	Arquitetura de software proposta para o GLOBAL ITV na Fase 2 (GLOBALITV, 2013).	91
5.3	Arquitetura do demonstrador do GLOBAL ITV (GLOBALITV, 2013).	92
5.4	Configurações no experimento com o aplicativo Ginga-NCL e o dispositivo de segunda tela.	97

5.5	Envio e recebimento de mensagem no experimento com o aplicativo Ginga-NCL e o dispositivo de segunda tela.	98
5.6	Configurações no experimento com o aplicativo HbbTV e o dispositivo de segunda tela.	100
5.7	Envio e recebimento de mensagem no experimento com o aplicativo de segunda tela e o aplicativo HbbTV.	100
5.8	Comparativo entre os resultados obtidos nos diferentes experimento com a segunda tela (utilizando interpolação polinomial).	101
5.9	Arquitetura proposta para o cenário de interatividade entre a televisão e os dispositivos de segunda tela.	103
5.10	Pilha de software sugerida para a televisão.	104
5.11	Pilha de software sugerida para o dispositivo de segunda tela.	104

Lista de Tabelas

2.1	Revistas com maior número de citações globais anuais	45
2.2	Artigos selecionados para a análise empírica	49
2.3	Artigos selecionados para a análise empírica (continuação)	50
2.4	Artigos selecionados para a análise empírica (fim)	51
2.5	Artigos selecionados para a análise empírica sobre segunda tela	55
2.6	Artigos selecionados para a análise empírica sobre segunda tela (continuação)	56
4.1	Área ocupada pelo QRCode em cada vídeo utilizado no experimento.	72
4.2	Captação de QR Code (E_f) com software QRDroid utilizando câmera de alta definição e autofoco	74
4.3	Eficácia na leitura com software QRDroid utilizando câmera de alta definição e autofoco	74
4.4	Captação de QR Code (E_f) com software Scan utilizando câmera de alta definição e autofoco	74
4.5	Eficácia na leitura do QRCode com software Scan utilizando câmera de alta definição e autofoco	75
4.6	Área ocupada pelas imagens em cada vídeo utilizado no experimento.	75
4.7	Captação de imagem (E_f) com Google Googles utilizando câmera de alta definição e autofoco	76
4.8	Eficácia na detecção da imagem com Google Googles utilizando câmera de alta definição e autofoco	77
4.9	Captação de audio (E_f) com Shazam utilizando smartphone Motorola XT910	78
4.10	Captação de audio (E_f) com Shazam utilizando tablet Samsung Galaxy Tab 2	78

4.11 Captação de áudio (E_f) com Google Sound Search utilizando smartphone Motorola XT910	78
4.12 Captação de áudio (E_f) com Google Sound Search utilizando tablet Sam- sung Galaxy Tab 2	78
4.13 Dados coletados durante o ciclo de medições no experimento de áudio wa- termark	84

Sumário

<i>1. Introdução</i>	27
1.1 Objetivos	30
1.2 Hipótese	31
1.3 Materiais e Métodos	31
<i>2. Estado da arte em sistemas de televisão digital interativa</i>	33
2.1 Sistema Brasileiro	33
2.2 Sistema Europeu	36
2.3 Sistema Japonês	37
2.4 Sistema Norte-Americano	38
2.5 Google Chromecast	39
2.6 Apple TV	40
2.7 Miracast	41
2.8 Roku	43
2.9 Revisão acadêmica da produção científica	43
2.9.1 TV Digital Interativa	44
2.9.2 Segunda Tela	53
2.10 Considerações gerais sobre o uso da segunda tela com as tecnologias existentes	58
<i>3. Domínios de abordagem do uso de múltiplas telas</i>	59
3.1 Fluxo de mídia	59
3.1.1 Transmissão de conteúdo linear	59
3.1.2 Transmissão de conteúdo sob demanda	61

3.2	Ambientes de interatividade	62
3.3	Formas de uso das telas	62
3.3.1	Controle de uma tela principal por outras telas	62
3.3.2	Busca de dados extra de um fluxo executado em uma tela principal	64
3.3.3	Mover um fluxo para outra tela	67
3.4	Considerações sobre o estudo	68
4.	<i>Sincronização entre a televisão e a segunda tela</i>	69
4.1	Uso de marcadores (tags)	69
4.1.1	Hashtag	69
4.1.2	QR Code	70
4.1.3	Detecção de imagem	75
4.1.4	Audio fingerprint	77
4.1.5	Audio watermark	79
4.2	Uso de infraestrutura de rede	85
5.	<i>Cenários de interoperabilidade entre a televisão e a segunda tela</i>	89
5.1	Tecnologias para o cenário de interoperabilidade	89
5.2	Experimentos com plataformas de interatividade e dispositivos de segunda tela	96
5.2.1	Ginga-NCL	96
5.2.2	HbbTV	98
5.2.3	Resultado dos experimentos	101
5.3	Consolidação de um sistema híbrido e interoperável envolvendo a televisão e a segunda tela	102
6.	<i>Discussão dos resultados e validação de hipóteses</i>	105
6.1	Limitações no estado da arte	105
6.2	Coexistência de sistemas de interatividade	107
6.3	Interoperabilidade nos aplicativos de segunda tela	107
7.	<i>Conclusão</i>	109
	<i>Referências</i>	113

<i>Apêndice</i>	123
<i>A. Apêndice A</i>	125
A.1 Experimento com aplicativo Ginga-NCL e segunda tela	125
A.1.1 Aplicativo Ginga-NCL	125
A.1.2 Aplicativo Segunda Tela HTM5 + Extensão Google Chrome	128
<i>B. Apêndice B</i>	135
B.1 Experimento com aplicativo HbbTV e segunda tela	135
B.1.1 Aplicativo HbbTV	135
B.1.2 Aplicativo Segunda tela	139
B.1.3 Aplicativo Servidor de Troca de Mensagens	142

Introdução

Os seres humano buscam ao longo da história aperfeiçoar seus meios de comunicação, interagindo com o mundo que o rodeia, permitindo a troca de ideias e a aquisição de conhecimento. As formas de comunicações consolidadas pelos humanos ao longo dos tempos têm contribuído também para a evolução e sobrevivência da espécie (WOLF; FIGUEIREDO, 1987).

Os meios de comunicações evoluíram de tal forma a permitir armazenamento de grandes quantidades de informações e comunicar-se independentemente da distância. Humanos próximos um dos outros utilizam, por exemplo, a voz ou gestos para se comunicarem. Para longas distâncias, diversas ferramentas foram criadas com o uso das tecnologias existentes, facilitando o envio e o recebimento de informações. Na pré-história, os homens faziam desenhos nas paredes das cavernas, retratando aspectos de sua vida cotidiana. A escrita com suas variações idiomáticas evoluiu a ponto de permitir expressar coisas, lugares, situações e tempo com detalhes. Obras artísticas, tais como pinturas e esculturas, corroboram o pensamento do autor e são meios de comunicações que dependem da percepção do receptor. Nesse contexto, tecnologias contribuem para o dinamismo dos meios de comunicações, sendo parte integrante da evolução do homem e da sociedade (WOLF; FIGUEIREDO, 1987). Dentre as tecnologias que oferecem contribuições à evolução das comunicações, podem ser destacadas a telegrafia, a telefonia, a radiocomunicação e as redes de computadores (HUURDEMAN, 2003).

O uso dos computadores como uma ferramenta de envio e recepção de dados é recente, comparado à evolução dos meios de comunicações tradicionais (jornais, revistas, televisão, cinema), sendo interessante observar, primeiramente, os objetivos primordiais do computador: uma máquina para apoiar o ser humano na realização de cálculos que

demandassem a necessidade de operações iterativas, exatas e em tempo reduzido (HURDEMAN, 2003). Isto é consequência, em parte, do surgimento da máquina de calcular operacional, o nome "*computador*" era destinado a homens especialistas em realizar cálculos matemáticos. A primeira pessoa a construir uma máquina de calcular foi Blaise Pascal (1623-1662), a qual fazia operações de subtração e adição.

Trinta anos mais tarde, o matemático alemão Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) construiu uma máquina capaz de efetuar contas com as quatro operações. Depois de aproximadamente 150 anos um professor de matemática da Universidade de Cambridge, Charles Babbage, projetou e construiu o que é chamado de máquina analítica, próxima o que chamamos de máquina moderna, inteiramente mecânica e programável. Já na metade do século 20, o computador evoluiu para o uso em maior escala, para fins acadêmicos e militares, mas ainda com o propósito geral de fazer contas.

Segundo (ROSIN, 2003) e (TURING, 1950), nos anos 50, Alan Turing e John von Neumann se destacaram na proposição do atual paradigma do computador: instruções pré-definidas em uma central de processamento, espaço para armazenamento de dados temporários, interfaces de entrada de dados e interface de saída de dados. A partir dos anos 60, empresas iniciaram o oferecimento de serviços de computação para o setor privado, evoluindo em aspectos de tamanho do equipamento, desempenho e interfaces de entrada e saída. Nos anos 80, profissionais como Steve Jobs e Bill Gates vislumbraram o computador como um equipamento factível de ser incorporado ao uso doméstico para otimizar tarefas cotidianas e oferecer entretenimento, como destaca (CARLTON; ANNOTATIONS-KAWASAKI, 1997) e (WALLACE; ERICKSON, 1993).

Nos anos 90, com a evolução dos semicondutores e produção de computadores pessoais em larga escala, o computador se tornou um recurso essencial em uma grande variedade de equipamentos, tais como os eletrodomésticos e veículos (ZINSER, 2000). Agora, no século 21, a computação ubíqua está sendo intensamente explorada, assim como a pervasividade destes equipamentos com o humano, desenvolvendo interfaces cada vez mais cognitivas e que permitem um processo de comunicação natural e intuitivo (LYYTINEN; YOO, 2002). Além dos estudos de interface humano-máquina, o avanço nas telecomunicações, através da Internet e seus meios de transmissão, permite ao homem o desenvolvimento de diferentes soluções de interesse comum à sociedade. De fato, a Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC), a qual envolve o desenvolvimento tecnológico na

área de telecomunicações, computação, sistemas de informação e comunicação humana, oferece contribuições essenciais para a evolução em diferentes áreas do conhecimento (SHORTIS, 2001).

Os adventos da Internet e dos computadores móveis possibilitaram aos seres humanos se comunicarem em qualquer lugar e a qualquer momento (LEINER et al., 2009). Os computadores móveis com uma interface de fácil utilização e vinculados a serviços de telefonia provêm interfaces que se comunicam com diferentes equipamentos, redes de dados móveis e sistemas de posicionamento global (GPS), que resultam no que é chamado hoje de telefone inteligente (comumente chamado por *smartphone*). Atualmente, o *smartphone* é um equipamento explorado pela indústria e academia, com inúmeras aplicações práticas, como visto em (FALAKI et al., 2010), (CHON; CHA, 2011) e (CHIN et al., 2012).

Em paralelo a evolução dos smartphones, a televisão também é um equipamento o qual deve ser dada a devida atenção. O funcionamento elementar de uma televisão é de captar informações provenientes de uma transmissão de uma mídia (áudio e vídeo) em radiodifusão e exibir ao usuário.

A primeira demonstração de um televisor com imagens em movimento foi feita na década de 20, evoluindo para o sistema a cores em 1954. A partir dos anos 70, foi iniciado um processo de digitalização da televisão: tanto no processo de transmissão e no processo de recepção. Nos dias de hoje o televisor passou de um simples receptor de radiodifusão para uma central de mídia baseado em um sistema digital embarcado e conectado a diferentes meios de comunicação, possibilitando aos usuários uma experiência de interatividade midiática diferenciada, como mostra (SMITH; PATERSON, 1998), (WU et al., 2006) e (ZUFFO, 2008).

Nos dias de hoje o indivíduo tem a possibilidade de obter informações e interagir através de diferentes tecnologias, podendo se limitar a uma única interface ou também em cenários com duas ou mais interfaces. A televisão até o final dos anos 90 era o principal meio de obtenção de informação multimídia, visto sua característica imediatista e de transmissão a grandes populações (MATTOS, 2002). Apesar da televisão nos dias de hoje não ter perdido a característica imediatista, o uso da Internet através de computadores pessoais e smartphones para a obtenção de informações e entretenimento têm dividida a atenção de usuários com a televisão, sendo um cenário de interatividade híbrido (televisor e outro equipamento com acesso a Internet) envolvendo duas interfaces. Além do cenário

envolvendo o televisor e equipamentos com acesso a Internet, outras situações com o uso de dois ou mais equipamentos pode ser levado em consideração: smartphones e computadores pessoais, smartphones entre si e outros. Outro ponto que deve ser levado em consideração é a possibilidade destes equipamentos se conectarem por redes de comunicações, oferecendo aos usuário diferentes possibilidades de uso, como destacado por (OWEN, 2009) e (HAVICK, 2000).

Os cenários emergentes de uso das tecnologias despertam o interesse da indústria e da academia para a descoberta de novos caminhos para a evolução dos meios de comunicações. Por exemplo, o despertar do interesse dos usuários para o uso de dois ou mais equipamentos em um cenário de interatividade, o que resulta na motivação de diferentes ações para o desenvolvimento tecnológico. Dois caminhos já explorados pela comunidade científica são as chamadas *Internet das Coisas* e *Computação Natural*. A Internet das Coisas tem por objetivo capacitar quaisquer artefatos do dia-a-dia a se comunicarem de maneira inteligente às soluções de processamento de dados que possam realizar predições e assim disparar ações de melhoria para uma população (GUBBI et al., 2013). A Computação Natural é uma ramo da ciência destinado a adaptar padrões de comportamento da natureza na computação (CASTRO, 2006). Os estudos de aperfeiçoamento da comunicação bidirecional envolvendo o ser humano e múltiplos dispositivos é inovador e de interesse da indústria e da comunidade científica.

1.1 Objetivos

A pesquisa a ser apresentada nos capítulos a seguir está inserida no contexto apresentado, tendo como objetivo geral desta pesquisa é *investigar e propor contribuições para os cenários envolvendo a televisão digital interativa em conjunto com outros eletrônicos de consumo*. A palavra *tela*, no contexto desta pesquisa, engloba os equipamentos que usam a tela como o principal meio de interface com o usuário. Para atingir o objetivo geral da pesquisa, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- *Objetivo Específico 1:* Desenvolvimento de um estudo das tecnologias que possibilitam o uso de duas ou mais telas em cenários de interatividade, pesquisando os diferentes cenários de uso no domínio permitido pelo estado da arte.
- *Objetivo Específico 2:* Realizar o levantamento dos diferentes domínios de aborda-

gem de uso da televisão com múltiplas telas além dos já permitidos pelo estado da arte, buscando alternativas pouco exploradas pela indústria e pela comunidade científica.

- *Objetivo Específico 3:* Desenvolver experimentos em laboratório para explorar as possibilidades de comunicação entre a televisão digital interativa e as múltiplas telas, realizando as coletas de dados que contribuam para as discussões a serem realizadas nesta pesquisa.
- *Objetivo Específico 4:* A partir do levantamento dos diferentes domínios de abordagem do uso da televisão com as múltiplas telas e os resultados dos experimentos, propor contribuições na área de engenharia envolvendo cenários de interoperabilidade entre a televisão digital interativa e as múltiplas telas.

1.2 Hipótese

Além do objetivo geral e objetivos específicos da pesquisa, é proposta a seguinte hipótese: *Há a possibilidade de haver sistemas de televisão digital interativa podem coexistir em um mesmo ambiente e que aplicativos desenvolvidos para dispositivos de segunda tela possam interoperar em diferentes plataformas?*

1.3 Materiais e Métodos

O trabalho proposto é caracterizado como uma pesquisa *exploratória*, buscando contribuições na área de engenharia com o desenvolvimento de novas soluções para os cenários que envolvem as plataformas de interatividade em televisão de sistema aberto e o uso de múltiplas telas. Em relação a metodologia de pesquisa a mesma é caracterizada por qualitativa e quantitativa: *quantitativa* no aspecto de analisar os resultados quantitativos dos experimentos propostos; *qualitativo* a partir de observações nos experimentos que não podem ser mensuráveis e devem ser destacados na pesquisa pela descrição do mesmo.

A primeira etapa no desenvolvimento da pesquisa consiste em elaborar um referencial teórico baseado na investigação do estado da arte em relação a televisão e o uso de múltiplas telas, ao qual também pretende-se buscar trabalhos relacionados ao tema proposto. A segunda etapa consiste em realizar um levantamento dos domínios de abordagem do uso

de múltiplas telas, descrevendo cenários que são possíveis no estado da arte e também outros pouco explorados. Nesta etapa, também pretende-se investigar os diferentes meios de comunicação para sincronização entre dois equipamentos.

A terceira etapa se resume ao desenvolvimento de experimentos com contribuições em engenharia trazendo cenários inovadores no uso de plataformas de interatividade em televisão digital no sistema aberto com múltiplas telas, coletando dados e observando o comportamento para a futura discussão. Por fim, na quarta etapa, busca-se consolidar as contribuições geradas por esta pesquisa, conduzindo a validação das hipóteses e apresentação da conclusão e trabalhos futuros.

O texto desta tese está organizado em partes e capítulos, como apresentado a seguir. Os Capítulos 1 e 2 apresentam estudos das tecnologias e das possibilidades de interação entre o homem e os equipamentos a sua volta, focando no cenário da televisão e dispositivos de segunda tela. O Capítulo 1 apresenta o referencial teórico com o levantamento do estado da arte e os trabalhos relacionados ao tema proposto. O Capítulo 2 explora os domínios de abordagem do uso de múltiplas telas, sendo estruturados por cenários focados no fluxo de dados, atenção do usuário e a forma de uso das telas, além de investigar os meios de sincronização entre as telas.

Por sua vez, os Capítulos 3 e 4 abordam o desenvolvimento de soluções para o apoio à interatividade de múltiplas telas com diferentes meios de sincronização e plataformas de interatividade em televisão digital aberta. O Capítulo 3 apresenta experimentos referentes aos meios de sincronização entre a televisão e a segunda tela. Assim, o Capítulo 4 apresenta experimentos de interoperabilidade envolvendo aplicativos de segunda tela e plataformas de interatividade na televisão digital aberta.

Os Capítulos 5 e 6 abordam a consolidação das contribuições geradas, sendo que o Capítulo 5 traz discussões dos resultados, confrontando-os com a hipótese desta pesquisa. Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões, destacando as contribuições alcançadas, e descreve trabalhos futuros que podem fomentar novas pesquisas.

Estado da arte em sistemas de televisão digital interativa

Este capítulo tem por objetivo apresentar o referencial teórico no que diz respeito aos diferentes sistemas de televisão digital interativa. As Seções 2.1 a 2.4 abordando os recursos de interatividade nos sistemas de televisão linear em diferentes regiões. As Seções 2.5 a 2.8 exploram soluções voltadas ao fornecimento de mídia por demanda (*over-the-top*). A Seção 2.9, por sua vez, faz a revisão acadêmica da produção científica relacionada. Enfim, a Seção 2.10 faz as considerações gerais e prepara o leitor para o próximo capítulo.

2.1 Sistema Brasileiro

A transmissão brasileira de televisão terrestre foi a primeira na América do Sul e a segunda da América Latina. O lançamento da transmissão de televisão terrestre analógica brasileira, em 18 de setembro de 1950, foi precedida por alguns dias pelos mexicanos, em 31 de agosto de 1950. A transmissão de difusão terrestre em Cuba aconteceu mais tarde, em 24 de outubro de 1950. O acesso à televisão no Brasil pelo sistema de radiodifusão está disponível em 98% das residências e é considerado o principal meio de comunicação e sistema de entretenimento.

No Brasil, o SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisão Digital) foi criado em 23 novembro de 2003 pelo Presidente da República, a partir do decreto Nº 4901, que também se consolida com o Decreto Nº 5820, o qual demonstra o interesse no desenvolvimento de indústria nacional e inclusão digital e social por meio da TV, tendendo a tornar-se uma ferramenta para fins sociais, com a criação de canais para o executivo, cidadania, educação e cultura (ALENCAR; LOPES; MADEIRO, 2010).

O primeiro teste da televisão digital terrestre no país ocorreu em 2003, mas foi só em Dezembro de 2007 que a transmissão de radiodifusão digital terrestre se iniciou formalmente no Brasil, tendo como o ponto de partida a cidade de São Paulo. O Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre, tecnicamente conhecido como ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcast* - versão brasileira Terrestrial) é baseado no padrão japonês ISDB-T. O modelo brasileiro possui algumas características específicas, tais como as tecnologias proprietárias de interatividade na TV, atualizações das tecnologias de áudio e vídeo e entre outras contribuições (ANGULO; CALZADA; ESTRUCH, 2011).

Em termos de cobertura de transmissão, o ISDB-Tb está se expandindo rapidamente que, de acordo com a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), a cobertura da TV Digital chegou a mais de 480 municípios e 46,8% da população (aproximadamente 89,2 milhões de pessoas) em 2012, com 102 estações de transmissão com tecnologias de transmissão digital.

Inicialmente, havia a expectativa da ANATEL de que a cobertura da TV Digital foi igual ou maior que a cobertura do sinal da TV analógica, mesmo antes de 2016, o que se deveu ao final da transmissão transmissão analógica. De acordo com o Ministério das Comunicações, estudos mostraram a possibilidade de iniciar o desligamento gradual do sinal analógico, visto o interesse do uso desta faixa de transmissão para a telefonia móvel 4G.

O plano de desligamento iniciou-se nas grandes cidades à partir de 2015, tomando como ponto de partida os primeiros locais que receberam o sinal digital. A expectativa é que o sinal analógico seja desligado em todo o país em 2018 (ANATEL, 2011).

O ISDB-Tb basicamente difere tecnicamente de original japonês ISDB-T na utilização do H.264 / MPEG-4 AVC como o padrão de compressão de vídeo, sendo que o ISDB-T utiliza H.262 / MPEG-2, a taxa de apresentação de 30 fps (frames por segundo), mesmo em dispositivos portáteis (ISDB-T, One Seg, utiliza 15 quadros por segundo para dispositivos portáteis). Outras diferenças importantes são a mobilidade e interatividade. A interatividade é baseado em um sistema de software chamado Ginga, a qual permite executar aplicativos em Ginga-NCL (baseado em linguagem NCL e Lua) e Ginga-J módulos (baseado em Xlets Java).

O Ginga é uma camada de software intermediária entre o sistema operacional e os aplicativos, possuindo duas funções principais: (i) fazer aplicativos independente do sis-

tema operacional e da plataforma de hardware utilizado (ii) apoiar o desenvolvimento de aplicativos.

O middleware Ginga é dividido em dois subsistemas integrados: núcleo comum (Ginga-CC) e do ambiente de execução do aplicativo. O ambiente de execução suporta a execução de aplicações NCL declarativos (Ginga-NCL) integrados no ambiente de tempo de execução de aplicações Java (Ginga-J). Os receptores que operam no SBTVD devem suportar a execução de aplicativos Ginga-NCL e Ginga-J, enquanto o Ginga-J é opcional no caso de terminais portáteis (FILHO; LEITE; BATISTA, 2007) (SOARES; RODRIGUES; MORENO, 2007).

Para sistemas de TV digital baseado em IPTV, de acordo com a Recomendação ITU-T H.761, apenas o Ginga-NCL é obrigatório (ITU, 2014).

Atualmente existem comunidades de desenvolvimento do Ginga na América Latina, tais como o próprio Brasil, Argentina, Peru, Equador, Chile e Bolívia. Além disso, os países que adotaram o ISDB-T como padrão de televisão digital são elegíveis para adotar o Ginga como o sistema de interatividade (RIO, 2014).

A arquitetura do Ginga envolve diferentes elementos em uma visão geral de alto nível: elementos de transmissão, elementos de usuários, primeira milha (tecnologia de acesso), *backbone* e serviço.

O elemento de transmissão representa o sinal de televisão propagado no ar, contendo a mídia principal e informações sobre o aplicativo disponível. O aplicativo, por sua vez, é transmitido utilizando seções DSM-CC (semelhante a uma plataforma GEM) ou, se disponível, utilizando recursos da Internet. Para ambos os modos, a aplicação Ginga está hospedado em um servidor de conteúdo e a sinalização de um aplicativo disponível é sempre enviada através da tabela AIT (*Application Information Table*). Esta tabela é montada com base em um metadados transmitidos pela emissora quando um canal de TV digital está sintonizado (NBR, 2007). O receptor é preparado para analisar o conteúdo transmitido por uma radiodifusora, identificar a disponibilidade de aplicativos, obtê-lo usando a nuvem Internet ou diretamente através de um método DSM-CC. Além disso, a emissora pode alterar o aplicativo em tempo de execução e em adicional este usuário final pode aumentar a experiência através da combinação com serviços da Internet (NBR, 2008).

O Ginga possui recursos que podem ser explorados para o desenvolvimento de cenários envolvendo múltiplas telas, por exemplo, através do acesso aos protocolos de rede

nativos dos dispositivos, que podem ocorrer através de scripts baseados em Lua. As rotinas de comunicação com outros dispositivos podem ser elaborados, desde que a TV esteja conectada a uma rede e que a mesma disponibilize o acesso para as bibliotecas de software para acesso a rede. O Ginga é um sistema de interatividade explorado pelos radiodifusores brasileiros, com potencial para o desenvolvimento de cenários envolvendo a televisão e múltiplas telas, usando, por exemplo, o receptor como o responsável pelo gerenciamento de ações na experiência de interatividade. Vale ressaltar que um ponto positivo é que estes aplicativos podem ser enviados por iniciativa da radiodifusão. Um ponto negativo é a divergência com o modelo de negócio das Smart TVs.

2.2 Sistema Europeu

Um dos primeiros sistemas de interatividade em televisão na Europa, já disponível nos anos 80, foi chamado BTX (sigla originada da palavra alemã *Bildschirmtext*, que significa tela de texto). Esse sistema exigia um aparelho de televisão para a apresentação de mensagens na tela e um telefone com um modem para transferir os dados. Mais tarde, com a virada do século e novos sistemas proprietários, tal como MediaHighway e o Open TV, foi observada a necessidade de um novo sistema aberto. O MHP (*Multimedia Home Platform*) foi o primeiro sistema aberto proposto na Europa após o BTX, mas não foi um sucesso por haver limitações do mercado (GIL et al., 2002). Com o avanço da Internet, tornando-se presente em todos os lugares e com o aumento da capacidade de transmissão de conteúdo multimídia, a Apple e o Google também têm tentado obter a sua quota de mercado de TV na Europa, liberando set-top-boxes, a fim de distribuir o seu conteúdo através da televisão (EDWARDS, 2015).

Quando a primeira geração de SmartTVs entrou no mercado mundial a maioria dos fabricantes de TV teve suas soluções proprietárias e isso levou a uma fragmentação do uso de serviços de interatividade em TV na Europa. Isso resultou na divergência entre a interatividade na TV aberta e proprietária das SmartTVs. Com a motivação de inovar o sistema de interatividade em TV aberta e propor cenários que utilizam o sinal de radiodifusão e a Internet, foi formado em 2009 o consórcio do sistema HbbTV, incluindo os principais fabricantes como Samsung e Sony, empresas de radiodifusão, empresas de telecomunicações, provedores de serviços e institutos de pesquisa (MERKEL, 2010).

O HbbTV tem suas raízes na Europa e foi concebido no contexto do DVB com foco no mercado de transmissão Europeu e os requisitos regulatórios. As metas globais de projeto foram compromissos pragmáticos entre funcionalidade, hardware e os esforços de implementação utilizando as normas existentes, tanto quanto possível. A norma combina diferentes padrões do mundo no que diz respeito a transmissão em banda larga (DVB, OIPF, CEA, do W3C, etc.) e foi estendido por mais normas nas versões posteriores do HbbTV (CI+, DRM) (ETSI, 2012).

Um dos principais objetivos foi criar um padrão aberto. Neste caso, radiodifusores podem enviar seus aplicativos de maneiras independentes. O receptor HbbTV pode ser um adaptador para diferentes meios de comunicações que disponibiliza o acesso à Internet.

O HbbTV é um sistema de interatividade para televisão aberta que tem por característica permitir nativamente cenários híbridos, envolvendo a comunicação por radiodifusão e a Internet. Além disso, os aplicativos desenvolvidos para executar nos receptores são baseados em padrões da Web.

O recurso de uso de segunda tela no HbbTV permite compartilhar o comando da tela do aplicativo principal e faz a sincronização através do envio de um link ao dispositivo alvo através de um marcador (por exemplo, o QRCode). Esse link permite ao dispositivo de segunda tela comandar os mesmos objetos de software da tela principal.

Em resumo, o ponto positivo do HbbTV é de desenvolver aplicativos para cenários híbridos baseado no padrão da web, além de ser compatível com sistemas baseados no GEM. Como ponto negativo, assim como o sistema Ginga, é a divergência de modelo de negócio com os aplicativos proprietários das SmartTVs.

2.3 Sistema Japonês

O Hybridcast é uma plataforma de interatividade em TV digital baseado em HTML5 e desenvolvido para os sistemas de radiodifusão japonês, especificada em 2013 (OHMATA et al., 2013). Semelhante ao HbbTV, ele aproveita as tecnologias tais como HTML5, CSS3 e JavaScript para a implementação de soluções de televisão interativa, incluindo recursos nativos para o desenvolvimento de cenários voltados ao uso de segunda tela. As especificações do Hybridcast apresentam os modelos de sistema e aplicação, funções do receptor e as interfaces de software que possibilitam o uso do HTML5. Em geral, existem seme-

lhanças com padrões de interatividade em TV digital que suportam aplicativos baseados na web (MATSUMURA et al., 2014).

Do ponto de vista técnico, o Hybridcast é um modelo de interatividade em TV Digital híbrido no aspecto das telecomunicações, ou seja, permite a obtenção ou envio de dados através da radiodifusão ou Internet. Em linhas gerais, o receptor de TV Digital do Hybridcast permite receber sinalizações de aplicativos provenientes de radiodifusores, através da transmissão em ISDB, e receber aplicativos por meio da Internet. Por sua vez, o receptor é preparado para executar aplicativos baseados em HTML5, que durante a execução do aplicativo na TV, ele pode expandir a experiência de interatividade para múltiplas telas.

O receptor possui três camadas funcionais: a camada de hardware fornece recursos para sintonização, demodulação, demultiplexação e decodificação de conteúdo recebido pela radiodifusão e possibilita a conexão com a Internet. A camada de recepção faz a interpretação dos dados disponibilizada pela camada de hardware, preparando a aplicação para ser executada. Por último, camada de aplicação hospeda as funcionalidades requeridas para a execução de um aplicativo.

Nas situações que envolvem o uso de segunda tela, a comunicação é feita através de interfaces de software que facilitam a comunicação entre a segunda tela e a TV utilizando recursos de compartilhamento de sessão Web. A conexão entre o dispositivo de segunda tela e a TV é feita por intermédio de uma rede doméstica (MATSUMURA et al., 2014).

O Hybridcast é um padrão para interatividade em TV aberta no qual o foco é o desenvolvimento de aplicativos baseados no padrão HTML5 abordando o uso da segunda tela. O ponto positivo do Hybridcast é estar compatível com o padrão de radiodifusão ISDB e inovar com o uso de executor de aplicativos baseados na Web oferecendo também o suporte legado ao BML (*Broadcast Markup Language*). Entretanto, o Hybridcast não possui recursos nativos para a adaptação de outros padrões de interatividade em TV digital, sendo essa sua principal desvantagem.

2.4 Sistema Norte-Americano

Assim como qualquer outra tentativa de construir um conjunto bem definido de normas para o desenvolvimento de uma plataforma capaz de executar aplicativos interativos que funcionem no contexto de uma rede de televisão por cabo, CableLabs e outros prestadores

de serviços de cabo criaram uma iniciativa chamada *OpenCable* para definir um conjunto de normas para permitindo que os aplicativos de TV interativa nos Estados Unidos (SPECIFICATION, 2004). A Plataforma OpenCable (OCAP) é um middleware que surgiu para permitir o envio de aplicações interativas para os assinantes de redes de televisão a cabo. Os desenvolvedores e provedores de conteúdo podem usá-la para implantar aplicativos OCAP em receptores, tais como set-top boxes e televisões. Além disso, a OCAP é baseada em um modelo europeu proposto pelo DVB, chamado *Multimedia Home Platform* (MHP). Os aplicativos OCAP são desenvolvidos em linguagem Java utilizando bibliotecas de software compatíveis para os aplicativos OCAP (SPECIFICATION, 2004).

Semelhante a plataforma MHP, a plataforma OCAP suporta diferentes tipos de mídia e considerando que ela é destinada à transmissão à cabo, o fluxo de mídia e os aplicativos são distribuídos através de um operador de rede à cabo. O Servidor de Aplicativos distribui fluxo de mídia e aplicativos baseados no OCAP por uma rede de distribuição por cabo para os receptores, os quais contém um middleware para apoiar a execução das aplicações (ADAMS; DULCHINOS, 2001).

2.5 Google Chromecast

O Google Chromecast permite que o smartphone, tablet ou PC transmita diferentes tipos de mídias para serem executadas em uma TV, através de uma adaptador HDMI (GOOGLE, 2015a). Neste caso, o dispositivo móvel faz o papel de um controle remoto para a TV, pois todo o conteúdo é entregue por servidores Web diretamente ao dispositivo ao qual o Chromecast está conectado (EDWARDS, 2015).

A tecnologia de transmissão utilizado é baseado no protocolo DIAL (desenvolvido pela Netflix e YouTube, com o apoio da Samsung e Sony) e UPnP, para os quais os SDKs estão disponíveis respectivamente, para o transmissor e receptor (TEKEOGLU; TOSUN, 2015). O Chromecast permite que diferentes dispositivos controlem a TV ao mesmo tempo. Diferentes membros de uma família podem adicionar igualmente músicas ou vídeos para uma lista de reprodução.

Outro caso de uso é a transmissão de dados a partir de um dispositivo móvel para múltiplos terminais Chromecast, onde prevenção do acesso por terceiros só é impedida através de um senha de acesso ao Chromeacast.

Embora o usuário precise verificar um código identificador que é exibido na tela da TV durante a instalação, o mesmo é aplicado somente para distinguir entre os diferentes terminais Chromecast quando usá-los simultaneamente. Portanto, para ter acesso a um terminal Chromecast é necessário possuir a senha da rede wi-fi do enlace local o qual o Chromecast está conectado e o identificador do terminal Chromecast alvo. Em relação à privacidade de dados, o usuário tem que concordar que informações sobre o seu uso dos aplicativos será registrado pelo Google. Por isso, o usuário pode, eventualmente, ser identificado, entrando sistema de informação, que é armazenado em um relatório de inconsistências (ALI-HASAN, 2014).

A Figura 2.1 apresenta o funcionamento básico do Chromecast e a comunicação entre os dispositivos. As flechas em vermelho indicam a comunicação entre os dispositivos de segunda tela e o Chromecast, e as flechas em preto ilustram a comunicação entre o Chromecast e servidor de conteúdo. Através de uma rede doméstica (*Home Gateway*) os dispositivos de segunda tela entregam à execução de uma mídia de um respectivo aplicativo ao Chromecast, o qual se torna responsável pela troca de dados com um servidor de conteúdo na nuvem da Internet. Além da execução de diferentes tipos de mídia, o Chromecast também atua como um extensor de um browser Chrome.

2.6 *Apple TV*

O Apple TV é uma central de mídia desenvolvida para o consumo de diferentes produtos e com foco de comunicação entre dispositivos compatíveis com produtos da Apple, os quais possuem a função Airplay para transmitir dados multimídia (APPLE, 2015a). Este é um conjunto de protocolos dedicados ao reconhecimento automático e de acoplamento de diferentes dispositivos Apple em uma mesma área. Por exemplo, um iPhone se conecta via Wi-Fi ao Apple TV, que é novamente conectado à TV através de uma porta HDMI. Um controle remoto adicional para a Apple TV é fornecido para os casos os quais não se usa a segunda tela. As capacidades de streaming de Airplay não são limitadas para o Apple TV, mas também é possível executar conteúdos do mídia como por exemplo, do iTunes para outros dispositivos que suporte a comunicação pelo Airplay. Além disso, o Airplay permite ao usuário transmitir conteúdos de vídeo à partir de seu navegador Safari em seu celular para a TV através do Apple TV. Para esta função é necessário a instalação de um plugin

Figura 2.1: Representação da comunicação entre os dispositivos no uso do Chromecast.

no navegador Safari. Um kit de desenvolvimento para desenvolvimento de software para novos produtos compatíveis está disponível e, diferente do Google Cast, existem custos envolvidos. A Apple permite o envio de dados estatísticos para melhorar o produto.

A Figura 2.2 apresenta a comunicação entre dispositivos no uso do Apple TV. Na rede local os dispositivos se comunicam através de uma rede formada pelo recurso Airplay e o Apple TV que se encarrega da busca de dados em servidores de conteúdo na Internet (SOURSOS; DOULAMIS, 2012).

2.7 Miracast

Miracast é um padrão de comunicação certificado pela Wi-Fi Alliance (MIRACAST, 2015). O sistema baseia-se na tecnologia Direct Wi-Fi, o qual permite que os dispositivos troquem dados diretamente através de uma rede Wi-Fi (IEEE 802.11), sendo que os dispositivos suportados são automaticamente reconhecidos e comunicam-se diretamente, ou seja, sem o uso de um roteador. Diferente de qualquer smartphone ou tablet que são equipados com Miracast (variante A na Figura 2.3) fornecida pela fábrica, TVs podem ser

Figura 2.2: Representação da comunicação entre os dispositivos no uso do Apple TV.

atualizadas através de uma interface HDMI (variante B Figura 2.3). O Miracast é distribuído pelos fabricantes sob vários nomes. A Samsung, por exemplo, publica a tecnologia como AllShareCast. É por isso que dispositivos que possuem a funcionalidade AllShare podem ser acoplados à outros dispositivos compatíveis com o Miracast (RAOT; NAGARAJA et al., 2015).

Figura 2.3: Representação da comunicação entre os dispositivos no uso do Miracast.

2.8 Roku

Fundada em 2002, a empresa ROKU desenvolveu uma série de produtos para o mercado de eletrônica de consumo. Porém foi em 2008, em parceria com a Netflix, que a empresa introduziu no mercado um novo conceito para reprodução de *streaming* de vídeo digital da Internet. O produto alcançou patamares de quase um milhão de unidades nos EUA e atualmente a empresa possui mais de 100 canais disponíveis para o público em geral (ROKU, 2015). Sendo uma plataforma aberta, o streaming Player Roku disponibiliza um SDK onde é possível criar desde um canal de vídeo por demanda gratuito, utilizando um feed RSS para um serviço completo de subscrição de filme, até canais de música, rádio, Internet, compartilhamento de fotos, aplicativos sociais, bem como alta qualidade de jogos.

A Figura 2.4 apresenta o terminal de acesso e o controle remoto do Roku. É possível observar que a plataforma possui somente conectividade para redes Internet, não apresentando um modelo híbrido de comunicação social (PIERCE, 2010).

Figura 2.4: Central de Mídia Roku (ROKU, 2015).

2.9 Revisão acadêmica da produção científica

Esta seção trata da análise da literatura existente e a produção científica relacionada. O método de pesquisa utilizado para proceder com a análise da literatura sobre o tema *TV Digital Interativa* e *Segunda Tela* foi a análise bibliométrica, cujo modelo de pesquisa pode ser dividido nas seguintes etapas: definição dos parâmetros de busca e resultados da busca, geração dos metadados e análise empírica dos metadados gerados (NEELY,

2005).

As buscas foram estabelecidas na base de dados *ISI Web of Science* para o levantamento inicial das publicações, pois é possível localizar informações dos periódicos indexados pelo *Journal Citation Report (JCR)*, independente de sua base de origem.

Os metadados de pesquisa contribuem no mapeamento de relações entre os artigos selecionados para a busca de influência e assuntos norteadores. Para a geração destes metadados, os dados de entrada basearam-se em informações dos artigos selecionados, tal como as palavras-chave, referências bibliográficas e citações. É possível obter através da ferramenta *ISI Web of Science* um arquivo de saída contendo os dados dos artigos selecionados. A geração dos metadados foi dividida em três partes: busca das revistas-alvo para a pesquisa da produção científica, análise da produção científica existente nestas revistas e análise do impacto do tema proposto em relação a produção científica existente. A geração das redes foi gerada com o apoio dos softwares SiTIKS (SCHILDT, 2002), UCINET (BORGATTI; EVERETT; FREEMAN, 2002) e Netdraw (BORGATTI, 2002). O SiTIKS permite que os metadados dos resultados de pesquisa do *ISI Web of Science* sejam importados da base de dados e, depois, sejam processados para elaboração das análises. Foram geradas redes de palavras-chave nos softwares UCINET e Netdraw.

2.9.1 TV Digital Interativa

Esta seção trata da análise de bibliometria realizada para o assunto *TV Digital Interativa*. Inicialmente, a busca foi realizada com a seguinte chave de pesquisa:

Topic=((("Digital TV"OR "DTV"OR "TV"OR "Television") AND ("Interac*")) Refined by: Research Areas=(COMPUTER SCIENCE OR ENGINEERING OR TELECOMMUNICATIONS) AND Document Types=(ARTICLE) Timespan=Last 5 years. Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH.

Esta chave faz uma busca por artigos da área de engenharia, ciência da computação ou telecomunicações os quais o tópico seja relacionado com a Interatividade na TV. A expressão de busca leva em consideração as diferentes variações ao citar algo sobre televisão e também as variações da palavra *interactivity*. A busca leva em consideração somente artigos publicados entre os anos de 2009 a 2013. Nesta primeira pesquisa, foram obtidos 175 artigos, os quais serão utilizados, em uma primeira etapa, para encontrar as revistas às quais a pesquisa irá dar enfoque.

Através do uso da ferramenta HistCite, a qual faz a geração de metadados a partir dos dados importados da base *Web of Science*, foi possível elaborar uma classificação das revistas dos artigos selecionados através do total de citações globais (citações que leva em consideração todos os artigos da base, TGCS) por ano. Foram escolhidas 10 revistas com os maiores TGSC, as quais foram incrementadas informações sobre o índice de impacto dos últimos 5 anos (obtidos no *Journal Citation Report*) e informações sobre a classificação no WebQualis: se a revista pertence ao grupo ENGENHARIAS IV e qual o estrato neste grupo. A 2.1 apresentam os metadados relacionados a estas revistas.

Tabela 2.1 - Revistas com maior número de citações globais anuais, Fonte: ISI Web of Science e WebQualis CAPES

Nome da Revista	ISSN	TGCS/ano	Impacto	Engenharias IV	Estrato
INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER VISION	0920-5691	14,8	5,428	NÃO	A2
IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING	0018-9316	7,98	1,894	SIM	A1
IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	0098-3063	9,42	0,96	SIM	A1
SIGNAL PROCESSING-IMAGE COMMUNICATION	0923-5965	8,8	1,308	SIM	A1
IEEE-ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING	1063-6692	3,4	2,805	SIM	A1
ACTA BIOMATERIALIA	1742-7061	5	5,076	SIM	A2
JOURNAL OF VISUAL COMMUNICATION AND IMAGE REPRESENTATION	1047-3203	3,75	1,382	SIM	B1
IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS	1536-1284	5,4	3,128	SIM	A1
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	0957-4174	2,93	2,455	SIM	B1
IEEE INTERNET COMPUTING	1089-7801	2,8	2,098	NÃO	A2

Através dos dados apresentados na Tabela 2.1, é possível observar que cinco das dez revistas selecionadas possuem estrato A1 segundo a classificação do WebQualis. O estrato A1 do WebQuais indica que a revista está indexada no *Journal Citation Report* e possui a melhor faixa de índice de impacto da área. A segunda etapa da pesquisa foi filtrar os artigos selecionados pelas revistas com estrato A1, conforme apontado pela Tabela 2.1. Desse modo, a chave da segunda pesquisa foi

Topic=((("Digital TV"OR "DTV"OR "TV"OR "Television") AND ("Interac*")) Refined by: Research Areas=(COMPUTER SCIENCE OR ENGINEERING OR TELECOMMUNICATIONS) AND Document Types=(ARTICLE) AND Source Titles=(IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS OR IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING OR IEEE ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING OR IEEE WIRELESS COMMUNICATIONS OR SIGNAL PROCESSING IMAGE COMMUNICATION) Timespan=Last 5 years. Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH.

Com isso, o número de artigos selecionados foi reduzido para 36. A partir dos metadados importados a partir da base *ISI Web of Science*, estes foram processados pelo software SiTIKS. A partir dos dados processados, foi possível através dos softwares UCINET e Netdraw gerar a rede de palavras-chave, conforme mostra a Figura 2.5.

Figura 2.5: Rede de palavras-chave resultante da segunda pesquisa. Nota 1: Gráfico feito no software Ucinet, com os dados importados pelo software Sitkis. Nota 2. A espessura das linhas representa a intensidade dos vínculos entre as palavras chaves, i.e., o número de vezes em que são citadas conjuntamente

A rede de palavras-chave permite visualizar a frequência com as quais as palavras são utilizadas em conjunto, mostrando como os diferentes assuntos são relacionados com o tema proposto. Esta rede foi feita com todos os artigos que receberam citações (22 dos 36 artigos), de maneira a permitir uma melhor visualização da rede. As linhas em vermelho indicam que as palavras chaves foram utilizadas em conjunto durante uma vez. As linhas em azul indicam que as palavras chaves foram utilizadas duas vezes. Nesta rede

são removidas as palavras originadas da chave de busca. É possível observar que existem grupos de palavras chaves utilizadas isoladamente e não se integram com outros grupos (por exemplo, as palavras “HBBTV”, “MHP” e “FUTURE INTERACTIVE TV”). Entretanto, existem outras palavras que possuem ligações entre diferentes grupos, tais como as palavras “IPTV” e “SET-TOP-BOX”. A integração ou isolamento das palavras-chave permite visualizar a intensidade de contribuições oferecidas aos seus temas. Por outro lado, a intensidade das linhas permitem visualizar as contribuições existentes para um mesmo grupo de palavras-chaves (por exemplo, o grupo o qual inclui a palavra-chave “INTERNET”).

A terceira etapa da pesquisa foi realizar outro filtro, escolhendo outras palavras-chave, dentre as existentes na Figura 4, para se integrar ao tema do trabalho. Foram escolhidas as palavras “INTERNET”, “HBBTV”, “MIDDLEWARE”, “HYBRID SERVICE”, “FUTURE INTERACTIVE TV” e “DVB-H”. Além disso, foi incluída na segunda sentença da pesquisa a palavra “Cloud Comput*” para incluir também artigos com envolvam o tema de computação na nuvem com TV Digital. Desse modo, a chave de pesquisa foi:

```
Topic=((("Digital TV"OR "DTV"OR "TV"OR "Television") AND ("Interac*"OR "Cloud Comput*")) Refined by: Document Types=( ARTICLE ) AND Source Titles=( IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS OR IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING ) AND Topic=("INTERNET"or "HBBTV"OR "MIDDLEWARE"OR "HYBRID SERVICE"OR "FUTURE INTERACTIVE TV"or "DVB-H") Timespan=Last 5 years. Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH.
```

Desta chave de busca resultaram 16 artigos, sendo importante ressaltar que as escolhas das revistas para a construção do filtro, ficou-se apenas com as revistas IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS e IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING, visto que na segunda etapa de pesquisa, 35 dos 36 artigos resultantes estavam publicados nestas revistas. Com as mesmas ferramentas utilizadas na segunda etapa, outra rede de palavras-chaves foi gerada, conforme mostra a Figura 2.6. Esta rede foi gerada com as palavras-chave dos 16 artigos.

É importante observar que não foram encontradas relações entre as palavras-chaves informadas na terceira pesquisa, ou seja, através da Figura 2.6 foi possível observar a inexistência de redes com estas palavras em conjunto, justificando que o tema proposto por este trabalho é inovador e pode gerar um diferente viés de pesquisa para a comunidade científica. Além disso, foi possível localizar com exatidão as revistas candidatas para as

Figura 2.6: Rede de palavras-chave resultante da terceira pesquisa. Nota 1: Gráfico feito no software Ucinet, com os dados importados pelo software Sitkis. Nota 2. A espessura das linhas representa a intensidade dos vínculos entre as palavras chaves, i.e., o número de vezes em que são citadas conjuntamente

publicações dos resultados consolidados: IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS e IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING. Com os 16 artigos resultantes, uma análise empírica foi realizada para compreender qual foi o trabalho realizado e os resultados obtidos, a fim de entender quais foram as tendências no desenvolvimento na área de Interatividade na TV. A Tabela 2.2, Tabela 2.3 e Tabela 2.4 apresentam dados sobre os artigos: primeiro autor, ano de publicação, nome do artigo, palavras-chave e o GCS (*Global Citation Score*, número de citações que o artigo recebeu em toda a base *ISI Web of Science*).

O artigo (VLEESCHAUWER; LAEVENS, 2009) apresenta um algoritmo para tomar decisões inteligentes no caching de dados em sistemas IPTV, envolvendo os cenários de testes com serviços de vídeo por demanda, no qual foram obtidos resultados de como dimensionar caches associados a estes serviços. A artigo (KWON; KIM; BAHN, 2010), em 2012, também traz contribuições em relação aos problemas de caching no oferecimento de serviços de vídeo por demanda.

Lee, S. (LEE; LEE, 2010) apresenta um sistema de personalização para seleção de canais em um sistema híbrido de TV Digital através de um serviço de computação na nuvem. O sistema recebe as constantes preferências dos usuários e personaliza a lista de canais, satisfazendo o usuário em menor tempo.

Tabela 2.2 - Artigos selecionados para a análise empírica. Fonte: ISI Web of Science

Autor	Ano de Publicação	Título	Nome da Revista	Palavras-chave	GCS
De Vleeschauwer, D.	2009	Performance of Caching Algorithms for IPTV On-Demand Services	IEEE TRANSACTION ON BROADCASTING	Caching, interactive TV, internet Protocol TV, user modeling	9
Lee, S.	2013	Personalized DTV Program Recommendation System under a Cloud Computing Environment	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Personalized Channel Recommendation, Cloud Computing, DTV, IPTV	7
Wu, M. Q.	2009	IPTV Multicast Over Wireless LAN Using Merged Hybrid ARQ With Staggered Adaptive FEC	IEEE TRANSACTION ON BROADCASTING	ARQ, FEC, IPTV, multicast, wireless	7
An, K. H.	2009	Cognitive Face Analysis System for Future Interactive TV	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Future Interactive TV, Face analysis system, MpsLBP features, Ada-LDA algorithm	6
Martin-Vicente, M. I.	2010	A Semantic Approach to Avoiding Fake Neighborhoods in Collaborative Recommendation of Coupons through Digital TV	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Recommender systems, semantic reasoning, collaborative filtering, Interactive Digital Television, ecommerce	4
Nishimoto, Y.	2009	Integrated Digital Rights Management for Mobile IPTV Using Broadcasting and Communications	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Conditional access system, contract information, digital rights management, mobile IPTV, subscription TV	4

Tabela 2.3 - Artigos seleccionados para a análise empírica (continuação). Fonte: ISI Web of Science

Autor	Ano de Publicação	Título	Nome da Revista	Palavras-chave	GCS
de Lucena, V. F.	2009	A Home Automation Proposal Built on the Ginga Digital TV Middleware and the OSGi Framework	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Digital Convergence, Home Automation, Home Networking, Digital TV Middleware.	3
Lim, Y.	2010	Hybrid Interactive Data Service Architecture Over T-DMB with Mobile Network	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	T-DMB, Hybrid service, interactive data, MPEG-4 BIFS	2
Martin, C. A.	2010	Access Services Based on MHP Interactive Applications	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	access services, interactive application, accessibility, MHP, people with disabilities	2
Shirazi, H.	2009	A QoS Monitoring System in a Heterogeneous Multi-Domain DVB-H Platform	IEEE TRANSACTION ON BROADCASTING	DVB-H, DVB-T, IPTV, QoS Monitoring, SNMP	2
Martin-Vicente, M. I.	2011	Improving Collaborative Recommendation of Coupons through Digital TV by Semantic Inference of Users' Reputation	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Recommender systems, semantic reasoning, collaborative filtering, trust, Interactive Digital Television	1
Blanco-Fernandez, Y.	2011	TripFromTV+: Targeting Personalized Tourism to Interactive Digital TV Viewers by Social Networking and Semantic Reasoning	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Interactive Digital TV, personalization, Semantic Web, social networking, Web Services	0

Tabela 2.4 - Artigos seleccionados para a análise empírica (fim). Fonte: ISI Web of Science

Autor	Ano de Publicação	Título	Nome da Revista	Palavras-chave	GCS
de Lucena, V. F.	2011	Designing an Extension API for Bridging Ginga iDTV Applications and Home Services	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Interactive Digital TV, Home Gateway, Ginga Middleware, OSGi	0
Kuzmanovic, N.	2012	Hybrid Broadcast Broadband TV Implementation in Java based Applications on Digital TV Devices	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	HbbTV, JavaScript plug-in, embedded consumer devices, open-source OS	0
Kwon, O.	2010	Block Level Buffer Management for Video Streaming Services in IPTV Environments	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	Buffering, Caching, Interval caching. IPTV, Streaming, Video	0
Tekcan, T.	2012	User-driven Automatic Test-case Generation for DTV/STB Reliable Functional Verification	IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS	DTV, STB, functional verification, testing methodology, usage modeling, usage profile	0

Wu, M. Q. (WU et al., 2009) trata do problema relacionado ao uso de serviços IPTV através do uso de redes wireless, no qual é apresentado o desenvolvimento e aplicação de um sistema otimizado para a distribuição de pacotes em multicast. Os resultados mostraram a eficiência do modelo proposto em relação a outros meios de transmissão multicast existentes.

An, K. H. (AN; CHUNG, 2009) oferece uma proposta de reconhecimento de face no qual as emissoras podem receber o grau de satisfação dos usuários através de suas feições. Os experimentos realizados garantem que o sistema pode funcionar em tempo real, operando a uma taxa de 15 quadros por segundo.

Martin-Vicente, M. I. (MARTIN-VICENTE et al., 2010) trata sobre a implementação de um sistema de cupons promocionais o qual é gerenciado através de um sistema de TV. São tratados os aspectos de segurança, ontologia dos produtos e um perfil dos usuários. O autor Martin-Vicente, M. I. traz em 2011 novas contribuições para o sistema de cupons promocionais, propondo avanços no sistema de recomendação (MARTIN-VICENTE et al., 2011).

Nishimoto, Y. (NISHIMOTO; IMAIZUMI; MITA, 2009) traz uma proposta para gerenciamento de direitos digitais para conteúdos oferecidos por IPTV a diferentes dispositivos, desenvolvendo um cenário de consumo de serviços por pay-per-view, recebendo o contrato de serviços através de dispositivos móveis.

Lucena, V. F. (LUCENA et al., 2009) aborda uma proposta de integrar o framework OSGi com um middleware de TV Digital Ginga, tratando do viés de um middleware universal. Alguns cenários de uso foram testados mostrando que é possível manter um set-top-box realizando o papel de home gateway e ao mesmo tempo executar aplicações NCL. No ano de 2012, o mesmo grupo traz contribuições estendendo a solução para serviços domésticos (LUCENA et al., 2012).

Lim, Y. (LIM; KIM; JEONG, 2010) mostra uma solução para a integração de serviços de transmissão de conteúdo televisivo no padrão T-DMB juntamente com a possibilidade do envio de notificações através das operadoras de telefonia celular, mantendo compatibilidade com o legado de equipamentos que suportem individualmente o T-DMB.

Martin, C. A. (MARTIN et al., 2010) disserta como aplicativos interativos no padrão MHP podem ser utilizados para oferecer serviços na televisão digital. É proposta uma entrega de serviços através do padrão DSM-CC, assim como o controle da aplicação em diferentes

aspectos.

O artigo de Shirazi, H. (SHIRAZI et al., 2009) apresenta uma ferramenta para medir a qualidade de serviço em uma plataforma de TV baseada no padrão DVB-H, detectando problemas no enlace existente entre os servidores de conteúdo e a transmissão para dispositivos móveis. Um cenário foi elaborado em laboratório para a validação do sistema proposto.

Blanco-Fernandez, Y. (BLANCO-FERNANDEZ et al., 2011) faz a proposta de um serviço de TV que oferece informações a turistas, ajudando a tomar decisões sobre entretenimento, tal como locais para visitas, restaurantes e outros, no qual testes em laboratório foram realizados.

Kuzmanovic, N. (KUZMANOVIC et al., 2012) apresenta o projeto e implementação de um middleware para suportar serviços no padrão HbbTV desenvolvido para suportar aplicativos Java, no qual são apresentados testes em laboratório comparados com outros middleware HbbTV existentes.

Tekcan, T. (TEKCAN et al., 2012) mostra a implementação de uma abordagem para a realização de testes para medir a confiabilidade do funcionamento de receptores de TV Digital, justificando a escassez do estabelecimento de casos de testes no desenvolvimento de set-top-boxes.

Os artigos fazem diferentes contribuições para o tema de Interatividade em TV, principalmente apresentando melhorias a sistemas IPTV e o desenvolvimento de serviços e aplicativos em padrões regionais Ginga e MHP. Entretanto, somente dois dos trabalhos apresentam evolução do cenário, conforme ilustra graficamente a Figura 2.6. O trabalho proposto tem por meta contribuir com novas abordagens para a Interatividade na TV.

2.9.2 Segunda Tela

Um estudo baseado em dados de bibliometria do ISI Web of Science foi realizado para encontrar e avaliar a produção científica voltada a cenários de interatividade utilizando duas ou mais telas. Primeiramente, uma busca na base de dados do ISI Web of Science foi feita para localizar artigos científicos que tratam de tópicos voltados a uso de segunda tela ou múltiplas telas entre os anos de 2010 e 2015. Foi aplicada a seguinte chave de pesquisa

TOPIC: ("second screen*") OR TOPIC: ("multiple screen*") Refined by: RESEARCH AREAS: (ENGINEERING OR COMPUTER SCIENCE OR TELECOMMUNICATIONS) AND DOCUMENT TYPES: (ARTICLE) Timespan: 2010-2015. Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH.

Com esta busca, 31 artigos foram encontrados, sendo que alguns deles não abordam aspectos de desenvolvimento tecnológico ou estudo da experiência do usuário. Sendo assim, a busca foi refinada para revistas dentro dos aspectos de interesse. Então, a chave de pesquisa foi refinada para

TOPIC: ("second screen*") OR TOPIC: ("multiple screen*") Refined by: RESEARCH AREAS: (ENGINEERING OR COMPUTER SCIENCE OR TELECOMMUNICATIONS) AND DOCUMENT TYPES: (ARTICLE) AND SOURCE TITLES: (INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN COMPUTER STUDIES OR SOCIAL SCIENCE COMPUTER REVIEW OR JOURNAL OF THE SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY OR BEHAVIOUR INFORMATION TECHNOLOGY OR IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING OR ACM TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA COMPUTING COMMUNICATIONS AND APPLICATIONS OR JOURNAL OF DISPLAY TECHNOLOGY OR IEEE ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING OR ACM SIGCOMM COMPUTER COMMUNICATION REVIEW) Timespan: 2010-2015. Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH.

Dessa maneira, a pesquisa resultou em 10 artigos de diferentes revistas científicas da área de engenharia, computação e telecomunicações. Considerando que as palavras-chaves dos artigos encontrados são distintas, não foram analisadas as redes de palavras-chaves. Entretanto, foram levantados os indicadores de impacto dos artigos e das revistas. Além disso, uma discussão sobre os artigos selecionados é realizada mais adiante.

A Tabela 2.5 e Tabela 2.6 apresentam os 10 artigos selecionados na pesquisa, incluindo nome do autor, ano de publicação, título, nome da revista, palavras-chave, número de citações globais (GCS) estrato classificado no WebQualis para a área Engenharias IV e fator de impacto. Visto que os artigos possuem um baixo número de citações, o total de citações globais ao ano para cada artigo não foi levantado.

Os artigos relatam estudos voltados ao uso da segunda tela em diferentes finalidades, principalmente para cenários de interatividade em sistemas multimídia. O trabalho de (ISO

Tabela 2.5 - Artigos selecionados para a análise empírica sobre segunda tela. Fonte: *ISI Web of Science*

Autor	Ano de Publicação	Título	Nome da Revista	Palavras-chave	GCS	Qualis Eng. IV	Impacto
Iso, K; Ozawa, S; Date, M; Takada, H; Andoh, Y; Matsuura, N	2012	Video Conference 3D Display That Fuses Images to Replicate Gaze Direction	JOURNAL OF DISPLAY TECHNOLOGY	Communication systems; depth-fused 3D (DFD); displays; 3D display	1	A2	2,241
Kim, J; Ha, J; Choi, B; Jeong, Y; Hong, J	2014	Design and Implementation for Interactive Augmented Broadcasting System	IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING	PAugmented reality; broadcasting; interactive; smart TV	0	A1	1,825
Kodialam, M; Lakshman, TV; Mukherjee, S; Wang, LM	2011	Online Scheduling of Targeted Advertisements for IPTV	IEEE-ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING	Ad bid; ad budget; ad insertion; b-myopic algorithm; IPTV; online scheduler; personalization; primal-dual scheme; targeted advertisement; triple-play service provider	1	A1	1,811
Trilling, D	2015	Two Different Debates? Investigating the Relationship Between a Political Debate on TV and Simultaneous Comments on Twitter	SOCIAL SCIENCE COMPUTER REVIEW	twitter; second screen; political debate; election campaign; German elections; #tvduell	0	B1	1,364
Bennett, KB; Flach, JM	2012	Visual momentum redux	INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN-COMPUTER STUDIES	Visual momentum; Cognitive systems engineering; Long shot; Focus plus context; Overview plus detail; Fish eye views; Center surround; Landmarks; Ecological interface	2	B1	1,293
Kujala, T; Salvucci, DD	2015	Modeling visual sampling on in-car displays: The challenge of predicting safety-critical lapses of control	INTERN. JOURNAL OF HUMAN-COMPUTER STUDIES	Driving; Distraction; In-car displays; Interleaving strategy; Visual search; Cognitive modeling	1	B1	1,293

Tabela 2.6 - Artigos selecionados para a análise empírica sobre segunda tela. Fonte: *ISI Web of Science*

Autor	Ano de Publicação	Título	Nome da Revista	Palavras-chave	GCS	Qualis Eng. IV	Impacto
Hu, H; Jin, YC; Wen, YG; Chua, TS; Li, XL	2014	Toward a Biometric-Aware Cloud Service Engine for Multi-Screen Video Applications	ACM SIGCOMM COMPUTER COMMUNICATION REVIEW	Cloud; Internet Video; Second Screen	0	B1	1,116
Luque, FP; Galloso, I; Feijoo, C; Martin, CA; Cisneros, G; Hong, J	2014	Integration of Multisensorial Stimuli and Multimodal Interaction in a Hybrid 3DTV System	ACM TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA COMPUTING COMMUNICATIONS AND APPLICATIONS	Design; Human Factors; Experimentation; Multimedia information systems; multisensorial multimodal media; immersive media; interactive media; hybrid-based 3DTV; binaural audio; sensory effects; interactive 3D objects integrated into the video scene; second screen; quality of experience	0	B1	0,971
Courtois, C; De Marez, L; Verdegem, P	2014	Composition and role of convergent technological repertoires in audiovisual media consumption	BEHAVIOUR & INFORMATION TECHNOLOGY	user psychology; customization; multi-group analysis	0	B1	0,891
Cruz-Neira, C; Reiners, D; Springer, JP	2010	An affordable surround-screen virtual reality display	JOURNAL OF THE SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY	Projection-based display systems; surround-screen displays; MEMS technology	1	A1	0,791

et al., 2012) propõe uma videoconferência através de múltiplas telas que replicam o contato dos olhos virtualmente para cada participante em uma reunião face a face, mostrando que através de técnicas de realidade virtual e visão computacional é possível oferecer a imersividade proposta. A proposta de (KIM et al., 2014) é focada no uso de técnicas de realidade aumentada para interatividade com a TV, no qual o aplicativo é destinado para ser utilizado em um dispositivo de segunda tela. O artigo de (KODIALAM et al., 2011) realiza um estudo sobre a distribuição e agendamento de propaganda equilibrada entre um sistema IPTV e sistemas web. Em (TRILLING, 2015) apresenta o monitoramento de um programa de debate político e os comentários de telexpectadores no Twitter, mostrando um meio do uso da segunda tela como uma extensão da experiência de interatividade na TV. O trabalho de (HU et al., 2014), por sua vez, apresenta a implementação de uma solução de interatividade em múltiplas telas com recursos de detecção de face para coletar informações a um módulo de autoaprendizagem para aperfeiçoar o desempenho do sistema. Seguindo uma linha semelhante, (LUQUE et al., 2014) apresenta uma solução híbrida de TV envolvendo recursos de imersividade 3D na tela principal e estendendo funcionalidades para uma segunda tela, mostrando que este sistema influenciou a qualidade de experiência no uso. O artigo de (CRUZ-NEIRA; REINERS; SPRINGER, 2010) apresenta o uso de múltiplas telas na projeção de imagens em um cubo através de técnicas de realidade virtual.

Diferentes dos artigos com foco tecnológico, (BENNETT; FLACH, 2012) fez um estudo sobre as perspectivas do uso de múltiplas telas em situações de interatividade com o usuário, mostrando que o uso de múltiplas telas com tamanhos adequados para situações específicas pode agregar vantagens na experiência de interatividade. Também seguindo uma linha de análise de comportamento, (KUJALA; SALVUCCI, 2015) avalia o uso de telas em um ambiente multitarefa em automóveis, propondo recomendações para diminuir a possibilidade de distração quando o motorista utilizar telas no automóvel enquanto dirige. No artigo de (COURTOIS; MAREZ; VERDEGEM, 2014) é realizado um estudo qualitativo analisando o consumo de mídia em múltiplas telas, mostrando que uma análise prévia dos hábitos (por exemplo, como uma pessoa pode consumir certo tipo de mídia) deve ser levado em consideração.

2.10 Considerações gerais sobre o uso da segunda tela com as tecnologias existentes

Foi possível observar através do referencial teórico coletado o arcabouço tecnológico existente em relação as plataformas de interatividade para televisão e também as possibilidade de desenvolver cenários de interatividade junto ao uso de múltiplas telas. Além disso, observa-se o interesse tanto pela academia (apresentado pelo estudo bibliométrico) quanto pela indústria (através das tecnologias pesquisadas) pelo uso de outros equipamentos junto a televisão. O capítulo seguinte apresenta um estudo das possibilidades de cenários envolvendo a televisão e múltiplas telas.

Domínios de abordagem do uso de múltiplas telas

Este capítulo relata um estudo de rastreamento dos domínios de abordagens entre múltiplas telas, sendo como foco apresentar situações as quais existam contextos favoráveis para o uso de múltiplas telas que motivem o desenvolvimento de soluções as quais podem resultar em cenários para o uso que da televisão com dispositivos de segunda tela.

Os domínios de abordagem se dividem em cinco principais frentes: fluxo de mídia, ambientes de interatividade e formas de uso das telas.

O estudo foi realizado durante o período de doutorado sanduíche na *University of Texas at Austin*, entre os meses de julho de 2013 e setembro de 2013, atuando como pesquisador visitante na *Moody College of Communication* e *Cockrell School of Engineering*.

3.1 Fluxo de mídia

Essa seção aborda os aspectos de uso do fluxo de mídia e o estado da arte existente, explorando as formas de transmissão linear e o meio de obtenção de conteúdo por demanda, apresentando as formas de transmissão de conteúdos linear e por demanda.

3.1.1 Transmissão de conteúdo linear

Chama-se uma transmissão de conteúdo linear aquela que é transmitida constantemente e está disponível para qualquer usuário com a infraestrutura necessária, sendo distribuído em uma linha do tempo. Por exemplo, os atuais modelos de radiodifusão pelo rádio e TV e também demandas de vídeos ao vivo através da Internet (BECKER; ZUFFO, 2009).

Nos tempos de hoje é de conhecimento que o rádio, apesar de todo o advento tec-

nológico existente, permanece como um meio robusto de transmissão linear de conteúdo midiático em muitos países nas suas diferentes frequências. As mais comuns, FM e AM, as quais abrangem áreas regionais as quais os dispositivos em movimento podem ouvir, por exemplo, um programa de notícias ou informações sobre trânsito. Além disso, transmissões em ondas curtas podem, por exemplo, ter extensões continentais ou globais. Neste caso, no geral, utiliza-se para transmissão de dados de navegação marítimas e aéreas à tráfegos de conteúdos multimídia e interativo (MEDITSCH, 2001).

O cenário original de uso da TV é de um receptor de conteúdo recebido através de radiodifusão. Em muitos países, tal como o Brasil, alguns da América Latina, Europa e Ásia, o consumo de conteúdo midiático e interativo através da radiodifusão ocorre em muitas residências (BOLAÑO; VIEIRA, 2004). Entretanto, os serviços de TV à cabo e a sua evolução para o fornecimento de serviços *triple-play* fornecem novas funcionalidades a usuários finais, disputando espaço com a TV linear (AL-HEZMI; GOUVEIA; MAGEDANZ, 2007). Neste ponto, é importante ressaltar que a TV linear, apesar de transmitir conteúdo em modo temporal, possui uma característica imediatista, ou seja, pode disseminar para um grande grupo de pessoas fatos e notícias em tempo real.

Não limitado à transmissão de áudio e vídeo, a transmissão de mídia por fluxo contínuo também pode trafegar dados para outros fins como por exemplo, no caso das TVs que podem ser transmitidos aplicativos para plataformas de interatividade em TV aberta. No caso do rádio as mensagens textuais podem ser transmitidas para os receptores.

Além do uso da radiodifusão como meio de transmissão de conteúdo linear, a Internet também se situou como um meio para o oferecimento de conteúdo temporal. Por exemplo, programas de rádio e televisão que são transmitidos ao vivo pela radiodifusão também são transmitidos pela Internet. Por exemplo, os telejornais e conteúdo esportivos, que disponibilizam conteúdos ao vivo com o consumo exclusivo pela Internet.

Assim, ao se considerar as tecnologias, o atual estado da arte dos meios de transmissão de conteúdo linear oferece diferentes possibilidades de interatividade e inovação. Por exemplo, os sistemas de TV Digital aberta possui a possibilidade de multiprogramação, ou seja transmitir conteúdo linear em paralelo aos canais lógicos dentro de um canal físico, possibilitando a transmissão de diferentes conteúdos em tempo real dentro da mesma faixa de frequência (FERNANDES; LEMOS; SILVEIRA, 2004). Canais pela Internet, por exemplo, podem, além de transmitir o conteúdo multimídia principal, oferecer em paralelo

interatividade com outros usuários ou conteúdos extras. Todavia, isto não é uma particularidade para o conteúdo linear na Internet ao se considerar que os telespectadores também podem interagir em outros meios através do uso de outras telas em tempo real.

3.1.2 Transmissão de conteúdo sob demanda

A transmissão de um conteúdo sob demanda relaciona-se a disponibilidade do usuário em escolher o conteúdo que deseja consumir, sendo independente do tempo, ou seja, a qualquer momento. Diferente da transmissão em fluxo contínuo, o usuário não precisa aguardar um determinado horário para assistir algo. Os conteúdos por demanda são disponíveis em serviços de TV paga e através da Internet com o uso de diferentes dispositivos (DHAGE; PATIL; MESHRAM, 2014).

Em relação aos serviços de TV paga, muitas plataformas oferecem serviços de vídeo por demanda junto a uma política de monetização, por exemplo. Um dos provedores de serviços de TV paga no Brasil fornece um serviço de vídeos por demanda, no qual o usuário acessa uma loja virtual e adquire vídeos gratuitamente (dentro do contratado pelo cliente) ou também pagos (além do contratado pelo cliente). O vídeo fica disponível para ser assistido por um determinado tempo (geralmente 48 horas). Como a infraestrutura de oferecimento do serviço é proprietária, o provedor garante o nível de serviço para que sejam evitados cortes no fornecimento ou alta latência durante a exibição do vídeo.

No caso da Internet o fornecimento de vídeo sob demanda já ocorre através de uma grande variedade de serviços para consumo de mídia através de diferentes dispositivos. Por exemplo, serviços como o Netflix que fornece a transmissão de conteúdo por demanda através da Internet para diferentes plataformas, dentre elas, computadores, *smartphones*, *tablets* e diferentes embarcados (TV, centrais de mídia, consoles de games) (NETFLIX, 2015).

A qualidade dos serviços na transmissão dos conteúdos multimídias para o usuário possuem o desafio de ocorrer em uma rede com inúmeras possibilidades de enlaces, conexões fim-a-fim e a largura de banda da rede. No caso do Netflix, a qualidade de imagem entregue ao usuário é proporcional a largura de banda, ou seja, existe uma garantia que evita a ocorrência de efeitos de *latência* e *jitter* na transmissão. Existem outros serviços de vídeo por demanda com mecanismos semelhantes como o YouTube, o qual atua como uma central de vídeos de diferentes finalidades.

Visto a popularização e adesão dos usuários dos serviços por vídeo sob demanda, fornecedores de fluxo linear disponibilizam, através de serviços na Web, conteúdos sendo transmitidos anteriormente (por exemplo, lances de jogos de futebol, capítulos de seriados, trechos de noticiários e programas de entretenimento). De alguma maneira, é uma estratégia para que os usuários estejam vinculados, tanto aos serviços de transmissão de conteúdo por demanda, quanto aos serviços de transmissão de conteúdo linear.

3.2 *Ambientes de interatividade*

Este domínio trata dos aspectos de caracterização dos diferentes ambientes de experiência de interatividade através do uso da televisão e múltiplas telas sendo dividido em ambientes residenciais e públicos.

O ambiente residencial é um espaço onde as experiências de interatividade do usuário ocorrem dado o fato de existirem fatores positivos, como os locais com baixo nível de ruído sonoro, dispositivos se encontram próximos um do outro, redes domésticas disponíveis (na maioria dos casos) e outros fatores como a classificação da experiência do usuário em uma residência em um *contexto de lazer*. O ambiente público, por sua vez, é um espaço no qual as experiências do usuário ocorrem em ambientes hostis, na maioria das situações, com alto nível de ruído sonoro e também distúrbios luminosos e visuais que diferenciam o mesmo de um contexto de uma residência.

3.3 *Formas de uso das telas*

Este domínio pretende avaliar as formas pelas quais as telas são utilizadas dentro do atual contexto de interesse dos usuários. Três formas são avaliadas neste domínio, sendo o controle de uma tela através de outra, a busca de informação extra referente a um conteúdo consumido em uma primeira tela e a ação de mover de um conteúdo sendo consumido de uma tela para outra.

3.3.1 *Controle de uma tela principal por outras telas*

Atualmente diferentes tecnologias se utilizam de artefatos manipuláveis às mãos para efetuar o controle de dispositivos, tal como televisores (controle remoto tradicional), vi-

deogames (*joystick*), aeromodelos, drones e brinquedos no geral. Na sua maioria, são artefatos de controle sensíveis às mãos (por exemplo os botões e direcionadores. Com o advento dos *tablets*, *smartphones* e junto a eles telas sensíveis ao toque (por meio de redes resistivas ou capacitivas), é possível que as telas sejam um meio de efetuar controle sobre dispositivos, simulando diferentes artefatos de controle. No caso deste estudo, pretende-se avaliar o controle de um dispositivo primário (uma mídia, aplicativo ou jogo renderizado em uma tela principal) controlado por um ou mais telas.

Dentro deste contexto, é possível observar diferentes configurações como o número de telas que controlam a tela principal e os meios de comunicação entre os objetos. O diagrama da Figura 3.1 ilustra de maneira generalizada o fluxo de controle e uma tela por uma ou mais outras. A tela principal em relação a tela de controle atua como um ouvinte de comandos, os quais podem ser enviados por diferentes meios de comunicações de acordo com uma interface receptora de comandos.

Figura 3.1: Controle de uma tela principal por outras telas.

O cenário típico é uma tela sendo controlada especificamente por outra, o que é comum nos recentes televisores e centrais de mídia. O controle é feito através de um aplicativo oferecido pelo fabricante, o qual pode ser instalado em um *tablet* ou *smartphone* e faz o envio de comandos para a tela principal. Muitos dos aplicativos fazem o uso de uma rede doméstica: que neste caso ambos os dispositivos precisam estarem conectados a uma rede local. Entretanto, em alguns casos, os dispositivos de controle podem enviar comandos através de conexões exclusivas com a tela principal. Por exemplo, através do uso de luz infravermelha (neste caso, se a tela de controle oferecer suporte).

Além do cenário tradicional de controle, também é observada a possibilidade de múltiplas telas enviarem comandos para uma tela principal como por exemplo, em um contexto

de gamificação onde a tela principal atua como um ouvinte de comandos que pode receber mensagens de qualquer tela conectada a rede local. Para isso, a tela deve possuir um aplicativo capaz de difundir a mensagem à qual a tela principal pode receber e processar. A Figura 3.2 ilustra o trabalho realizado por (ANGELUCI, 2013), o qual permite que uma sala de aula seja capaz de enviar comandos a uma tela principal (executando um aplicativo Ginga-NCL) através de aplicativo executado em um navegador.

Figura 3.2: Múltiplas telas controlando um conteúdo interativo na TV (representado através da caixa "Middleware Ginga"). Fonte: (ANGELUCI, 2013)

3.3.2 Busca de dados extra de um fluxo executado em uma tela principal

Uma situação comum no uso de múltiplas telas é a busca de informação referente a alguma mídia exibida em uma tela principal. Por exemplo, uma família está em uma sala de estar assistindo à um conteúdo na TV (programas de entretenimentos, filmes, seriados) e tem o interesse em buscar maiores informações ou interagir com outras pessoas sobre um assunto correlato ao conteúdo exibido. Para isso, eles podem acessar a Internet e usufruir de redes sociais, portais de informações ou qualquer outro meio que gere uma expansão da experiência de interatividade do usuário.

A Figura 3.3 apresenta um cenário típico onde as pessoas em frente à TV utilizam-se de conteúdos das respectivas segundas telas, apresentando um cenário referente ao uso

da TV no anos 90, o qual não havia a possibilidade de acesso a informação extra em tempo real. Neste ponto, é destacado que o uso da segunda tela em frente a uma TV foi objeto de pesquisas recentes, como a Pesquisa Brasileira de Mídia da Presidência da República aponta que 18% dos usuários de Internet utilizam a televisão ao mesmo tempo (SECOM, 2015).

Figura 3.3: Uso da TV nos anos 90 e nos tempos de hoje. Fonte: (TECHFOREVER, 2014)

Figura 3.4: Descrição genérica no uso de segunda tela para busca de informação extra.

As formas de uso neste contexto se resumem à obtenção de uma amostra de informação no conteúdo exibido na tela principal, sendo uma chave de entrada para a busca de informações extras. A Figura 3.4 ilustra o cenário genérico do uso da segunda tela na expansão da experiência de interatividade do usuário, onde a tela principal que executa uma mídia pode fornecer diferentes tipos de amostras, chamadas de *marcadores*. Existem marcadores visuais os quais portam dados que podem ser interpretados por um dispositivo receptor como por exemplo amostras de QRCode (a qual pode conter uma URL para determinado serviço), imagens que podem ser interpretadas através aplicativos como o Google Googles e também, sendo o mais comum, o uso de *hashtags* no qual usuários podem ler e usar as palavras como forma de rastreamento de tópicos de interação em redes sociais. A Figura 3.5 mostra um exemplo do uso do QRCode, seguido da Figura 3.6 que ilustra o uso de detecção de imagens de interesse e a Figura 3.7, que apresenta um exemplo do uso de *hashtags*.

Amostras de áudio também podem ser captadas como, por exemplo, uma mídia com

Figura 3.5: Uso do QRCode como amostra de mídia.

Figura 3.6: Uso de imagem como amostra de mídia.

Figura 3.7: Uso de hashtag como amostra de mídia.

uma música pode servir de entrada para aplicativos de detecção através da técnica de *audio fingerprint*, utilizada pelo aplicativo Shazam, Soundhound e similares (WU; JANG, 2015). Em alguns casos as mensagens de áudio podem ser transmitidas em frequência inaudível ao ser humano, mas audível por alguns dispositivos de segunda tela e interpretadas através de técnicas de *audio watermark* (LIN; ABDULLA, 2015). Por último, a motivação voluntária do usuário na busca de alguma informação na Internet sobre determinado assunto observado na tela principal é uma forma a ser considerada.

Em relação ao meio de comunicação entre a TV e os dispositivos de segunda tela, o atual estado da arte esta baseado na obtenção de amostras, como detalhado anteriormente. Entretanto, é imprescindível que este dispositivo esteja conectado à Internet, através de uma rede doméstica ou uma rede de telefonia móvel.

3.3.3 Mover um fluxo para outra tela

Além do interesse do usuário em controlar a tela através de outra e expandir o cenário de interatividade através de uma segunda tela, também existe a possibilidade em se mover o conteúdo sendo executado em uma tela para outra. Por exemplo, um vídeo sendo tocado em uma tela de celular pode ser movido para uma tela maior para ser assistido com mais conforto, e por um número maior de pessoas.

No atual estado da arte as TVs conectadas ou Smart TVs oferecem esta possibilidade, que também possibilitam realizar o mesmo cenário com o uso de *dongles* com porta HDMI, permitindo que as TVs convencionais realizem operações semelhantes as SmartTVs (por exemplo, o Chromecast ou o ezCast). Além do vídeo ser movido para outra tela, o mesmo pode ser controlado pela tela principal. Diferente das formas investigadas anteriormente, o interesse do usuário, em relação a uma segunda tela, é para uma tela maior.

O cenário genérico da ação de mover uma mídia para outra tela envolvem dois diferentes contexto: uso de uma rede local ou o uso de meio físico para transporte do fluxo de áudio e vídeo. No primeiro caso, conforme mostra a Figura 3.8, a mídia pode ser movida para com o uso de uma rede IP, no qual ambos transmissor e receptor devem estar conectados a mesma rede através de adaptadores. Nesta conexão fim-a-fim entre receptor e transmissor, metadados sobre as mídias podem ser enviados para a segunda tela para execução na mesma. A tela principal também pode transmitir o próprio fluxo de mídia para a segunda tela utilizando técnicas de DLNA. No segundo contexto (Figura 3.9), a segunda

tela pode estar conectada à primeira tela através de uma interface multimídia, por exemplo, através de um cabo HDMI.

Figura 3.8: Mover o fluxo de uma tela para outra através do uso de rede local.

Figura 3.9: Mover o fluxo de uma tela para outra através do uso de interface física de áudio e vídeo.

3.4 Considerações sobre o estudo

O estudo realizado neste capítulo permitiu observar as diferentes maneiras as quais a televisão pode interagir com outros dispositivos, atuando como a tela principal e, em alguns casos, também como a segunda tela (no caso de mover um fluxo de mídia para uma tela maior). Os capítulo a seguir apresenta um conjunto de experimentos os quais buscam avaliar as técnicas de sincronização entre a televisão e os dispositivos de segunda tela.

Sincronização entre a televisão e a segunda tela

Este capítulo descreve um estudo que teve por objetivo avaliar diferentes meios pelos quais a segunda tela pode sincronizar com a televisão. Neste caso, sincronizar é o ato da segunda tela obter a informação chave para iniciar uma experiência de interatividade conjunta. Por exemplo, o envio de uma palavra-chave para uma busca em um navegador, uma URL ou número IP para se conectar a um serviço e outras informações semelhantes. A primeira seção trata do meio de sincronização por uso de marcadores (tradução do termo *tag*), as quais não dependem exclusivamente de uma plataforma de interatividade na televisão, mas do conteúdo enviado na mídia principal. Na segunda seção, são tratados os casos pelos quais uma infraestrutura de rede é utilizada para a ação de sincronização, podendo a televisão atuar como servidor ou cliente.

4.1 *Uso de marcadores (tags)*

4.1.1 *Hashtag*

A hashtag consiste em uma palavra-chave para busca de conteúdo ou indexação de informação gerada em muitos dos serviços oferecidos na Internet (TSUR; RAPPOPORT, 2012). São palavras que geralmente são acompanhadas de um caractere sustenido (#) à esquerda, juntamente com uma palavra-chave. A hashtag é utilizada para indexar e encontrar informações de interesse semelhante formando, na maioria dos serviços, um *microblog* focado em um assunto específico, como ilustra a Figura 4.1.

No caso da televisão, as hashtags são posicionadas em um dos cantos para que os expectadores possam comentar sobre os assuntos em serviços de redes sociais e, portanto, fomentar uma experiência de interatividade que vai além do uso tradicional da televisão.

Figura 4.1: Uso da hashtag em programa de TV voltado a seleção de cantores.

Visto que o uso da hashtag implica em um processo manual de leitura da mesma (o usuário faz a leitura e digita a mesma em seu dispositivo), não foram elaborados experimentos para este tipo de marcador (a pesquisa não envolve testes com usuários). Todavia, é possível observar que este assunto é bem explorado pela comunidade científica, como observado em (YUEN; PICKERING, 2015), (ZADEH; ABBASOV; SHAHBAZOVA, 2015) e (XU; ZHANG; HUANG, 2015).

4.1.2 QR Code

O QR Code (*Quick Response Code*) é um código de barras bidimensional que possibilita representar um conjunto de caracteres. Esses caracteres podem ser recuperados utilizando aplicativos que fazem a captação e decodificação da imagem (OHBUCHI; HANAIZUMI; HOCK, 2004). Um QR Code na versão 40 (177 x 177 módulos, ilustrado na Figura 4.2) pode armazenar até 4296 caracteres.

No caso do uso de QR Code como uma marcador de sincronização em televisores é esperado que os usuários possam através de seus dispositivos de segunda tela capturar a informação de um QR Code exibido.

Para avaliar a eficácia e eficiência do QR Code como meio de sincronização da televisão com o dispositivo de segunda tela, um experimento foi realizado com QRCode dimensionado com diferentes tamanhos e também efetuando a leitura em diferentes posições. Foi utilizada uma televisão com tela de LCD e dimensão diagonal de 32 polegadas e foram adotadas duas distâncias entre a TV e a posição para leitura do QR Code: uma a 1,5 vezes a distância diagonal da TV (48 polegadas) e 2,5 vezes a distância diagonal da

Figura 4.2: Exemplo de QR Code.

TV (64 polegadas), conforme referências encontradas em (EBAY, 2015) e (AVFORUMS, 2015). Estas distâncias estão relacionadas às recomendações de fabricantes sobre distância confortável do uso da TV. A partir desta distância, um semicírculo de 160 graus (limite recomendado por fabricantes e distribuidores) com divisões de 20 graus foi dimensionado para a realização das medidas. A Figura 4.3 ilustra as distâncias mínimas e máximas e a Figura 4.4 mostra a distribuição das posições angulares para as medidas.

Figura 4.3: Distância mínima e máxima de captura do QR Code.

Para a execução do experimento foram criados quatro vídeos, os quais exibem um QR Code por 20 segundo e cada um com diferentes tamanhos como apresenta a Figura 4.5.

Figura 4.4: Distribuição da posição angular para captura do QR Code.

A Tabela 4.1 apresenta o tamanho de cada QR Code da Figura 4.5. Para cada tentativa de obtenção de informação do QR Code exibido (por distância e posição angular), foi coletado o tempo decorrido para a leitura da marcador e também o insucesso na leitura. Foi utilizado um smartphone com câmera de alta definição e auto foco, utilizando dois diferentes aplicativos para a captação. Neste experimento, além do uso do smartphone, leituras efetuadas com um tablet possuindo uma câmera sem o recurso de autofoco não resultou em sucesso e mesma foi descartada dos testes.

Tabela 4.1 - Área ocupada pelo QRCode em cada vídeo utilizado no experimento.

Tipo do QRCode	Area (cm^2)
Tamanho 1	64
Tamanho 2	100
Tamanho 3	225
Tamanho 4	400

Em relação ao cálculo do valor de eficiência para cada medida, a mesma é representada pela equação 4.1, sendo E_m a medida de eficiência em um ponto e t_m o tempo decorrido para efetuar a medida. Nos casos que houveram insucesso na medida, foi adotado $t_m = 20$ e, por consequência, $E_m = 0$.

$$E_m = \frac{20 - t_m}{20} \quad (4.1)$$

Visto que para cada ponto foram realizadas três medidas, a eficiência adotada para análise será a média aritmética das três medidas realizadas em um ponto (E_1, E_2, E_3), como mostra a equação 4.2.

Tamanho 1

Tamanho 2

Tamanho 3

Tamanho 4

Figura 4.5: Tamanhos de QRCode utilizados no experimento.

$$E_f = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} \quad (4.2)$$

Desta maneira, a eficiência máxima será quando $E_f = 1$. O valor $E_f = 0$ significa que não houve sucesso em nenhuma das três coletas para um ponto específico. Para casos os quais $0 < E_f \leq 1$, houve eficácia na captura do QR Code, senão, para casos os quais $E_f = 0$, não houve eficácia.

A coleta de dados foi executada de acordo com o planejado. Com isso, foram calculados os respectivos valores de eficiência e eficácia para cada ponto. Conforme descrito anteriormente, o experimento foi realizado com quatro diferentes tamanhos de QR Code e dois diferentes tipos de aplicativos (QRDroid e Scan).

A Tabela 4.2 apresenta o resultado dos número de eficiência para o experimento utilizando o aplicativo QRDroid. Observa-se que, apesar serem executadas três tentativas de leitura do QR Code para cada ponto, existiram posições às quais não foi obtido sucesso, como nos ângulos 80° , 60° , -60° e -80° . Além disso, em relação ao tamanho do QRCode, foi possível observar que QR Code com tamanho maior resulta em uma melhor

eficiência de leitura. A Tabela 4.3 apresenta, para o experimento envolvendo o aplicativo QRDroid, os pontos os quais obtiveram eficácia. Visto que o QR Code estava posicionado no canto esquerdo da TV, houve eficácia no ângulo 60° para os Tamanhos 3 e 4. Nos ângulos 80° e -80° , o método de leitura não obteve eficácia.

Tabela 4.2 - Captação de QR Code (E_f) com software QRDroid utilizando câmera de alta definição e autofoco

Tamanho	80°	60°	20°	10°	0°	-20°	-40°	-60°	-80°	$\bar{E}_f$	$\bar{E}_f (E_f > 0)$
Tamanho 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamanho 2	0	0	0,45	0,25	0,15	0,1677	0	0	0	0,1130	0,2542
Tamanho 3	0	0,5667	0,7167	0,5667	0,35	0,55	0	0	0	0,3056	0,55
Tamanho 4	0	0,7667	0,8000	0,7333	0,7667	0,6	0,6	0	0	0,4747	0,7111
$\bar{E}_f$	0	0,3333	0,4917	0,3875	0,3167	0,3293	0,1500	0	0	0,2231	0,5051

Tabela 4.3 - Eficácia na leitura com software QRDroid utilizando câmera de alta definição e autofoco

Tamanho	80°	60°	20°	10°	0°	-20°	-40°	-60°	-80°	$\bar{x}$
Tamanho 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamanho 2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0,4444
Tamanho 3	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0,5556
Tamanho 4	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0,6667
$\bar{x}$	0	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,25	0	0	0,4167

As Tabelas 4.4 e 4.5 apresentam os dados referentes a captação do QR Code com o uso do aplicativo Scan. Os resultados obtidos foram semelhantes ao do aplicativo QRDroid, apesar da eficiência média ter sido maior com o uso do aplicativo Scan (0,5136 versus 0,5051). Entretanto o QRDroid obteve melhor média de eficácia (0,4167 versus 0,3899).

Tabela 4.4 - Captação de QR Code (E_f) com software Scan utilizando câmera de alta definição e autofoco

Tamanho	80°	60°	20°	10°	0°	-20°	-40°	-60°	-80°	$\bar{E}_f$	$\bar{E}_f (E_f > 0)$
Tamanho 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamanho 2	0	0	0,2333	0,55	0,1833	0,3167	0	0	0	0,1426	0,3208
Tamanho 3	0	0,7833	0,6333	0,55	0,55	0,3667	0	0	0	0,3204	0,5767
Tamanho 4	0	0	0,7	0,7	0,75	0,8333	0,2333	0	0	0,3547	0,6433
$\bar{E}_f$	0	0,1958	0,3917	0,4500	0,3708	0,3792	0,0583	0	0	0,2051	0,5136

Tabela 4.5 - Eficácia na leitura do QRCode com software Scan utilizando câmera de alta definição e autofocus

Tamanho	80°	60°	20°	10°	0°	-20°	-40°	-60°	-80°	$\bar{x}$
Tamanho 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamanho 2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0,4444
Tamanho 3	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0,5556
Tamanho 4	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0,5556
$\bar{x}$	0	0,25	0,75	0,75	0,75	0,75	0,25	0	0	0,3889

4.1.3 Detecção de imagem

Os aplicativos de detecção de imagens têm por objetivos efetuar a verificação de padrões em áreas de interesse e apresentar os eventos relacionados. Por exemplo, o aplicativo pode detectar a bandeira de um país e retornar informações gerais ou até mesmo as últimas notícias sobre o mesmo. A Google possui uma ferramenta que faz busca de dados com o uso de imagens, chamado de Google Googles. Ele utiliza os mesmos componentes de software do Google Glass (óculos inteligente que processa informações de sensores em tempo real) (GOOGLE, 2015b).

Com o intuito de avaliar a eficiência e eficácia da detecção de imagens de interesse em um conteúdo sendo exibido na televisão através do uso da segunda tela, um experimento foi realizado utilizando a mesma metodologia do experimento com o uso de QR Codes. Entretanto, nas mesmas posições que se encontravam os QR Codes, os mesmos foram substituídos por uma imagem do filme Hairspray (tendo em consideração corroborar com a temática do vídeo utilizado). A Figura 4.6 apresenta as imagens utilizadas com os quatro diferentes tamanhos. A Tabela 4.6 apresentam os valores de área ocupados por cada tamanho de imagem.

Tabela 4.6 - Área ocupada pelas imagens em cada vídeo utilizado no experimento.

Tipo do imagem	Area (cm^2)
Tamanho 1	80
Tamanho 2	120
Tamanho 3	255
Tamanho 4	500

Para este experimento foi utilizado somente o Google Googles, sendo ele o único aplicativo compatível para o experimento proposto. Além disso, o mesmo equipamento de segunda tela utilizado no experimento com QR Code foi utilizado. A Tabela 4.7 apresenta

Tamanho 1

Tamanho 2

Tamanho 3

Tamanho 4

Figura 4.6: Tamanhos de imagens utilizadas no experimento.

os resultados de eficiência na tentativa de identificar a figura de interesse, na qual foi possível observar que, em relação ao uso de QR Code, o uso de figuras de interesse na televisão junto a dispositivos de segunda tela possui menor eficácia (0,4250 versus 0,5136 e 0,5051). Além disso, é possível observar na Tabela 4.8 que o método é eficaz para posições angulares 0° e -20° , ou seja, possui eficácia inferior ao uso de QRCode (0,2222 versus 0,3889 e 0,4167).

Tabela 4.7 - Captação de imagem (E_f) com Google Googles utilizando câmera de alta definição e autofocus

Tamanho	80°	60°	20°	10°	0°	-20°	-40°	-60°	-80°	E_f	$E_f (E_f > 0)$
Tamanho 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamanho 2	0	0	0	0,1167	0,2167	0	0	0	0	0,0370	0,1667
Tamanho 3	0	0	0	0,6667	0,5500	0	0	0	0	0,1352	0,6083
Tamanho 4	0	0	0,3667	0,65	0,65	0,3333	0	0	0	0,2222	0,5
E_f	0	0	0,0917	0,3583	0,3542	0,0833	0	0	0	0,0986	0,4250

Tabela 4.8 - Eficácia na detecção da imagem com Google Googles utilizando câmera de alta definição e autofoco

Tamanho	80 °	60 °	20 °	10 °	0 °	-20 °	-40 °	-60 °	-80 °	$\bar{x}$
Tamanho 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamanho 2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,222
Tamanho 3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,222
Tamanho 4	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0,444
$\bar{x}$	0	0	0,25	0,75	0,75	0,25	0	0	0	0,2222

4.1.4 Audio fingerprint

O uso da técnica de audio fingerprint consiste na detecção sonora através da busca de trechos de sons, melodias e semelhantes, comparando o padrão sonoro (uso das frequências sonoras em determinados trechos) com bancos de dados existentes a fim de fornecer informações adicionais sobre determinados trechos sonoros (nomes das músicas, letras e estratégias de monetização). Atualmente, existem aplicativos de detecção de sons que utilizam a técnica de audio fingerprint como por exemplo o Shazam (SHAZAM, 2015) , Google Sound Search (GOOGLE, 2014) e SoundHound (SOUNDHOUND, 2015).

Para o experimento com audio fingerprint foram utilizados os aplicativos Shazam e Google Sound Search em um smartphone modelo Motorola XT910 e um tablet modelo Samsung Galaxy Tab 2. Visto que a mídia utilizada é um trecho de um trailer da musica Hairspray, foi realizado a tentativa de detecção da canção em um período de 20 segundos, seguindo metodologia semelhante aos testes com o QR Code e padrão de imagem. Ao invés de realizar variações de tamanho, o experimento foi executado com variações de nível sonoro da televisão e operando em 50dB, 60dB e 70dB. A televisão foi calibrada com os respectivos níveis sonoros utilizando um aplicativo para smartphone.

As Tabelas 4.9 e 4.10 apresentam os resultados obtidos através do aplicativo Shazam. Também, as Tabelas 4.11 e 4.12 mostram os resultados obtidos com o aplicativo Google Sound Search. Foi possível observar que para qualquer posição na qual tentou-se obter a informação de áudio, houve eficácia, visto a propagação esférica das ondas sonoras. Além disso, ambos os aplicativos obtiveram eficiência semelhante.

Tabela 4.9 - Captação de áudio (E_f) com Shazam utilizando smartphone Motorola XT910

Nível sonoro	80 °	60 °	20 °	10 °	0 °	−20 °	−40 °	−60 °	−80 °	$\bar{E}_f$
70 dB	0,6333	0,6333	0,6	0,65	0,5833	0,65	0,6	0,6333	0,6333	0,6241
60 dB	0,5	0,4677	0,5	0,5677	0,55	0,5677	0,5	0,4677	0,5	0,5130
50 dB	0,6	0,6333	0,3833	0,6333	0,4333	0,6333	0,3833	0,6333	0,6	0,5481
$\bar{E}_f$	0,5788	0,5788	0,4944	0,6167	0,5222	0,6167	0,4944	0,5778	0,5778	0,5617

Tabela 4.10 - Captação de áudio (E_f) com Shazam utilizando tablet Samsung Galaxy Tab 2

Nível sonoro	80 °	60 °	20 °	10 °	0 °	−20 °	−40 °	−60 °	−80 °	$\bar{E}_f$
70 dB	0,45	0,5667	0,5833	0,6	0,6167	0,6	0,5833	0,5667	0,45	0,5574
60 dB	0,5667	0,6	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,6	0,5667	0,5537
50 dB	0,4667	0,45	0,4833	0,5333	0,5667	0,5333	0,4833	0,45	0,4667	0,4667
$\bar{E}_f$	0,4944	0,5389	0,5389	0,5444	0,5788	0,5444	0,5389	0,5389	0,4944	0,5346

Tabela 4.11 - Captação de áudio (E_f) com Google Sound Search utilizando smartphone Motorola XT910

Nível sonoro	80 °	60 °	20 °	10 °	0 °	−20 °	−40 °	−60 °	−80 °	$\bar{E}_f$
70 dB	0,5333	0,4333	0,4833	0,4333	0,55	0,4333	0,4833	0,4333	0,5333	0,4796
60 dB	0,4833	0,4677	0,4167	0,3	0,45	0,3	0,4167	0,4677	0,4833	0,4204
50 dB	0,4	0,3667	0,3833	0,5667	0,4	0,5667	0,3833	0,3667	0,4	0,4259
$\bar{E}_f$	0,4722	0,4222	0,4278	0,4333	0,4667	0,4333	0,4278	0,4222	0,4722	0,4420

Tabela 4.12 - Captação de áudio (E_f) com Google Sound Search utilizando tablet Samsung Galaxy Tab 2

Nível sonoro	80 °	60 °	20 °	10 °	0 °	−20 °	−40 °	−60 °	−80 °	$\bar{E}_f$
70 dB	0,4667	0,6667	0,4167	0,5833	0,4333	0,5833	0,4167	0,6667	0,4667	0,5222
60 dB	0,4333	0,4333	0,5667	0,5333	0,4167	0,5333	0,5667	0,4333	0,4333	0,4833
50 dB	0,3833	0,35	0,35	0,3167	0,5333	0,3167	0,35	0,35	0,3833	0,3704
$\bar{E}_f$	0,4278	0,4833	0,4444	0,4778	0,4611	0,4778	0,4444	0,4833	0,4278	0,4586

4.1.5 Audio watermark

O uso da técnica de audio watermark consiste em trechos de áudio com frequências inaudíveis ao ser humano, mas que podem ser armazenadas dados para diversos fins. Por exemplo, o uso do audio watermark é aplicado a validação de conteúdo midiático através de técnicas de DRM (*Digital Rights Management*). Além da aplicação do audio watermark para quesitos de segurança, o mesmo também pode ser aplicado para o transporte de mensagens que podem ser detectadas por equipamentos com sensor e aplicativo adequado (LIN; ABDULLA, 2015).

Foram realizados experimentos para avaliar o uso de audio watermark na sincronização entre a televisão e os dispositivos de segunda tela, realizando-se em outro estudo, o qual seguiu uma metodologia diferente dos anteriores, visto a complexidade de realização do mesmo (CALIXTO et al., 2014a).

A preparação do experimento foi dividida em duas etapas: preparação da mensagem em audio watermark para modificação da mídia para teste e o desenvolvimento do aplicativo para detecção do audio watermark e elaboração do *setup* experimental.

A técnica de audio watermark utilizada para gerar e receber mensagens baseia-se no conceito de *Single Tone Multi Frequency* (STMF), a qual a comunicação ocorre por rádio half-duplex e que utiliza um conceito similar ao enviar e receber mensagens. Há um sinal de início de mensagens em um único tom, a transmissão de mensagens em diferentes frequências e o tom de mensagem de fim em uma única frequência (SMUS, 2013). A Figura 4.7 ilustra a transmissão de uma mensagem em STMF.

Existem aplicações para projetos que tornam o processo de gerar a mensagem STMF e também receber (SMUS, 2013). Para este experimento, um "dicionário de caracteres" foi definido, bem como a largura de banda de frequências em que o som deve ser emitido. As frequência máximas e frequências mínimas para a emissão de som e o conjunto de caracteres a serem detectados foram definidos, assim como espaço espectral que foi dividido nos tons de início de mensagem, nos tons com os caracteres da mensagem e os tons indicando o final da mensagem. A Figura 4.8 mostra o cenário utilizado, com ajuste de frequência entre 18.5KHz e 19.5KHz, e dois caracteres no dicionário (como ilustra a Figura 4.7).

Em relação à produção e compilação mídia de origem, dentro da mídia de 3 minutos, 12 tags de audio watermark foram distribuídos durante o espaço de um minuto, como ilustrado

Figura 4.7: Exemplo de transmissão de uma mensagem STMF (CALIXTO et al., 2014a).

Figura 4.8: Mensagem STMF utilizada no experimento com audio watermark (CALIXTO et al., 2014a).

na Figura 4.9. Durante este período, um ícone é mostrado no canto superior direito da tela, alertando que há *tags* de áudio em execução. A compilação de mídia foi realizada utilizando o software iMovie, em que um vídeo em H.264, áudio em AAC 192 kbps e taxa de amostragem de áudio em 44100 Hz foram encapsulados em pacotes MPEG2-TS.

Figura 4.9: Encapsulamento das tags de audio watermark com o aplicativo iMovie (CALIXTO et al., 2014a).

Em relação ao processo de detecção da mensagem em audio watermark, foi desenvolvido um aplicativo baseado em HTML5 usando componentes para a codificação de áudio e recursos de plataforma de decodificação. O aplicativo desenvolvido para esse experimento pode gerar e receber as tags de áudio baseado em um dicionário de caracteres pré-estabelecido (no caso deste experimento, as letras "h" e "s") e palavra de saída ("hs"). Durante a geração de áudio, a saída de áudio foi capturada usando software Audacity e, assim, este áudio foi utilizado na produção de mídia de origem.

No processo de recepção de áudio, a aplicação pode capturar o áudio através do microfone disponível no equipamento, que considera que caso seja detectada uma marcador de áudio, a aplicação descodifica o áudio e o compara a mensagem recebida com a mensagem esperada. O aplicativo conta os casos de sucesso para cada ciclo do experimento (3 minutos de vídeo). O aplicativo foi hospedado em um servidor Web em laboratório, no qual os dispositivos de segunda tela devem solicitar utilizando um navegador compatível HTML5.

A fim de avaliar o uso do marcador de áudio para sistemas de IPTV, o experimento levou em conta a transmissão e a recepção de uma mídia de três minutos através de uma rede IP, a TV como receptor da mídia de origem e transmissor das tags de áudio e dois dispositivos de segunda tela (um smartphone Motorola XT910 e um MacBook). A

configuração geral experimento é apresentado a Figura 4.10.

Figura 4.10: Setup do experimento com áudio watermark (CALIXTO et al., 2014a).

A Figura 4.10 ilustra o roteador IP o qual é responsável por estabelecer uma rede local entre o servidor da aplicação de detecção de áudio watermark, a transmissão do conteúdo de vídeo através do uso de um encoder e uma placa Raspberry Pi Model B e os dispositivos de segunda tela. A configuração de transmissão da mídia para a televisão foi composta por um encoder em que o fluxo de transporte MPEG2 foi injetado, no modo unicast UDP, e foi obtido por uma placa Raspberry Pi Model B, que recebeu o fluxo de transporte MPEG2 e encaminhou o fluxo de mídia através de um cabo HDMI para uma TV LCD de 42 polegadas. Em relação aos receptores de áudio, o receptor de áudio 1 foi um MacBook (processador Intel Core i7) e o receptor de áudio 2 foi um Motorola Smartphone Android, ambos executando a aplicação para a detecção de áudio watermark.

Para identificar o evento de áudio marcador de água, os dispositivos com a aplicação em execução foram posicionados a uma distância de 1.5 metros, uma distância média para

os observadores media em um contexto de lazer recomendadas pelo mercado (conforme referências encontradas em (EBAY, 2015) e (AVFORUMS, 2015)), como mostrado na Figura 4.11 .

Figura 4.11: Disposição da TV e dos dispositivos de segunda tela (CALIXTO et al., 2014a).

Para a obtenção da medida de eficácia em cada configuração experimental o aplicativo executado na segunda tela capturou durante os 3 minutos os marcadores de audio watermark, contabilizando as detecções com sucesso (máximo de 12 marcadores). Este ciclo foi repetido 20 vezes com o áudio em nível sonoro de 60dB e 70dB.

A Tabela 4.13 apresenta os resultados dos ciclos de medição das tags de audio watermark, mostrando que apesar da uso da técnica não ser totalmente eficaz (possui capturas de marcadores com insucesso), possui eficiência satisfatória para diferentes dispositivos e níveis sonoros.

Em relação ao erro relativo (Figura 4.12), é possível observar que o MacBook obteve melhor eficácia, com menores índices de erro relativo, onde é importante destacar que o desempenho na captura das marcadores de audio watermark podem estar relacionados com as características do sensor dos dispositivos de segunda tela. Neste caso, o microfone, o qual pode capturar frequências inaudíveis com melhor desempenho. Em relação a variância (Figura 4.13), o smartphone Android se comportou com melhor regularidade com nível sonoro a 70dB. Na média das mensagens capturadas com sucesso (Figura 4.14) o nível sonoro a 70dB obteve um melhor comportamento.

Figura 4.12: Erro relativo apurado durante os testes com o audio watermark.

Tabela 4.13 - Dados coletados durante o ciclo de medições no experimento de audio watermark

Ciclo de Medição (CM)	C1 ^a	C2 ^b	C3 ^c	C4 ^d
1	10	12	12	12
2	12	12	12	12
3	11	10	9	10
4	12	11	11	12
5	12	12	11	11
6	12	11	11	12
7	10	8	12	12
8	8	12	12	12
9	9	12	8	12
10	10	8	8	10
11	12	12	12	5
12	7	11	8	10
13	12	10	10	10
14	12	11	11	12
15	12	11	9	12
16	10	12	8	12
17	6	12	12	11
18	9	12	12	12
19	12	10	10	12
20	8	12	12	12
$\sum$	206	221	210	223
$\bar{x}$	10,3	11,05	10,5	11,15
σ^2	3,69	1,63	2,58	2,77
δ	0,14	0,08	0,13	0,07

^a TV e smartphone Android 60 dB^b TV e smartphone Android 70 dB^c TV e MacBook 60 dB^d TV e MacBook 70 dB

Figura 4.13: Variância encontrada durante os testes com o audio watermark.

Figura 4.14: Média de mensagens coletadas durante os testes com o audio watermark.

O estudo sobre o uso de diferentes marcadores para a sincronização entre a televisão e os dispositivos de segunda tela foi importante para observar a eficiência e eficácia das diferentes técnicas. A Figura 4.15 apresenta uma consolidação da eficácia dos métodos explorados através dos experimentos, a qual mostra eficácia satisfatória para as técnicas de audio fingerprint e audio watermark. As técnicas com o uso de imagens possui boa eficácia para ângulos até 20° a partir do centro do televisor (para a direita ou para a esquerda), não possuindo boa eficácia para ângulos superiores, sendo importante ressaltar que os experimentos foram realizados em sala fechada, livre de ruídos luminosos ou sonoros. Será discutido mais a frente aspectos relacionado ao uso de marcadores de imagem ou áudio em locais públicos com variada possibilidade de ruídos.

Figura 4.15: Eficácia nos diferentes métodos de sincronização por marcador.

4.2 Uso de infraestrutura de rede

Não limitado ao uso de marcadores de imagem ou áudio, a sincronização entre a televisão e a segunda tela também pode ser realizada através do uso de uma infraestrutura de

rede. Observa-se na comunidade científica o uso de redes locais e da Internet no processo de sincronização com a televisão, como mostram, por exemplo, os estudos de (HOWSON et al., 2011), (SIMON; COMUNELLO; WANGENHEIM, 2013) e (ZIEGLER, 2013), onde o televisor atua como cliente ou servidor.

No cenário em que o televisor é um cliente, o mesmo possui uma plataforma de interatividade que se conecta a um servidor na Internet o qual tem por função auxiliar a troca de mensagens entre televisores e os dispositivos de segunda tela. O televisor se conecta ao servidor e informa que está disponível para interagir com outros dispositivos. Durante a exibição de uma mídia na televisão, a mesma informa visualmente que existe um serviço de interatividade disponível, fornecendo informações de configuração para a segunda tela se sincronizar com a televisão (por exemplo, com o uso de QR Code ou uma mensagem textual). A partir deste instante o dispositivo de segunda tela pode se conectar ao mesmo servidor que se encontra a televisão e assim este dispositivo pode trocar mensagens com a televisão e também com outros equipamentos que interagem com a mesma TV. A partir deste esquema de sincronização, diferentes aplicativos podem ser desenvolvidos. A Figura 4.16 apresenta um exemplo do contexto no qual a televisão e os dispositivos de segunda tela são inseridos.

Além do cenário no qual a televisão e os dispositivos de segunda tela são cliente de um servidor de troca de mensagens, a televisão também pode atuar como um servidor de mensagens, onde os dispositivos de segunda tela se conectam ao serviço disponibilizado localmente pela televisão. Nesse caso, uma televisão com uma plataforma de interatividade executa um aplicativo tornando-a um servidor de mensagens a espera de dispositivos de segunda tela para interagir. Esta televisão, que atua como servidor, possui um serviço em uma porta específica de conhecimento dos dispositivos de segunda tela, o qual possui um aplicativo capaz de realizar a busca por um serviço de interatividade em televisão disponível em uma rede local. Assim que o aplicativo encontra o serviço disponível no televisor, o dispositivo de segunda tela pode efetuar troca de mensagens com a televisão, o que pode fomentar o desenvolvimento de aplicativos com diferentes finalidades. Além deste recurso de interatividade funcionar somente com a rede local, tanto o televisor quanto os dispositivos de segunda tela, podem ter acesso a Internet e expandir as possibilidades da experiência de interatividade. A Figura 4.17 mostra o contexto no qual o televisor atua como um servidor.

Figura 4.16: Disposição da TV e dos dispositivos de segunda tela, com televisão atuando como cliente de servidor de troca de mensagens.

Figura 4.17: Disposição da TV e dos dispositivos de segunda tela, com televisão atuando como servidor.

Cenários de interoperabilidade entre a televisão e a segunda tela

Este capítulo apresenta estudos e experimentos realizados a fim de observar as possibilidades de desenvolver cenários de interoperabilidade entre televisores com plataformas de interatividade no sistema aberto e dispositivos de segunda tela. A primeira seção apresenta um estudo que envolve a investigação de tecnologias que convergem para o cenário de interoperabilidade entre televisão no sistema aberto e segunda tela. A segunda seção apresenta experimentos desenvolvidos que mostram a viabilidade da criação de cenários interoperáveis. Por sua vez, a terceira seção consolida os assuntos abordados nas seções anteriores e faz uma contextualização de um cenário no qual o televisor e a segunda tela constituem um sistema que suporta diferentes plataformas de interatividade.

5.1 *Tecnologias para o cenário de interoperabilidade*

Paralelamente à transição da televisão analógica para a digital, vários sistemas de televisão digital interativa têm sido desenvolvidos em todo o mundo - alguns só recentemente, alguns já mais de uma década atrás. A principal idéia foi a de oferecer aos consumidores novas funcionalidades adicionais e serviços multimídia visto a popularidade da televisão (CALIXTO et al., 2013).

Como resultado da recente tendência de convergência de transmissão banda larga, a maioria dos aparelhos de TV vendidos hoje são chamados Smart TVs ou TVs conectadas, apoiando a perspectiva atual da integração da Internet em televisores modernos e set-top-boxes, conforme mostra os estudos de (ZUFFO et al., 2007) e (COSTA et al., 2012). No entanto, todos os sistemas de televisão digital e Smart TV foram implantados em suas

próprias tecnologias, necessidades e leis dos respectivos países. Assim, os aplicativos desenvolvidos para um sistema geralmente não são compatíveis com um outro. O impacto desta limitação reflete na falta de interoperabilidade entre os serviços.

A recente iniciativa de pesquisa internacional, conhecido como "projeto GLOBAL ITV", tem por objetivo de estabelecer a base de uma plataforma interoperável e coexistente, possibilitando que um receptor de televisão digital suporte diferentes plataformas de interatividade (GLOBALITV, 2013).

O projeto GLOBAL ITV está consolidado em dois conceitos: interoperabilidade e convergência. A interoperabilidade consiste na possibilidade de realizar diferentes tipos de aplicações em apenas um receptor. A coexistência é o recurso que permite que aplicativos de diferentes plataformas de interatividade executem no mesmo contexto (por exemplo, uma aplicação com recursos do Ginga-NCL e do HbbTV).

A Figura 5.1 ilustra a arquitetura de software proposta para o GLOBAL ITV na Fase 1, na qual consistiu em desenvolver um receptor com suporte às plataformas de interatividade Ginga-NCL e HbbTV. O receptor, dependendo do sistema de televisão, Brasileiro ou Europeu, poderia sintonizar canais nos sistemas ISDB-Tb ou DVB. Entretanto, para quaisquer um dos sistemas o receptor é apto a executar aplicativos Ginga-NCL e HbbTV. Em relação a transmissão de dados, os sistemas Brasileiro e Europeu são compatíveis, conforme estudo realizado em (CALIXTO et al., 2014b).

A Fase 2 representada pela ilustração da Figura 5.2 consiste em permitir a execução de aplicativos em HTML5, além de permitir que as plataformas de interatividade dos diferentes sistemas operem em uma camada sobre um navegador através do uso de plug-ins. O estudo realizado por (SANTOS et al., 2015) mostra que é viável o uso de plugins para suportar plataformas de interatividade em televisão. A solução atual alcançada pelo projeto nos anos de 2014 e 2015 é uma plataforma híbrida (diferentes meios de comunicação) e interoperável, suportando aplicativos Ginga-NCL, HbbTV 1.5 e HTML5. A Figura 5.3 mostra a arquitetura do *setup* de demonstração do projeto.

No caso da pesquisa para interatividade em televisão, a maioria deles são orientados para a tecnologia, com foco em limitações técnicas e soluções. Fatores humanos têm um forte impacto no aperfeiçoamento na plataforma de interatividade em televisão, estudando como lidar com o comportamento do usuário e o consumo de tecnologias novas e interativas.

Figura 5.1: Arquitetura de software proposta para o GLOBAL ITV na Fase (GLOBALITV, 2013).

Figura 5.2: Arquitetura de software proposta para o GLOBAL ITV na Fase 2 (GLOBALITV, 2013).

Figura 5.3: Arquitetura do demonstrador do GLOBAL ITV (GLOBALITV, 2013).

Algumas iniciativas podem ser listadas como, por exemplo, de projetos realizados ao redor do mundo. Por exemplo, o *Future of Broadcast Television Initiative* (FOBTv) é uma iniciativa liderada por parceiros asiáticos, americanos e europeus de diferentes setores, tendo com o foco o desenvolvimento e a prospecção de uma norma global, possibilitando uma experiência imersiva para novos serviços, interação inteligente, ferramentas de personalização e uma maior eficiência na utilização do espectro de transmissão (ZHANG et al., 2014).

O *Hybrid Broadcast Broadband Next Generation* (HbbTV-Next) é uma iniciativa europeia que visa estabelecer as bases de serviços avançados em sistemas híbridos e integração de mundo broadcast e Internet (DEVENTER et al., 2013). A perspectiva de pesquisa do HbbTV-Next é mais focada no processo de design, explorando tecnologias centradas no usuário para enriquecer a experiência de visualização de TV orientada ao usuário.

A iniciativa ATSC 3.0 é liderada pela *Advances Television Systems Committee* (ATSC), que afeta países e territórios utilizam o sistema ATSC, principalmente na América do Norte. O ATSC é mais focado na implementação padrão e comentários técnicos para oferecer mais serviços aos usuários através do aumento da eficiência da banda e do desempenho nos sistemas de compressão (BAE; YOU; KWON, 2012).

Em relação ao desenvolvimento de aplicativos para dispositivos de segunda tela, as mesmas podem ser divididas em dois grupos: aplicativos suportados em plataformas específicas em aplicativos suportados por mais de uma plataforma.

No caso de aplicativos suportados em plataformas proprietárias, o estado da arte oferece diferentes possibilidades de tecnologias. Por exemplo, para a área de desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis, onde é comum a adoção de uma plataforma proprietária e a hospedagem deles em uma loja de aplicativos específicas. Por exemplo, aplicativos desenvolvidos para a plataforma Android são disponibilizados na ferramenta Google Play (GOOGLE, 2015c); aplicativos desenvolvidos para a plataforma iOS são disponibilizados na App Store (APPLE, 2015b)) e assim por diante. A vantagem do desenvolvimento de aplicativos focados em plataformas proprietárias é o domínio e uso dos recursos específicos do dispositivo. A desvantagem, entretanto, é a limitação a dispositivos de outras plataformas, requerendo que equipes de desenvolvimento, para alcançar um número maior de usuários, desenvolvam diferentes versões de aplicativos para as diferentes plataformas.

Existem hoje soluções voltadas ao suporte de aplicativos que executam em diferentes plataformas. Por exemplo, as aplicativos Java é uma iniciativa na qual aplicativos podem executar em diferentes plataformas, baseado na conceito de execução de aplicativos em máquina virtual (DEITEL; DEITEL, 2011). Para algumas plataformas, a Oracle, que é a atual detentora da tecnologia Java, fornece gratuitamente a máquina virtual e os componentes para o desenvolvimento de aplicativos. Entretanto, para uma plataforma fora da lista de gratuidade suportada, a mesma precisa passar por um processo de teste e homologação, resultando na geração de custos. Além disso, podem ser cobrados royalties por dispositivo fabricado, o que implica na agregação do preço final de um produto a desenvolvedores. Muitas plataformas desistiram do suporte ao Java levando em consideração todos estes aspectos.

Uma emergente iniciativa no desenvolvimento de aplicativos interativos suportando diferentes plataformas é o HTML5, sendo uma evolução do padrão de desenvolvimento baseado na web (ANTHES, 2012). Além da proposta de integração de funcionalidades possíveis através de plug-ins (execução de mídias), novas funcionalidades são oferecidas que possibilitam suportar operações em plataformas proprietárias.

Os aplicativos são executados através de um navegador com suporte ao HTML5, podendo ser invocados remotamente ou localmente. Não limitado aos recursos genéricos do HTML5 (que deve ser suportado por todos os navegadores em qualquer plataforma), alguns navegadores oferecem componentes extras, chamados de *extensão*. Caso um aplicativo seja desenvolvido com recursos nativos do HTML5, o mesmo pode ser executado em qualquer navegador, em qualquer plataforma. Com o uso de extensões de um navegador, a execução é limitada ao navegador e plataformas compatíveis.

No caso do desenvolvimento de aplicativos para o uso como segunda tela junto à televisão, quaisquer plataformas e soluções apresentadas podem ser compatíveis. Entretanto, esta pesquisa tem como foco apresentar possibilidades de aplicativos que interoperem entre plataformas de interatividade para TV, mas também interoperem entre diferentes plataforma dos dispositivos de segunda tela.

Independente da opção tecnológica para o uso de aplicativos na televisão e na segunda tela, existem tecnologias de conectividade para situações as quais se deseja efetuar trocas de mensagens entre a televisão e a segunda tela. Nesse contexto, entende-se por mensagem qualquer informação que possa ser solicitada e enviada em quaisquer dos dispositivos

e, assim, ser tratada de acordo com as intenções desejadas.

Partindo do pressuposto de que esses dispositivos podem se conectar à uma rede, o uso de recursos de redes de computadores torna-se viável e estabelece um serviço cliente-servidor entre a televisão e os dispositivos de segunda tela (exemplo explorado no capítulo anterior). Um modelo para redes de computadores que se adequa ao contexto de troca de mensagens é o de socket (WRIGHT; STEVENS, 1995) pois é considerada uma camada de transporte de dados operando sobre o protocolo TCP/IP, podendo realizar as trocas de mensagens entre dispositivos através de um modelo cliente-servidor TCP/IP (possibilitando o envio de *streams* de dados) ou também com o modelo de disparo de datagramas por UDP, estabelecendo dispositivos disparadores de mensagens e ouvintes.

Para o caso da comunicação entre os dispositivos de segunda tela, é preferível o uso do TCP, visto a confiabilidade, checagem de erros e melhor aceitação para tráfego de mensagens em diferentes redes. Vale destacar que apesar do UDP ter um uso eficiente em redes locais, o mesmo não oferece segurança suficiente, sofrendo bloqueio em algumas redes.

Outra tecnologia focada no uso de recursos do HTML5 é o Websocket (FETTE; MELNIKOV, 2011). Este é um serviço em que um aplicativo pode operar como cliente ou servidor socket TCP. Entretanto, o estabelecimento de conexão entre o cliente e o servidor é realizada com o uso de um processo de negociação HTTP, oferecendo maior confiabilidade aos sockets tradicionais. Na implementação nativa do HTML5 o Websocket é um recurso oferecido como cliente para a execução em navegadores (WANG; SALIM; MOSKOVITS, 2013). No caso da operação como servidor, ele precisa ser implementado com extensões de navegadores ou através de outras plataformas de desenvolvimento de software, não sendo um recurso nativo do HTML5. Quando utilizados em aplicativos de segunda tela e a televisão, o recurso permite que pacotes de dados de diferentes tipos sejam enviados e recebidos com segurança superior ao uso do socket tradicional.

Uma terceira possibilidade é o uso de Web Services, onde o cliente e servidor podem efetuar trocas de dados através de arquivos XML (CERAMI, 2002). O web service pode realizar o processamento de dados ou operações que sejam custosas ao cliente ou com acessos os quais ele possui.

5.2 Experimentos com plataformas de interatividade e dispositivos de segunda tela

As Seções 5.2.1 e 5.2.2. apresentam, experimentos que envolvem um receptor de TV Digital interativa e aplicativos desenvolvidos neste trabalho e executados em uma segunda tela. A Seção 5.2.1 trata do experimento no qual o receptor de TV digital executa um aplicativo Ginga-NCL. Na Seção 5.2.2, o receptor executa um aplicativo HbbTV para reproduzir o mesmo comportamento do experimento com Ginga-NCL. Então, na Seção 5.2.3, são apresentados os resultados dos experimentos.

5.2.1 Ginga-NCL

O experimento consiste na avaliação de componentes de software para o desenvolvimento de cenários de interatividade entre a televisão e os dispositivos de segunda tela. Neste caso, considera-se a televisão como um receptor que permite a execução de aplicativos Ginga-NCL e os dispositivos de segunda tela capazes de executar em aplicativos HTML5 através de um navegador.

Duas configurações foram analisadas, sendo:

- Configuração 1: Um simulador em máquina virtual (AstroBox) para a execução de aplicativos Ginga-NCL e um aplicativo HTML5 sendo executado em um browser Google Chrome em um computador e todos conectados na mesma rede local.
- Configuração 2: Um set-top-box híbrido (demonstrador do projeto GLOBAL ITV) com suporte a aplicativos Ginga-NCL e um aplicativo HTML5 sendo executado em um browser Google Chrome em um computador e todos conectados na mesma rede local.

Em relação ao aplicativo Ginga-NCL, o mesmo consiste em um servidor socket TCP desenvolvido com apoio da biblioteca LuaSocket, o qual permanece constantemente aguardando solicitações dos clientes em uma porta de comunicação específica. É importante ressaltar que a biblioteca LuaSocket não é um componente obrigatório em implementações do Ginga-NCL, portanto, nem todos os receptores devem suportar a funcionalidade de operar com sockets (NEHAB, 2007).

O aplicativo de segunda tela é um cliente TCP que solicita mensagens ao servidor e que sempre recebe uma mensagem de retorno (como no fluxo de mensagens TCP). O algoritmo foi desenvolvido em HTML5 com o uso da extensão *sockets.tcp* do Google Chrome (GOOGLE, 2015e), destacando-se que a biblioteca de socket nativa para HTML5 ainda se encontra em processo de avaliação e adequação. Apesar de o experimento envolver somente um dispositivo de segunda tela, a solução suporta que outros dispositivos enviem e recebam mensagens do servidor. Além da implementação dos métodos para a troca de mensagens, foi elaborado no aplicativo cliente uma rotina de busca do servidor, qual faz tentativas de conexão no servidor nas possibilidades de IPs locais na classe C. A Figura 5.4 ilustra a disposição dos equipamentos nas duas configurações.

Figura 5.4: Configurações no experimento com o aplicativo Ginga-NCL e o dispositivo de segunda tela.

A Figura 5.5 ilustra o processo de envio e recebimento de mensagens no experimento proposto, onde o cliente busca por servidores para se conectar até encontrar algum disponível, ou seja, com a tentativa de conexão com sucesso. Depois, o cliente envia uma mensagem de solicitação ao servidor, o qual envia uma resposta de maneira assíncrona (o cliente recebe a mensagem através de um ouvinte já habilitado no processo de conexão). Depois, a conexão é encerrada, dando lugar a outra solicitação (podendo ser originada de outro cliente).

Além de verificar o funcionamento da solução, também foi avaliado o desempenho na

Figura 5.5: Envio e recebimento de mensagem no experimento com o aplicativo Ginga-NCL e o dispositivo de segunda tela.

solicitação de mensagens. Para isso, o aplicativo de segunda tela realizou solicitações de mensagens de diferentes tamanhos, iniciando por 1 byte até 32Kbytes. O tempo de execução de cada operação foi armazenado para análise. O código-fonte do aplicativo servidor Ginga-NCL e do aplicativo cliente HTML5 estão disponíveis no Apêndice A

5.2.2 HbbTV

Seguindo metodologia semelhante ao experimento desenvolvido com a plataforma de interatividade Ginga-NCL, foi desenvolvido um experimento que avalia os componentes de software para o desenvolvimento de um cenário no qual um dispositivo de segunda tela realiza uma troca de mensagens com aplicativo HbbTV utilizando Websockets. Levando em consideração que o aplicativo HbbTV não possui a funcionalidade atuar como servidor de mensagens, foi criado um servidor que tem como função arbitrar a troca de mensagens entre a televisão e os dispositivos de segunda tela.

Os aplicativos para o receptor com HbbTV e o aplicativo para o dispositivo de segunda tela foram hospedados em um servidor HTTP Apache 2.0 criado em uma máquina virtual em sistema operacional Ubuntu (baseado no Linux) conectada a rede local.

Duas configurações foram experimentadas, como segue:

- Configuração 1: Um simulador em máquina virtual para a execução de aplicativos

HbbTV (Opera TV Emulator) (OPERA, 2015), aplicativos para o simulador e segunda tela disponíveis em um servidor HTTP e o servidor de encaminhamento de mensagens e todos conectados na mesma rede local;

- Configuração 2: Um set-top-box híbrido (demonstrador do projeto GLOBAL ITV) com suporte a aplicativos HbbTV, aplicativos para o simulador e segunda tela disponíveis em um servidor HTTP e o servidor de encaminhamento de mensagens, estando todos conectados à rede local;

O servidor de encaminhamento de mensagens foi desenvolvido a partir de uma implementação de servidor Websocket disponível nos aplicativos de exemplo do Google Chrome, utilizando HTML5 e extensões do navegador (GOOGLE, 2015d). Neste caso, foram implementados métodos de registro de informações dos dispositivos conectados e os procedimentos para encaminhamento de mensagens da segunda tela para o aplicativo HbbTV e vice-versa. Além da implementação em HTML5 + extensões do Google Chrome, também podem ser utilizadas implementações em outras plataformas, sendo transparente ao aplicativo de segunda tela e ao aplicativo HbbTV. A Figura 5.6 ilustra as configurações utilizadas no experimento.

A Figura 5.5 ilustra o procedimento para envio e recebimento de mensagens entre o aplicativo de segunda tela e o aplicativo HbbTV. Primeiramente, ambos fazem a carga do aplicativo, buscando o mesmo no servidor HTTP. Depois, cada aplicativo, com o endereço do servidor já conhecido (neste caso, o endereço poderia ser capturado na tela da TV através de uma *tag* para o aplicativo de segunda tela) se conecta ao servidor de encaminhamento de mensagens.

O aplicativo de segunda tela envia uma mensagem ao servidor de encaminhamento, informando na mesma que o destino é o aplicativo HbbTV. Dessa maneira, o servidor de encaminhamento envia a mensagem para o aplicativo HbbTV, o qual faz a resposta assíncrona para o servidor de encaminhamento que, por sua vez, repassa a mensagem de maneira assíncrona para o aplicativo de segunda tela. É importante destacar que o servidor de encaminhamento pode registrar vários clientes e faz a remoção do registro do mesmo quando é solicitada a desconexão, permitindo a elaboração de cenários com mais de dois dispositivos. O código-fonte dos aplicativos e servidor estão disponibilizados no Apêndice B.

Figura 5.6: Configurações no experimento com o aplicativo HbbTV e o dispositivo de segunda tela.

Figura 5.7: Envio e recebimento de mensagem no experimento com o aplicativo de segunda tela e o aplicativo HbbTV.

Da mesma maneira que o teste com Ginga-NCL, foi coletado o tempo de solicitação de mensagem com diferentes tamanhos, de 1 byte a 32Kbytes, coletando o tempo de resposta da operação.

5.2.3 Resultado dos experimentos

O resultado dos experimentos estão apresentados através das Figuras ??, ?? e 5.8. Devido ao fato da grande quantidade de dados coletados, os gráficos podem representar os resultados obtidos de maneira mais eficiente.

Figura 5.8: Comparativo entre os resultados obtidos nos diferentes experimento com a segunda tela (utilizando interpolação polinomial).

A Figura 5.8 apresenta os resultados do experimento executado envolvendo, respectivamente, aplicativos Ginga-NCL e HbbTV. O eixo vertical representa o tempo decorrido para o envio da mensagem e recebimento da resposta, em milissegundos. O eixo horizontal representa o tamanho da mensagem enviada, em bytes. É possível verificar, tanto para o aplicativo Ginga-NCL quanto para o aplicativo HbbTV, um comportamento exponencial com o aumento do tamanho das mensagens. Os dados coletados foram suficiente para realizar um comparativo de desempenho entre os experimentos realizados.

Em ambos os experimentos com Ginga-NCL e HbbTV, foi observado que a configuração com o receptor (plataforma do projeto GLOBAL ITV) houve um melhor desempenho

(menor tempo de resposta no processo de envio e recebimento de mensagem). A máquina virtual, para o caso específico deste experimento, deve cumprir o papel de ser funcional, ou seja, tratar questões de desempenho em segundo plano. No caso da do receptor, o mesmo é um eletrônico de consumo real e dedicado para as funções básicas de televisão e suporte a aplicativos interativos. Portanto, neste caso, espera-se um melhor tempo de resposta.

Além da diferença de desempenho entre simulador e receptor real, também foi observado diferença de desempenho entre o experimento envolvendo o Ginga e o HbbTV, conforme ilustra a Figura 5.8. Para obter uma melhor leitura dos resultados, os pares "(tamanho do byte,tempo decorrido)"passou por um processo de interpolação polinomial de ordem 2 (devido ao comportamento parabólico dos dados). A diferença de resultados pode estar relacionado com as bibliotecas utilizadas (LuaSocket no Ginga-NCL e Websocket no HbbTV) e também com as técnicas de programação no desenvolvimento dos algoritmos, comportamento que pode ser investigado futuramente. Apesar da diferença de desempenho, todos os experimentos foram eficazes na troca de mensagens entre dispositivos de segunda tela e o aplicativo de interatividade em Ginga-NCL ou HbbTV.

5.3 Consolidação de um sistema híbrido e interoperável envolvendo a televisão e a segunda tela

Os estudos e experimentos realizados apontam à viabilidade de se desenvolver um ambiente de interatividade entre a televisão e a segunda tela que pode ser híbrido e interoperável. A Figura 5.9 ilustra a arquitetura de um ambiente no qual receptores de televisão, suportando diferentes plataformas de interatividade e, dispositivos de segunda tela, suportando a execução de um mesmo aplicativo em diferentes plataformas podem interoperar harmoniosamente. Além disso, o aplicativo de segunda tela pode estar preparado para interagir com diferentes plataformas de interatividade.

A Figura 5.9 destaca a televisão com um sistema híbrido de comunicação, podendo tanto receber conteúdo proveniente de uma radiodifusor e também obter conteúdo da Internet. No caso de aplicativos interativos no sistema aberto, os dados para execução do aplicativo necessariamente precisam ser enviados pelo radiodifusor, sendo de controle exclusivo do mesmo. A partir desta informações, o aplicativo pode ser invocado de um

Figura 5.9: Arquitetura proposta para o cenário de interatividade entre a televisão e os dispositivos de segunda tela.

servidor externo ou também obtido através dos pacotes de dados enviados pelo radiodifusor, podendo a televisão assumir o papel de servidor ou cliente para o esquema de interação com os dispositivos de segunda tela, utilizando somente a rede local, a nuvem da Internet ou ambas as redes. Neste caso, não é descartado o cenário em que interatividade entre a televisão e a segunda tela possa ser realizada com a sincronização por meio de marcadores.

A Figura 5.10 apresenta a sugestão de uma pilha de componentes de software para uma televisão com sistemas de interatividade interoperáveis, onde a ideia principal é que qualquer plataforma de interatividade possa atuar como um plug-in de um navegador (no atual estado da arte, em HTML5). Além disso, este televisor suportaria a execução de aplicativos nativos em HTML5 e, desta maneira, seria flexível a adoção de diferentes plataformas de interatividade.

Para os aplicativos executados nos dispositivos de segunda tela, a Figura 5.11 apresenta uma sugestão de pilha de software, que reforça a ideia de que os aplicativos desenvolvidos para serem executados em navegadores com suporte à HTML5. Desta maneira, qualquer aplicativo com o uso de componentes nativos do HTML5 pode ser executado em

Figura 5.10: Pilha de software sugerida para a televisão.

qualquer navegador suportado, independente do sistema operacional. Vale ressaltar que o uso de extensões proprietárias dos navegadores implica na execução em um navegador específico.

Figura 5.11: Pilha de software sugerida para o dispositivo de segunda tela.

Discussão dos resultados e validação de hipóteses

Os estudos e experimentos realizados permitem realizar uma discussão baseada nos resultados obtidos no processo de levantamento de referencial teórico, estado da arte e estudos e experimentos realizados. As seções a seguir apresentam as discussões referentes a cada hipótese desta pesquisa.

6.1 *Limitações no estado da arte*

Os cenários que envolvem aplicativos para atuar em equipamentos de segunda tela junto à televisão digital interativa têm dividido espaço com outras tecnologias interativas, como os voltados para as redes sociais, vídeo por demanda e videogames. Especificamente no Brasil, a plataforma de interatividade Ginga possui pouca adesão por parte dos principais radiodifusores e fabricantes de televisores, levando em consideração que o atual modelo de aplicativos executado na tela da televisão e controlado por controle remoto não contribuiu para a melhoria do atual modelo de negócio. O mesmo comportamento é observado em outros sistemas. Nesse contexto, é importante ressaltar a concorrência com os serviços de operadoras de telecomunicações, as quais oferecem os serviços triple-play (serviço de TV paga com recursos de vídeo por demanda, acesso a Internet e o telefone por IP).

Uma alternativa ao uso de recursos de plataformas de interatividade na televisão é o uso de marcadores para expandir a experiência de interatividade de usuários. Muitos dos radiodifusores utilizam recursos para a motivação da criação de microblogs através do uso de hashtags, mantendo os expectadores conectados a redes sociais e ao mesmo tempo ao conteúdo televisivo. O uso de hashtags também é um meio de medição de audiência, visto os recursos existentes para a contagem da citação de hashtags nos diferentes serviços

de redes sociais. Existem comerciais em programas de TV que utilizam recursos de audio fingerprint para a sincronização entre a televisão e a segunda tela, por exemplo, para acesso a conteúdo extra de uma loja ou também acesso a uma comunidade de uma rede social com o uso de aplicativos conhecidos de detecção de eventos por canções. No geral, a sincronização entre televisão e segunda tela por meio de marcadores é uma alternativa que despertou o interesse de toda a cadeia, corroborando com os interesses dos modelos de negócio. Entretanto, o uso de marcadores é viável em locais com baixos níveis de ruído sonoro ou luminoso. Por isso, esta tecnologia é de difícil aplicação em locais públicos com grande movimentação de pessoas.

Em relação à exploração de novas tecnologias voltadas à segunda tela por parte da academia, este ainda é um assunto emergente, como observado no levantamento do referencial teórico. São encontrados muitos estudos em andamento através de participação em simpósios e congressos, mas poucas contribuições consolidadas através de artigos de impacto. As explorações do desenvolvimento de soluções para segunda tela tem sido alvo de interesse da indústria, que reflete através do registro de patentes e oferecimento de serviços.

Enfim, como motivar a cadeia de produção e o uso da televisão digital aberta a produzir e utilizar aplicativos interativos que oferecem recursos diferenciados (além da exibição de algo em tela e operação por controle remoto)? É considerado, de fato, um desafio tecnológico e político nos próximos anos. De conhecimento da boa aderência a aplicativos para o uso como segunda tela que sincronizam com a televisão através de marcadores, aplicativos inovadores podem ser desenvolvidos sem a dependência do controle remoto, mantendo a televisão como um meio de acesso a uma experiência de interatividade exclusivamente por uma segunda tela. Ainda mais, os aplicativos de segunda tela devem interagir com aplicativos de televisão como uma ponte de comunicação, descartando o controle de objetos na tela principal.

Em resumo, o estado da arte para desenvolver aplicativos interativos à televisores para soluções envolvendo a segunda tela necessita não só de melhorias em componentes de software, mas também na estratégia de desenvolvimento de aplicativos para aderência ao atual modelo de negócio e desejos dos usuários finais.

6.2 Coexistência de sistemas de interatividade

A hipótese desta pesquisa defende a coexistência de diferentes plataformas de interatividade em televisão aberta em um mesmo ambiente. Um dos pontos desfavoráveis no histórico de desenvolvimento tecnológico da televisão é a forte regionalização que a mesma possui nos sistemas de transmissão, sendo expandido nos últimos anos às plataformas de interatividade. No estado da arte da televisão, não existe o conceito de eletrônico de consumo "televisão" em âmbito global, como, por exemplo, os atuais smartphones.

O projeto GLOBAL ITV é uma iniciativa para que diferentes plataformas de interatividade coexistam em um único televisor, sendo um primeira iniciativa para o modelo de televisão global. A prova de conceito desenvolvida no GLOBAL ITV é utilizada em experimentos nesta pesquisa disponibiliza as plataformas Ginga-NCL, HbbTV e suporte a aplicativos nativos em HTML5. Entretanto, somente pode sintonizar canais no sistema Brasileiro. Uma evolução que pode ser feita é a evolução da prova de conceito com a implementação do Rádio Definido por Software (SDR, *Software Defined Radio*).

Portanto, a coexistência de plataformas de interatividade em televisão aberta é viável, sendo necessário elaborar meios de motivar a indústria para a adoção da coexistência apresentando as vantagens tecnológicas e econômicas. Além disso, é necessário esforços para a atualização e/ou criação de recomendações e normas para que a adoção seja formalizada.

6.3 Interoperabilidade nos aplicativos de segunda tela

Além da coexistência entre as diferentes plataformas de interatividade em televisão digital, a hipótese desta pesquisa também reforça a ideia de que aplicativos desenvolvidos para dispositivos de segunda tela podem interoperar em diferentes plataformas. Tratando-se de aplicativos que podem ser desenvolvidos em computadores, tablets, smartphones e outros tipos de equipamentos, existe uma variedade de plataformas que podem ser utilizadas para prover interoperabilidade. Os experimentos desenvolvidos estabelecendo a comunicação entre aplicativos em plataformas de interatividade e dispositivos de segunda tela com o mensagens sockets TCP é uma solução que permite aplicativos a se comunicar com diferentes plataformas, possuindo eficácia e eficiência satisfatória.

Não limitando a interoperabilidade do aplicativo para diferentes plataformas, os experi-

mentos realizados também mostram a possibilidade dos aplicativos de segunda tela também serem executados através de um navegador, podendo interoperar entre diferentes dispositivos de segunda tela. Em resumo, o uso de navegadores como um camada de aplicação é uma solução benéfica aos desenvolvedores, visto que o acesso às funções específicas da plataforma fica a cargo do navegador, sendo transparente ao aplicativo.

Conclusão

Através do referencial teórico, estudos e experimentos desenvolvidos nesta pesquisa, é possível concluir que os objetivos propostos foram satisfatoriamente cumpridos, mostrando a viabilidade tecnológica de plataformas interoperáveis em cenários envolvendo plataformas de interatividade em televisão digital interativa e dispositivos de segunda tela. Em relação aos objetivos específicos foram oferecidas diferentes contribuições, como segue:

- *Objetivo Específico 1:* Desenvolvimento de um estudo das tecnologias que possibilitam o uso de duas ou mais telas em cenários de interatividade, pesquisando os diferentes cenários de uso no domínio permitido pelo estado da arte.

Contribuição: O referencial teórico desenvolvido, assim como o levantamento do estado da arte, permitiram uma observação criteriosa sobre as principais tecnologias existentes envolvendo a televisão, fomentando o conhecimento necessário aos estudos e experimentos realizados nesta pesquisa. O estudo das contribuições na área através de técnicas de bibliometria apontou que este estudo é inovador e que suas contribuições podem motivar novas linhas de pesquisa na área de televisão digital.

- *Objetivo Específico 2:* Realizar o levantamento dos diferentes domínios de abordagem de uso da televisão com múltiplas telas, além dos já permitidos pelo estado da arte, buscando por possibilidades pouco exploradas pela indústria e pela comunidade científica.

Contribuição: O levantamento produzido nesta pesquisa sobre os diferentes domínios de abordagem no uso da televisão com uma ou mais telas contribui para elaborar diferentes cenários de interatividade, os quais podem direcionar futuras pesquisas. Foi possível, através deste levantamento, classificar os diferentes cenários de uso

(controle da tela principal, obtenção de informação extra ou mover um conteúdo para outra tela).

- *Objetivo Específico 3:* Desenvolver experimentos em laboratório para explorar as possibilidades de comunicação entre a televisão digital interativa e as múltiplas telas. Realizar a coleta de dados que contribuam para as discussões a serem realizadas nesta pesquisa.

Contribuição: Foram desenvolvidos experimentos para observar o comportamento na sincronização entre a televisão e a segunda tela através de marcadores e também o desenvolvimento de aplicativos para validar o uso de componentes para um sistema interoperável de troca de mensagens entre aplicativos de plataformas de interatividade em televisão digital e aplicativos de segunda tela. Os experimentos resultaram em discussões às quais foram possíveis destacar os pontos fortes e fracos nas diferentes técnicas de sincronização, apresentando níveis de eficácia e eficiência em todas elas.

- *Objetivo Específico 4:* A partir do levantamento dos diferentes domínios de abordagem do uso da televisão com as múltiplas telas e os resultados dos experimentos, propor contribuições na área de engenharia envolvendo cenários de interoperabilidade entre a televisão digital interativa e as múltiplas telas.

Contribuição: Os estudos e experimentos permitem ser utilizados como base para o desenvolvimento de diferentes soluções (a serem propostas a seguir nos trabalhos futuros) que podem gerar outras contribuições através de participações em congressos e publicação em revistas científicas. Os aplicativos desenvolvidos serão futuramente disponibilizado para receber contribuições de outros desenvolvedores e pesquisadores.

Além das contribuições diretas oferecidas por esta pesquisa, são propostos trabalhos futuros utilizando como base a pesquisa realizada, como segue:

- Desenvolvimento de aplicativos para plataformas de interatividade em televisão e aplicativos para dispositivos em segunda tela com foco para teste em campo, visando validar o uso da tecnologia junto a usuários finais. É possível o teste em campo através da colaboração de emissoras públicas parceiras em iniciativas de pesquisa.

- Desenvolvimento de componentes de software para o Ginga-NCL, habilitando o mesmo a suportar o uso de Websockets, para uma melhor compatibilidade com clientes sockets TCP desenvolvidos em HTML5 nativo.
- Desenvolver um aplicativo que permita televisores com suporte a aplicativo HbbTV a atuarem como servidor, removendo a necessidade de um servidor para arbitrar a troca de mensagens.
- Realizar experimentos sobre o uso da segunda tela junto a televisores em locais públicos, com alto nível de ruído sonoro e/ou luminoso, com grande concentração de pessoas, avaliando o eficiência, eficácia e comportamento de usuários com o uso de diferentes técnicas.
- Elaborar propostas de atualizações em normas atuais nos respectivos sistemas de televisão digital, além de também contribuir para a criação ou atualização de recomendações internacionais especificamente sobre o uso de dispositivos como segunda tela para televisores de maneira interoperável. Também, colaborar em grupos de estudos focados no assunto desta pesquisa em instituições tais como ITU ou W3C.

Referências Bibliográficas

ADAMS, M.; DULCHINOS, D. Opencable. **Communications Magazine, IEEE**, IEEE, v. 39, n. 6, p. 98–105, 2001.

AL-HEZMI, A.; GOUVEIA, F. de; MAGEDANZ, T. Enabling triple play services over ngn. In: **Information and Communications Technology, 2007. ICICT 2007. ITI 5th International Conference on**. [S.l.: s.n.], 2007. p. 91–97.

ALENCAR, M. S.; LOPES, W. T.; MADEIRO, F. History of television in brazil. In: **IEEE. Telecommunications Conference (HISTELCON), 2010 Second IEEE Region 8 Conference on the History of**. [S.l.], 2010. p. 1–4.

ALI-HASAN, N. Designing the chromecast out-of-box experience. 2014.

AN, K. H.; CHUNG, M. J. Cognitive face analysis system for future interactive tv. **Ieee Transactions on Consumer Electronics**, v. 55, n. 4, p. 2271–2279, 2009. ISSN 0098-3063. Times Cited: 6 An, Kwang Ho Chung, Myung Jin.

ANATEL. **Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel)**. 2011. <<http://www.anatel.gov.br>>. Acessado em 29 08 2014.

ANGELUCI, A. C. B. **Recomendações de IHC para uso de aplicativos interativos em televisão e segunda tela a partir de infraestrutura de TVD**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2013.

ANGULO, J.; CALZADA, J.; ESTRUCH, A. Selection of standards for digital television: The battle for latin america. **Telecommunications Policy**, Elsevier, v. 35, n. 8, p. 773–787, 2011.

ANTHES, G. Html5 leads a web revolution. **Communications of the ACM**, ACM, v. 55, n. 7, p. 16–17, 2012.

APPLE. **Apple TV - Apple (BR)**. 2015. <<http://www.apple.com/br/tv/>>. (Visitado em 26/12/2015).

APPLE. **Downloads de App Store no iTunes**. 2015. <<https://itunes.apple.com/br/genre/ios/id36?mt=8>>. (Visitado em 28/12/2015).

AVFORUMS. **TV Viewing Distance Guide | AVForums**. 2015. <<https://www.avforums.com/article/tv-full-hd-ultra-hd-4k-viewing-distance-guide.10704>>. (Visitado em on 28/12/2015).

BAE, J.; YOU, W.; KWON, O.-H. Research on the functional design of the next generation terrestrial mobile hd television. In: IEEE. **ICT Convergence (ICTC), 2012 International Conference on**. [S.l.], 2012. p. 280–283.

BECKER, V.; ZUFFO, M. K. Interatividade na tv digital: estado da arte, conceitos e oportunidades. **Televisão digital: desafios para a comunicação**. Porto Alegre: Sulina, p. 44–67, 2009.

BENNETT, K. B.; FLACH, J. M. Visual momentum redux. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 70, n. 6, p. 399 – 414, 2012. ISSN 1071-5819.

BLANCO-FERNANDEZ, Y. et al. Tripfromtv+: Targeting personalized tourism to interactive digital tv viewers by social networking and semantic reasoning. **Ieee Transactions on Consumer Electronics**, v. 57, n. 2, p. 953–961, 2011. ISSN 0098-3063. Times Cited: 0 Blanco-Fernandez, Yolanda Lopez-Nores, Martin Pazos-Arias, Jose J. Garcia-Duque, Jorge Martin-Vicente, Manuela I.

BOLAÑO, C.; VIEIRA, V. R. Tv digital no brasil e no mundo: estado da arte. **Revista de Economía Política de las Tecnologías de la Información y Comunicación**, v. 6, n. 2, p. 109, 2004.

BORGATTI, S. **NetDraw: Graph Visualization Software**. 2002.

BORGATTI, S.; EVERETT, M.; FREEMAN, L. **Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis**. 2002.

CALIXTO, G. M. et al. Cloud computing applied to the development of global hybrid services and applications for interactive tv. In: IEEE. **Consumer Electronics (ISCE), 2013 IEEE 17th International Symposium on**. [S.l.], 2013. p. 283–284.

CALIXTO, G. M. et al. Effectiveness analysis of audio watermark tags for iptv second screen applications and synchronization. In: **Telecommunications Symposium (ITS), 2014 International**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–5.

CALIXTO, G. M. et al. Analysis of coexistence of ginga and hbbtv in dvb and isdb-tb. In: IEEE. **Consumer Electronics Berlin (ICCE-Berlin), 2014 IEEE Fourth International Conference on**. [S.l.], 2014. p. 83–87.

CARLTON, J.; ANNOTATIONS-KAWASAKI, G. **Apple: The inside story of intrigue, egomania, and business blunders**. [S.l.]: Random House Inc., 1997.

CASTRO, L. N. D. **Fundamentals of natural computing: basic concepts, algorithms, and applications**. [S.l.]: CRC Press, 2006.

CERAMI, E. **Web services essentials: distributed applications with XML-RPC, SOAP, UDDI & WSDL**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2002.

CHIN, E. et al. Measuring user confidence in smartphone security and privacy. In: ACM. **Proceedings of the Eighth Symposium on Usable Privacy and Security**. [S.l.], 2012. p. 1.

CHON, J.; CHA, H. Lifemap: A smartphone-based context provider for location-based services. **IEEE Pervasive Computing**, IEEE, n. 2, p. 58–67, 2011.

- COSTA, L. C. et al. A framework design for connected television. In: IEEE. **Consumer Electronics (ICCE), 2012 IEEE International Conference on**. [S.l.], 2012. p. 590–591.
- COURTOIS, C.; MAREZ, L. D.; VERDEGEM, P. Composition and role of convergent technological repertoires in audiovisual media consumption. **Behaviour & Information Technology**, Taylor & Francis, v. 33, n. 8, p. 844–858, 2014.
- CRUZ-NEIRA, C.; REINERS, D.; SPRINGER, J. P. An affordable surround-screen virtual reality display. **Journal of the Society for Information Display**, v. 18, n. 10, p. 836, 2010.
- DEITEL, P.; DEITEL, H. **Java How to program**. [S.l.]: Prentice Hall Press, 2011.
- DEVENTER, M. van et al. Towards next generation hybrid broadcast broadband, results from fp7 and hbbtv 2.0. IET, 2013.
- DHAGE, S.; PATIL, S.; MESHRAM, B. Survey on: Interactive video-on-demand (vod) systems. In: **Circuits, Systems, Communication and Information Technology Applications (CSCITA), 2014 International Conference on**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 435–440.
- EBAY. **TV Viewing Distance and Screen Size | eBay**. 2015. <<http://www.ebay.com/gds/TV-Viewing-Distance-and-Screen-Size-/10000000177630637/g.html>>. (Visitado em on 28/12/2015).
- EDWARDS, M. K. Making the best of chromecast: Amazing tricks and tips. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
- ETSI, T. **102 796 v1. 2.1, Hybrid Broadcast Broadband TV**. [S.l.]: European Telecommunications Standards Inst, 2012.
- FALAKI, H. et al. Diversity in smartphone usage. In: ACM. **Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services**. [S.l.], 2010. p. 179–194.
- FERNANDES, J.; LEMOS, G.; SILVEIRA, G. Introdução à televisão digital interativa: arquitetura, protocolos, padrões e práticas. In: **Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. [S.l.: s.n.], 2004. p. 1–56.
- FETTE, I.; MELNIKOV, A. The websocket protocol. 2011.
- FILHO, G. L. d. S.; LEITE, L. E. C.; BATISTA, C. E. C. F. Ginga-j: The procedural middleware for the brazilian digital tv system. **Journal of the Brazilian Computer Society**, SciELO Brasil, v. 12, n. 4, p. 47–56, 2007.
- GIL, A. et al. Surfing the web on tv: the mhp approach. In: IEEE. **Multimedia and Expo, 2002. ICME'02. Proceedings. 2002 IEEE International Conference on**. [S.l.], 2002. v. 2, p. 285–288.
- GLOBALITV. **Global ITV | Global ITV**. 2013. <<http://www.globalityv.org/>>. (Visitado em 28/12/2015).
- GOOGLE. **Sound Search for Google Play – Apps para Android no Google Play**. 2014. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.ears&hl=pt_BR>. (Visitado em on 28/12/2015).

- GOOGLE. **Chromecast**. 2015. <https://www.google.com/intl/pt_br/chrome/devices/chromecast/>. (Visitado em 26/12/2015).
- GOOGLE. **Google Goggles – Apps para Android no Google Play**. 2015. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.unveil&hl=pt_BR>. (Visitado em on 28/12/2015).
- GOOGLE. **Google Play**. 2015. <<https://play.google.com/store>>. (Visitado em 28/12/2015).
- GOOGLE. **GoogleChrome/chrome-app-samples - GitHub**. 2015. <<https://github.com/GoogleChrome/chrome-app-samples/tree/master/samples/websocket-server>>. (Visitado em 29/12/2015).
- GOOGLE. **Network Communications - Google Chrome**. 2015. <https://developer.chrome.com/apps/app_network>. (Visitado em 29/12/2015).
- GUBBI, J. et al. Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, Elsevier, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013.
- HAVICK, J. The impact of the internet on a television-based society. **Technology in Society**, Elsevier, v. 22, n. 2, p. 273–287, 2000.
- HOWSON, C. et al. Second screen tv synchronization. In: **Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin), 2011 IEEE International Conference on**. [S.l.: s.n.], 2011. p. 361–365.
- HU, H. et al. Toward a biometric-aware cloud service engine for multi-screen video applications. **SIGCOMM Comput. Commun. Rev.**, ACM, New York, NY, USA, v. 44, n. 4, p. 581–582, ago. 2014. ISSN 0146-4833.
- HUURDEMAN, A. A. **The worldwide history of telecommunications**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2003.
- ISO, K. et al. Video conference 3d display that fuses images to replicate gaze direction. **Display Technology, Journal of**, v. 8, n. 9, p. 511–520, Sept 2012. ISSN 1551-319X.
- ITU. **ITU-T H.761 : Nested context language (NCL) and Ginga-NCL**. [S.l.], 2014.
- KIM, J. et al. Design and implementation for interactive augmented broadcasting system. **Broadcasting, IEEE Transactions on**, v. 60, n. 2, p. 217–226, June 2014. ISSN 0018-9316.
- KODIALAM, M. et al. Online scheduling of targeted advertisements for iptv. **Networking, IEEE/ACM Transactions on**, v. 19, n. 6, p. 1825–1834, Dec 2011. ISSN 1063-6692.
- KUJALA, T.; SALVUCCI, D. D. Modeling visual sampling on in-car displays: The challenge of predicting safety-critical lapses of control. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 79, n. 0, p. 66 – 78, 2015. ISSN 1071-5819. Integrating Knowledge of Multitasking and Interruptions Across Different Perspectives and Research Methods.
- KUZMANOVIC, N. et al. Hybrid broadcast broadband tv implementation in java based applications on digital tv devices. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 58, n. 3, p. 1056–1062, 2012. ISSN 0098-3063. Times Cited: 0 Kuzmanovic, Nikola Mihic, Velibor Maruna, Tomislav Vidakovic, Milan Teslic, Nikola.

KWON, O.; KIM, T.; BAHN, H. Block level buffer management for video streaming services in iptv environments. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 56, n. 3, p. 1809–1813, 2010. ISSN 0098-3063. Times Cited: 0 Kwon, Ohhoon Kim, Taeseok Bahn, Hyokyung.

LEE, S.; LEE, D. Personalized dtv program recommendation system under a cloud computing environment. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 56, n. 2, p. 1034–1042, 2010. ISSN 0098-3063. Times Cited: 7 Lee, SeungGwan Lee, Daeho Lee, Sungwon.

LEINER, B. M. et al. A brief history of the internet. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, ACM, v. 39, n. 5, p. 22–31, 2009.

LIM, Y.; KIM, K.; JEONG, J. Hybrid interactive data service architecture over t-dmb with mobile network. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 56, n. 4, p. 2826–2833, 2010. ISSN 0098-3063. Times Cited: 2 Lim, Youngkwon Kim, Kyuheon Jeong, Jechang.

LIN, Y.; ABDULLA, W. H. Audio watermarking techniques. In: **Audio Watermark**. [S.l.]: Springer, 2015. p. 51–94.

LUCENA, V. F. de et al. A home automation proposal built on the ginga digital tv middleware and the osgi framework. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 55, n. 3, p. 1254–1262, 2009. ISSN 0098-3063. Times Cited: 3 de Lucena, Vicente Ferreira, Jr. Chaves Filho, Joao Edgar Viana, Nairon Saraiva Maia, Orlewilson Bentes.

LUCENA, V. F. de et al. Designing an extension api for bridging ginga idtv applications and home services. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 58, n. 3, p. 1077–1085, 2012. ISSN 0098-3063. Times Cited: 0 de Lucena, Vicente Ferreira, Jr. Viana, Nairon Saraiva Maia, Orlewilson Bentes Chaves Filho, Joao Edgar da Silva, Waldir Sabino, Jr.

LUQUE, F. P. et al. Integration of multisensorial stimuli and multimodal interaction in a hybrid 3dtv system. **ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.**, ACM, New York, NY, USA, v. 11, n. 1s, p. 16:1–16:22, out. 2014. ISSN 1551-6857.

LYYTINEN, K.; YOO, Y. Ubiquitous computing. **Communications of the ACM**, v. 45, n. 12, p. 63–96, 2002.

MARTIN, C. A. et al. Access services based on mhp interactive applications. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 56, n. 1, p. 198–202, 2010. ISSN 0098-3063. Times Cited: 2 Alberto Martin, Carlos Garcia, Lara Manuel Menendez, Jose Cisneros, Guillermo.

MARTIN-VICENTE, M. I. et al. A semantic approach to avoiding fake neighborhoods in collaborative recommendation of coupons through digital tv. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 56, n. 1, p. 54–62, 2010. ISSN 0098-3063. Times Cited: 4 Martin-Vicente, Manuela I. Gil-Solla, Alberto Ramos-Cabrera, Manuel Blanco-Fernandez, Yolanda Lopez-Nores, Martin.

MARTIN-VICENTE, M. I. et al. Improving collaborative recommendation of coupons through digital tv by semantic inference of users' reputation. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, v. 57, n. 1, p. 178–186, 2011. ISSN 0098-3063. Times Cited: 1 Martin-Vicente, Manuela I. Gil-Solla, Alberto Ramos-Cabrera, Manuel Blanco-Fernandez, Yolanda Lopez-Nores, Martin.

- MATSUMURA, K. et al. Overview of iptv forum japan's hybridcast technical specification. In: **Web & TV Convergence-The Fourth W3C Web and TV Workshop, March**. [S.l.: s.n.], 2014.
- MATTOS, S. **História da televisão brasileira: uma visão econômica, social e política**. [S.l.]: Editora Vozes, 2002.
- MEDITSCH, E. **O rádio na era da informação: teoria e técnica do novo radiojornalismo**. [S.l.]: Editora Insular, 2001.
- MERKEL, K. Hbbtv — a hybrid broadcast-broadband system for the living room. **EBU technical review-2010 Q**, v. 1, 2010.
- MIRACAST. **Wi-Fi CERTIFIED Miracast™: Extending the Wi-Fi® experience to seamless video display - Consumer (2013) | Wi-Fi Alliance**. 2015. <<http://www.wi-fi.org>>. (Visitado em 26/12/2015).
- NBR, A. A. Abnt nbr 15606-3, codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital, parte 3: Especificação de transmissão de dados. **ABNT, primeira edição**, 2007.
- NBR, A. A. Abnt nbr 15607-1, canal de interatividade, parte 1: Protocolos, interfaces físicas e interfaces de software. **ABNT, primeira edição**, 2008.
- NEELY, A. The evolution of performance measurement research - developments in the last decade and a research agenda for the next. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1264–1277, 2005. ISSN 0144-3577. Neely, A.
- NEHAB, D. **LuaSocket: Network support for the Lua language**. 2007. <<http://w3.impa.br/~diego/software/luasocket/>>. (Visitado em 29/12/2015).
- NETFLIX. **Netflix - assista a séries online, assista a filmes online**. 2015. <<https://www.netflix.com/br/>>. (Visitado em 26/12/2015).
- NISHIMOTO, Y.; IMAIZUMI, H.; MITA, N. Integrated digital rights management for mobile iptv using broadcasting and communications. **IEEE Transactions on Broadcasting**, v. 55, n. 2, p. 419–424, 2009. ISSN 0018-9316. Times Cited: 4 Nishimoto, Yusei Imaizumi, Hiroyuki Mita, Nagahisa.
- OHBUCHI, E.; HANAIZUMI, H.; HOCK, L. A. Barcode readers using the camera device in mobile phones. In: IEEE. **Cyberworlds, 2004 International Conference on**. [S.l.], 2004. p. 260–265.
- OHMATA, H. et al. Hybridcast: A new media experience by integration of broadcasting and broadband. In: IEEE. **ITU Kaleidoscope: Building Sustainable Communities (K-2013), 2013 Proceedings of**. [S.l.], 2013. p. 1–8.
- OPERA. **Opera TV Emulator - Opera**. 2015. <<http://www.operasoftware.com/products/tv/tv-emulator>>. (Visitado em 29/12/2015).
- OWEN, B. M. **The Internet challenge to television**. [S.l.]: Harvard University Press, 2009.
- PIERCE, A. Television joins the internet. **Tech Directions**, Prakken Publications, Inc., v. 69, n. 6, p. 12–13, 2010.

- RAOT, P.; NAGARAJA, G. et al. Extended display mode using android miracast. **IJITR**, p. 84–86, 2015.
- RIO, P. 2014. <<http://www.ginga.org.br>>. Acessado em 29 08 2014.
- ROKU. **Roku | Streaming TV & Media Player**. 2015. <<https://www.roku.com/>>. (Visited on 12/26/2015).
- ROSIN, R. F. Von neumann machine. In: **Encyclopedia of Computer Science**. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd., 2003. p. 1841–1842. ISBN 0-470-86412-5.
- SANTOS, M. R. dos et al. Interoperability analysis for ginga-ncl and hbbtv application players. In: IEEE. **Consumer Electronics (ICCE), 2015 IEEE International Conference on**. [S.l.], 2015. p. 5–6.
- SCHILD, H. **SiTKIS: Software for Bibliometric Data Management and Analysis**. 2002.
- SECOM. **Pesquisa Brasileira de Mídia — Portal Brasil**. 2015. <<http://www.brasil.gov.br/governo/pesquisa-brasileira-de-midia>>. (Visitado em 26/12/2015).
- SHAZAM. **Shazam - Music Discovery, Charts & Song Lyrics**. 2015. <<http://www.shazam.com/>>. (Visitado em on 28/12/2015).
- SHIRAZI, H. et al. A qos monitoring system in a heterogeneous multi-domain dvb-h platform. **IEEE Transactions on Broadcasting**, v. 55, n. 1, p. 124–131, 2009. ISSN 0018-9316. Times Cited: 2 Shirazi, Hamidreza Cosmas, John Owens, Thomas J. Song, Yong-Hua Centonza, Angelo.
- SHORTIS, T. **The language of ICT: Information and communication technology**. [S.l.]: Psychology Press, 2001.
- SIMON, H.; COMUNELLO, E.; WANGENHEIM, A. V. Enrichment of interactive digital tv using second screen. **International Journal of Computer Applications**, Citeseer, v. 64, n. 22, p. 58–64, 2013.
- SMITH, A.; PATERSON, R. **Television: an international history**. [S.l.]: Oxford University Press, USA, 1998.
- SMUS, B. **Ultrasonic networking on the web | Boris Smus**. 2013. <<http://smus.com/ultrasonic-networking/>>. (Visitado em on 28/12/2015).
- SOARES, L. F. G.; RODRIGUES, R. F.; MORENO, M. F. Ginga-ncl: the declarative environment of the brazilian digital tv system. **Journal of the Brazilian Computer Society**, SciELO Brasil, v. 12, n. 4, p. 37–46, 2007.
- SOUNDHOUND. **SoundHound - Home**. 2015. <<http://www.soundhound.com/>>. (Visitado em on 28/12/2015).
- SOURSOS, S.; DOULAMIS, N. Connected tv and beyond. In: IEEE. **Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2012 IEEE**. [S.l.], 2012. p. 582–586.
- SPECIFICATION, O. A. P. Ocap 1.0 profile. **ANSI/SCTE**, p. 90–1, 2004.

TECHFOREVER. **Tech Humour Archives - Tech Forever**. 2014. <<http://techforever.co.uk/tech-humour/>>. (Visitado em 26/12/2015).

TEKCAN, T. et al. User-driven automatic test-case generation for dtv/stb reliable functional verification. **Ieee Transactions on Consumer Electronics**, v. 58, n. 2, p. 587–595, 2012. ISSN 0098-3063. Times Cited: 0 Tekcan, Tarkan Zlokolica, Vladimir Pekovic, Vukota Teslic, Nikola Gunduzalp, Mustafa.

TEKEOGLU, A.; TOSUN, A. S. A closer look into privacy and security of chromecast multimedia cloud communications. In: IEEE. **Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), 2015 IEEE Conference on**. [S.l.], 2015. p. 121–126.

TRILLING, D. Two different debates? investigating the relationship between a political debate on tv and simultaneous comments on twitter. **Social Science Computer Review**, SAGE Publications, v. 33, n. 3, p. 259–276, 2015.

TSUR, O.; RAPPOPORT, A. What's in a hashtag?: content based prediction of the spread of ideas in microblogging communities. In: ACM. **Proceedings of the fifth ACM international conference on Web search and data mining**. [S.l.], 2012. p. 643–652.

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. **Mind**, [Oxford University Press, Mind Association], v. 59, n. 236, p. 433–460, 1950. ISSN 00264423, 14602113.

VLEESCHAUWER, D. D.; LAEVEN, K. Performance of caching algorithms for iptv on-demand services. **Ieee Transactions on Broadcasting**, v. 55, n. 2, p. 491–501, 2009. ISSN 0018-9316. Times Cited: 9 De Vleeschauwer, Danny Laevens, Koen.

WALLACE, J.; ERICKSON, J. **Hard drive: Bill Gates and the making of the Microsoft empire**. [S.l.]: Harper Business, 1993.

WANG, V.; SALIM, F.; MOSKOVITS, P. **The definitive guide to HTML5 WebSocket**. [S.l.]: Springer, 2013. v. 1.

WOLF, M.; FIGUEIREDO, M. J. V. de. **Teorias da comunicação**. [S.l.]: Presença, 1987.

WRIGHT, G. R.; STEVENS, W. R. **TcP/IP Illustrated**. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 1995. v. 2.

WU, F.-H. F.; JANG, J.-S. R. Function and speed portability of audio fingerprint extraction across computing platforms. In: IEEE. **Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW), 2015 IEEE International Conference on**. [S.l.], 2015. p. 216–217.

WU, M. Q. et al. Iptv multicast over wireless lan using merged hybrid arq with staggered adaptive fec. **Ieee Transactions on Broadcasting**, v. 55, n. 2, p. 363–374, 2009. ISSN 0018-9316. Times Cited: 7 Wu, Mingquan Makharia, Shivesh Liu, Hang Li, Dekai Mathur, Saurabh.

WU, Y. et al. Overview of digital television development worldwide. **Proceedings of the IEEE**, IEEE, v. 94, n. 1, p. 8–21, 2006.

XU, J.; ZHANG, Q.; HUANG, X. Personalized hashtag suggestion for microblogs. In: **Social Media Processing**. [S.l.]: Springer, 2015. p. 38–50.

- YUEN, T. T.; PICKERING, T. A. Investigation of social networks and discussions in stem education communities on twitter. In: IEEE. **Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTiCE), 2015 International Conference on**. [S.l.], 2015. p. 128–133.
- ZADEH, L. A.; ABBASOV, A. M.; SHAHBAZOVA, S. N. Analysis of twitter hashtags: Fuzzy clustering approach. In: IEEE. **Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS) held jointly with 2015 5th World Conference on Soft Computing (WConSC), 2015 Annual Conference of the North American**. [S.l.], 2015. p. 1–6.
- ZHANG, W. et al. Fobtv: worldwide efforts in developing next-generation broadcasting system. **Broadcasting, IEEE Transactions on**, IEEE, v. 60, n. 2, p. 154–159, 2014.
- ZIEGLER, C. Second screen for hbbtv—automatic application launch and app-to-app communication enabling novel tv programme related second-screen scenarios. In: IEEE. **Consumer Electronics Berlin (ICCE-Berlin), 2013. ICCEBerlin 2013. IEEE Third International Conference on**. [S.l.], 2013. p. 1–5.
- ZINSER, K. Operator process interfaces-a retrospective view of the'90s. In: **Human error and system design and management**. [S.l.]: Springer, 2000. p. 167–171.
- ZUFFO, M. K. Tv digital aberta no brasil—políticas estruturais para um modelo nacional. **São Paulo: USP** <http://blog.joaomattar.com/2007/07/08/gestao-estrategica-de-negocios-editoriais>, 2008.
- ZUFFO, M. K. et al. The brazilian digital television system access device architecture. **Journal of the Brazilian Computing Society**, v. 13, p. 19, 2007.

Apêndice

Apêndice A

Apêndice A

A.1 Experimento com aplicativo Ginga-NCL e segunda tela

A.1.1 Aplicativo Ginga-NCL

main.ncl

```
1 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2 <ncl id="ncl" xmlns="http://www.ncl.org.br/NCL3.0/EDTVProfile">
3     <head>
4         <regionBase>
5             <region width="1280" height="720" id="r_main" zIndex="1
6                 " />
7             <region width="100" height="100" left="1100" top="40"
8                 id="luaRegion" zIndex="2" />
9         </regionBase>
10        <descriptorBase>
11            <descriptor id="d_main" region="r_main" />
12            <descriptor id="d_icon" region="luaRegion" />
13        </descriptorBase>
14    </head>
15    <body id="main">
16        <port id="p_main" component="m_main" />
17        <media id="m_main" src="main.lua" descriptor="d_main" />
18
19        <link xconnector="onBeginStart">
20            <bind role="onBegin" component="m_main" />
21            <bind role="start" componente="m_icon" />
22        </link>
23    </body>
```

22 </ncl>

main.lua

```
1  —imprime icone que indica interatividade
2
3  local regLarg,regAlt = canvas:attrSize()
4  local img = canvas:new('icon.png')
5  —local imgLarg,imgAlt = img:attrSize()
6  —local imgX = (regLarg - imgLarg) / 2
7  —local imgY = (regAlt - imgAlt) / 2
8  canvas:compose(1100,40,img)
9  canvas:flush()
10
11 local saida = ""
12
13 print("Montando palavra de 64K")
14
15 for i=1,65536 do
16     saida = saida .. "a"
17 end
18
19 print("Montado")
20
21 — load namespace
22 local socket = require("socket")
23 local server = socket.tcp()
24 server:settimeout(5)
25 server:bind("*", 8888)
26 — find out which port the OS chose for us
27 local ip, port = server:getsockname()
28 — print a message informing what's up
29 -- print("Please connect to server on port " .. port)
30 -- print("After connecting, you have 10s to enter a line to be echoed")
31 -- loop forever waiting for clients
32 server:listen(32)
33 while 1 do
34     print("Waiting for clients")
35     -- wait for a conection from any client
36
```

```
37  local client = server:accept()
38  -- make sure we don't block waiting for this client's line
39
40  if client then
41      print("Connected! Waiting message...\n")
42      client:settimeout(5)
43      -- receive the line
44      local line, err = client:receive()
45      -- if there was no error, send it back to the client
46      if not err then
47          local clientip, clientport = client:getpeername()
48          print("Recebido de " .. clientip .. " mensagem: "..
              line .. "\n")
49
50          if string.sub(line,1,5) == "ginga" then
51              client:send("ginga_ok")
52          elseif string.sub(line,1,8) == "pergunta" then
53              client:send("pergunta;questao_a;questao_b;
              questao_c;resposta")
54          elseif string.sub(line,1,5) == "envio" then
55              client:send("envio_ok")
56          elseif string.sub(line,1,5) == "teste" then
57              local subsaida = string.sub(line,6,10)
58              local numero
59
60              if string.sub(subsaida,1,4) == "0000" then
61                  numero = tonumber(string.sub(subsaida
              ,5,5))
62              elseif string.sub(subsaida,1,3) == "000" then
63                  numero = tonumber(string.sub(subsaida
              ,4,5))
64              elseif string.sub(subsaida,1,2) == "00" then
65                  numero = tonumber(string.sub(subsaida
              ,3,5))
66              elseif string.sub(subsaida,1,1) == "0" then
67                  numero = tonumber(string.sub(subsaida
              ,2,5))
68              else
69                  numero = tonumber(subsaida)
```

```

70             end
71
72             client:send(string.sub(saida,1,numero))
73         else
74             client:send("Nao sei")
75         end
76     else
77         print("Erro na mensagem...\n")
78     end
79     -- done with client, close the object
80     client:close()
81 end
82 print("Close for a while...")
83 socket.sleep(0.01)
84 end

```

A.1.2 Aplicativo Segunda Tela HTML5 + Extensão Google Chrome

index.html

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <head>
3     <meta charset="utf-8">
4     <title>Teste de TCP Client </title>
5     <link href="styles/main.css" rel="stylesheet">
6     <link rel="manifest" href="manifest.json">
7 </head>
8
9 <body>
10    <h1>Teste de Envio de Mensagem para Servidor TCP</h1>
11
12    <table border="0" cellpadding="5">
13    <div class="connection-data">
14        <table border="0" cellpadding="5">
15            <tr>
16                <td>IP:</td><td> <input type="text" id="ipAddress"></td>
17                <td>Port:</td><td> <input type="number" id="serverPort"

```



```

18         <td><button id="serverConnect">Connect</button></td>
19         <td><button id="serverStop">Stop</button></td>
20     </tr>
21     <tr class="separator" />
22     <tr>
23         <td>Message:</td><td><input type="text" id="message"
24             value="testando" class="message-width"></input></td>
25         <td><button id="sendMessage">Send</button></td>
26     </tr>
27     <tr class="separator" />
28     <tr>
29         <td>Mensagens:</td><td><textarea id="outputtext" rows="
30             20" cols="50"></textarea></td>
31     </tr>
32 </table>
33 </div>
34 <script src="main.js"></script>
35 <script src="base.js"></script>
36 <script src="tcp-client.js"></script>
37 <script src="getip.js"></script>
38 </body>
39 </html>

```

main.js

```

1
2 var localIP;
3 var tcpClient;
4 var host;
5 var port = 8888;
6 var serviceFound = true;
7 var tcpClientArray = [];
8 var serviceDiscovered = false
9 var messageToSend;
10 var testeNext = 1;
11 var totalBytes = 0;
12 var pacotes = 0;
13 var inicio = 0;
14 var fim = 0;
15

```

```
16 //button connect trigger
17 function onConnect() {
18     tcpClient = new TcpClient(host,port);
19     tcpClient.connect(connectCallBack);
20 }
21
22 function onStop() {
23     logBox("Cliquei no Stop");
24 }
25
26 function onSendMessage() {
27     totalBytes = 0;
28     if(host != undefined) onConnect();
29     else logBox("Sem servico");
30 }
31
32 function connectCallBack() {
33
34     //logBox("Connected to" + host + ":" + port);
35     tcpClient.addListener(responseListener);
36
37     messageToSend = document.getElementById("message").value
38     var str1 = "teste0000";
39     var str2 = "teste000";
40     var str3 = "teste00";
41     var str4 = "teste0";
42     var str5 = "teste";
43
44     if(messageToSend.localeCompare("teste") == 0)
45     {
46         inicio = window.performance.now();
47         if(testeNext >= 1 && testeNext <= 9)
48             tcpClient.sendMessage((str1.concat(testeNext.toString())) ,
49                                     sendMessageCallback);
50         else if(testeNext >= 10 && testeNext <= 99)
51             tcpClient.sendMessage((str2.concat(testeNext.toString())) ,
52                                     sendMessageCallback);
53         else if(testeNext >= 100 && testeNext <= 999)
54             tcpClient.sendMessage((str3.concat(testeNext.toString())) ,
```

```
        sendMessageCallback);
53     else if (testeNext >= 1000 && testeNext <= 9999)
54         tcpClient.sendMessage((str4.concat(testeNext.toString()),
        sendMessageCallback);
55     else if (testeNext >= 10000 && testeNext <= 65536)
56         tcpClient.sendMessage((str5.concat(testeNext.toString())
        ), sendMessageCallback);
57     else testeNext = 1;
58 }
59 else tcpClient.sendMessage((messageToSend), sendMessageCallback);
60 }
61
62 function sendMessageCallback()
63 {
64     //logBox("Mensagem enviada");
65 }
66
67 function responseListener(data)
68 {
69     var ginga = "ginga_ok";
70     var pergunta = "pergunta";
71     var envio = "envio_ok";
72     var teste = "a"
73
74
75     if (data.substr(0,8).localeCompare(ginga) == 0)
76     {
77         logBox(data);
78         messageToSend = "pergunta";
79         onConnect();
80     }
81     else if (data.substr(0,8).localeCompare(pergunta) == 0)
82     {
83         logBox(data);
84         messageToSend = "envio";
85         onConnect();
86     }
87     else if (data.substr(0,8).localeCompare(envio) == 0)
88     {
```

```
89         logBox(data);
90         messageToSend = undefined;
91     }
92     else if (data.substr(0,1).localeCompare(teste) == 0)
93     {
94         totalBytes += data.length;
95         pacotes++;
96         if (totalBytes >= testeNext)
97         {
98             fim = window.performance.now();
99             logBox(totalBytes.toString() + "," + pacotes + "," + (
100                 fim-inicio) + ";");
101             pacotes = 0;
102             totalBytes = 0;
103             inicio = 0;
104             fim = 0;
105             testeNext++;
106             messageToSend = "teste";
107             onConnect();
108         }
109     }
110     else
111     {
112         logBox("Erro");
113     }
114
115     function disconnectCallback()
116     {
117         logBox("Desconectado");
118     }
119
120     function logBox(data)
121     {
122         document.getElementById("outputtext").value += data + "\n";
123         console.log(data);
124     }
125
126     function discoverIP()
```

```
127 {
128     getIPs(function(ip){
129         if(localIP == undefined)
130         {
131             localIP = (ip.split("\n"))[0];
132             logBox("Local IP: " + localIP);
133             createObjects();
134             discoverService();
135
136         }
137     });
138 }
139
140 function createObjects()
141 {
142     var splittedIP = localIP.split(".");
143
144     for(i=1;i<255;i++)
145     {
146         var ipToTest = (splittedIP[0] + "." + splittedIP[1] + "." +
147             splittedIP[2] + "." + i.toString());
148         tcpClientArray[i-1] = new TcpClient(ipToTest, port);
149     }
150
151
152 function discoverService()
153 {
154
155     var splittedIP = localIP.split(".");
156
157     for(i=1;i<255;i++)
158     {
159         var ipToTest = (splittedIP[0] + "." + splittedIP[1] + "." +
160             splittedIP[2] + "." + i.toString());
161
162         if(!tcpClientArray[i-1].isConnected) tcpClientArray[i-1].
            connect(serviceDiscovered);
163     }
164     else
```

```
163         {
164             logBox("Service found...");
165             host = ipToTest;
166             tcpClient = tcpClientArray[i-1];
167             logBox("Service found on IP " + host);
168             tcpClient.disconnect(disconnectCallback);
169             break;
170         }
171     }
172 }
173
174 function serviceDiscovered()
175 {
176     logBox("Service found...");
177
178     var splittedIP = localIP.split(".");
179
180     for(i=1; i<255; i++)
181     {
182         var ipToTest = (splittedIP[0] + "." + splittedIP[1] + "." +
183             splittedIP[2] + "." + i.toString());
184
185         if(tcpClientArray[i-1].isConnected)
186         {
187             host = ipToTest;
188             tcpClient = tcpClientArray[i-1];
189             logBox("Service found on IP " + host);
190             tcpClient.disconnect(disconnectCallback);
191             break;
192         }
193     }
```

Apêndice B

Apêndice B

B.1 Experimento com aplicativo HbbTV e segunda tela

B.1.1 Aplicativo HbbTV

index.html

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3 <head>
4     <meta charset="utf-8">
5     <title>WebSockets Demo</title>
6
7     <link rel="stylesheet" href="style.css">
8 </head>
9 <body>
10     <div id="page-wrapper">
11         <h1>WebSockets Demo</h1>
12
13         <div id="status">Connecting ...</div>
14
15         <ul id="messages"></ul>
16
17         <form id="message-form" action="#" method="post">
18             <textarea id="message" placeholder="Write your message
19             here..." required></textarea>
20             <button type="submit">Send Message</button>
21             <button type="button" id="close">Close Connection</
                button>
22         </form>
```

```
22     </div>
23
24     <script src="app.js"></script>
25 </body>
26 </html>
```

app.js

```
1
2
3
4 window.onload = function() {
5
6     // Get references to elements on the page.
7     var form = document.getElementById('message-form');
8     var messageField = document.getElementById('message');
9     var messagesList = document.getElementById('messages');
10    var socketStatus = document.getElementById('status');
11    var closeBtn = document.getElementById('close');
12    var registerTV = false;
13
14    // Create a 64K string for testing
15    var message64 = stringRepeat("x", 65536);
16
17    // Create a new WebSocket.
18    var socket = new WebSocket('ws://192.168.0.100:9999');
19
20
21    // Handle any errors that occur.
22    socket.onerror = function(error) {
23        console.log('WebSocket Error: ' + error);
24    };
25
26
27    // Show a connected message when the WebSocket is opened.
28    socket.onopen = function(event) {
29        socketStatus.innerHTML = 'Connected !';
30        socketStatus.className = 'open';
31
32        // notify server about discovering metadata
```



```
33     socket.send("tv1234");
34 };
35
36
37 // Handle messages sent by the server.
38 socket.onmessage = function(event) {
39     var message = event.data;
40
41     if(message.substr(13,5).localeCompare("teste") == 0)
42     {
43         var testeMsg = message.substr(13,message.length - 13);
44         var fbSize = parseInt(testeMsg.substr(5,testeMsg.length - 5));
45         socket.send("send:sc:1234:" + message64.substr(0,fbSize));
46         //socket.send("send:sc:1234:" + "0123456789");
47     }
48
49     //messagesList.innerHTML += '<li class="received"><span>Received:</span>' +
50     //                                message + '</li>';
51 };
52
53
54 // Show a disconnected message when the WebSocket is closed.
55 socket.onclose = function(event) {
56     socketStatus.innerHTML = 'Disconnected from WebSocket.';
57     socketStatus.className = 'closed';
58 };
59
60
61 // Send a message when the form is submitted.
62 form.onsubmit = function(e) {
63     e.preventDefault();
64
65     // Retrieve the message from the textarea.
66     var message = messageField.value;
67
68     // Send the message through the WebSocket.
69     socket.send(message);
70
71     // Add the message to the messages list.
```

```
72      //messagesList.innerHTML += '<li class="sent"><span>Sent:</span>' + message
      +
73      //                                '</li >';
74
75      // Clear out the message field.
76      messageField.value = '';
77
78      return false;
79  };
80
81
82      // Close the WebSocket connection when the close button is clicked.
83      closeBtn.onclick = function(e) {
84          e.preventDefault();
85
86          // Close the WebSocket.
87          socket.close();
88
89          return false;
90      };
91
92  };
93
94  function stringRepeat(str , num) {
95      num = Number(num);
96
97      var result = '';
98      while (true) {
99          if (num & 1) { // (1)
100              result += str;
101          }
102          num >>>= 1; // (2)
103          if (num <= 0) break;
104          str += str;
105      }
106
107      return result;
108  }
```

B.1.2 Aplicativo Segunda tela

index.html

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3 <head>
4     <meta charset="utf-8">
5     <title>WebSockets Demo</title>
6
7     <link rel="stylesheet" href="style.css">
8 </head>
9 <body>
10     <div id="page-wrapper">
11         <h1>WebSockets Demo</h1>
12
13         <div id="status">Connecting ...</div>
14
15         <ul id="messages"></ul>
16
17         <form id="message-form" action="#" method="post">
18             <textarea id="message" placeholder="Write your message
19             here..." required></textarea>
20             <button type="submit">Send Message</button>
21             <button type="button" id="close">Close Connection</
22             button>
23         </form>
24     </div>
25     <textarea id="response" rows="20" cols="50"></textarea>
26
27     <script src="app.js"></script>
28 </body>
</html>
```

app.js

```
1 window.onload = function() {
2
3     // Get references to elements on the page.
4     var form = document.getElementById('message-form');
```

```
5  var messageField = document.getElementById('message');
6  var messagesList = document.getElementById('messages');
7  var socketStatus = document.getElementById('status');
8  var messagesResponse = document.getElementById('response');
9  var closeBtn = document.getElementById('close');
10
11  var inicio;
12  var fim;
13
14  var sizeToRequest = 1;
15
16
17  // Create a new WebSocket.
18  var socket = new WebSocket('ws://192.168.0.100:9999');
19
20
21  // Handle any errors that occur.
22  socket.onerror = function(error) {
23      console.log('WebSocket Error: ' + error);
24  };
25
26
27  // Show a connected message when the WebSocket is opened.
28  socket.onopen = function(event) {
29      socketStatus.innerHTML = 'Connected!';
30      socketStatus.className = 'open';
31
32      socket.send("sc1234");
33  };
34
35
36  // Handle messages sent by the server.
37  socket.onmessage = function(event) {
38      var message = event.data;
39
40      if (message.substr(0,4).localeCompare("send") == 0)
41      {
42          fim = window.performance.now();
43          messagesResponse.value += (fim-inicio).toString() + ";" + (message.
```

```
length-13).toString() + '\n';
44
45     sizeToRequest++;
46
47     if(sizeToRequest < 32768)
48     {
49         inicio = window.performance.now();
50         socket.send("send:tv:1234:testes" + sizeToRequest.toString());
51     }
52 }
53
54
55
56     //messagesList.innerHTML += '<li class="received"><span>Received:</span>' +
57     //                                message + '</li>';
58 };
59
60 // Show a disconnected message when the WebSocket is closed.
61 socket.onclose = function(event) {
62     socketStatus.innerHTML = 'Disconnected from WebSocket.';
63     socketStatus.className = 'closed';
64 };
65
66
67 // Send a message when the form is submitted.
68 form.onsubmit = function(e) {
69     e.preventDefault();
70
71     // Retrieve the message from the textarea.
72     var message = messageField.value;
73
74     // Send the message through the WebSocket.
75     if(message.substr(0,5).localeCompare("testes") == 0)
76     {
77         inicio = window.performance.now();
78         socket.send("send:tv:1234:testes" + sizeToRequest.toString());
79     }
80
81
```

```
82
83
84     // Add the message to the messages list.
85     //messagesList.innerHTML += '<li class="sent"><span>Sent:</span>' + message
86     +
87     //                                '</li >';
88
89     // Clear out the message field.
90     messageField.value = '';
91
92     return false;
93 };
94
95 // Close the WebSocket connection when the close button is clicked.
96 closeBtn.onclick = function(e) {
97     e.preventDefault();
98
99     // Close the WebSocket.
100    socket.close();
101
102    return false;
103 };
104
105 };
```

B.1.3 Aplicativo Servidor de Troca de Mensagens

index.html

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   <head>
4     <link rel="stylesheet" href="index.css">
5     <script src="sha1.js"></script>
6     <script src="http.js"></script>
7     <script src="index.js"></script>
8   </head>
9   <body>
```

```
10     <textarea id="log"></textarea>
11     <input type="text" id="input" placeholder="Type a message to other
        connected clients here">
12 </body>
13 </html>
```

index.js

```
1 function $(id) {
2     return document.getElementById(id);
3 }
4
5 function log(text) {
6     $('log').value += text + '\n';
7 }
8
9 var port = 9999;
10 var isServer = false;
11 if (http.Server && http.WebSocketServer) {
12     // Listen for HTTP connections.
13     var server = new http.Server();
14     var wsServer = new http.WebSocketServer(server);
15     server.listen(port);
16     isServer = true;
17
18     server.addEventListener('request', function(req) {
19         var url = req.headers.url;
20         if (url == '/')
21             url = '/index.html';
22         // Serve the pages of this chrome application.
23         req.serveUrl(url);
24         return true;
25     });
26
27     // A list of connected websockets.
28     var connectedSockets = [];
29
30     wsServer.addEventListener('request', function(req) {
31         log('Client connected');
32         var socket = req.accept();
```

```
33
34     connectedSockets.push({connectedSocket:socket, type: "", id: ""});
35
36     // When a message is received on one socket
37     socket.addEventListener('message', function(e) {
38
39         for (var i = 0; i < connectedSockets.length; i++)
40         {
41             if (connectedSockets[i].connectedSocket == socket)
42             {
43                 if (e.data.substr(0,2).localeCompare("tv") == 0)
44                 {
45                     connectedSockets[i].type = "tv";
46                     connectedSockets[i].id = e.data.substr(2,4);
47                     connectedSockets[i].connectedSocket.send('OK:' +
48                         + connectedSockets[i].type + ":" +
49                         + connectedSockets[i].id);
50                     break;
51                 }
52                 else if (e.data.substr(0,2).localeCompare("sc") == 0)
53                 {
54                     connectedSockets[i].type = "sc";
55                     connectedSockets[i].id = e.data.substr(2,4);
56                     connectedSockets[i].connectedSocket.send('OK:' +
57                         + connectedSockets[i].type + ":" +
58                         + connectedSockets[i].id);
59                     break;
60                 }
61                 else if (e.data.substr(0,4).localeCompare("send") == 0)
62                 {
63                     var sendType = e.data.substr(5,2);
64                     var sendId = e.data.substr(8,4);
65                     var message = e.data.substr(13,e.data.length -
66                         13);
67
68                     for (var j = 0; j < connectedSockets.length; j
69                         ++)
```



```

        && connectedSockets[j].id == sendId
    )
66     {
67         //log("Destino encontrado " + e
        .data);
68         connectedSockets[j].
        connectedSocket.send(e.data)
        ;
69         connectedSockets[i].
        connectedSocket.send('OK:' +
        sendType + ":" + sendId + "
        :" + message);
70         break;
71     }
72 }
73 break;
74 }
75 else
76     connectedSockets[i].connectedSocket.send(e.data
    );
77     break;
78 }
79 }
80
81 });
82
83 // When a socket is closed, remove it from the list of connected sockets.
84 socket.addListener('close', function() {
85     log('Client disconnected');
86     for (var i = 0; i < connectedSockets.length; i++) {
87         if (connectedSockets[i].connectedSocket == socket) {
88             connectedSockets.splice(i, 1);
89             break;
90         }
91     }
92 });
93 return true;
94 });
95 }

```

```
96
97 document.addEventListener('DOMContentLoaded', function() {
98     log('This is a test of an HTTP and WebSocket server. This application is ' +
99         'serving its own source code on port ' + port + '. Each client ' +
100         'connects to the server on a WebSocket and all messages received on ' +
101         'one WebSocket are echoed to all connected clients - i.e. a chat ' +
102         'server. Enjoy!');
103     // FIXME: Wait for 1s so that HTTP Server socket is listening...
104     setTimeout(function() {
105         var address = isServer ? 'ws://localhost:' + port + '/' :
106             window.location.href.replace('http', 'ws');
107         var ws = new WebSocket(address);
108         ws.addEventListener('open', function() {
109             log('Connected');
110         });
111         ws.addEventListener('close', function() {
112             log('Connection lost');
113             $('input').disabled = true;
114         });
115         ws.addEventListener('message', function(e) {
116             log(e.data);
117         });
118         $('input').addEventListener('keydown', function(e) {
119             if (ws && ws.readyState == 1 && e.keyCode == 13) {
120                 ws.send(this.value);
121                 this.value = '';
122             }
123         });
124     }, 1e3);
125 });
```