

# Avaliação Automática de Receptores de TV Mediante Feixes de Transporte Não Conformes

Fabricio Izumi, Adriano Villalba, Allan Jones, Kariny de Oliveira, Eddie Filho, Bruno Farias, Allan Amorim, Nicoli Araújo e Aguinaldo Silva

**Resumo**— Normalmente, receptores de televisão digital (TVD) são submetidos a sistemas de teste, os quais avaliam conformidade com relação a um dado conjunto de normas. A sua aprovação significa que eles se comportam corretamente, quando recebem informações de acordo com o esperado. Entretanto, muitos radiodifusores acabam configurando os seus equipamentos de forma equivocada e enviando informações incorretas, o que provoca problemas de campo, pois muitos receptores não foram desenvolvidos para atuar nessas condições. O presente artigo trata esse problema e propõe uma metodologia de avaliação baseada em testes de não conformidade, que submete dispositivos a condições não previstas e configurações incorretas. Experimentos com uma implementação desse esquema mostraram a sua eficácia e forneceram dados capazes de melhorar a robustez de receptores de TVD, quando utilizados por desenvolvedores desses equipamentos.

**Palavras-Chave**— TV Digital, Testes de Não Conformidade, Feixes de Transporte.

**Abstract**— Usually, digital television (DTV) receivers go through test systems, which evaluate conformity with respect to a given set of standards. Their approval means they behave correctly, when information according to what is expected is sent. Nonetheless, many broadcasters configure their equipments incorrectly and transmit wrong information, which causes field problems, because many receivers were not developed to operate under such conditions. This article address the mentioned problem and proposes a receiver evaluation methodology based on nonconformity tests, which makes them operate under non expected conditions and incorrect configuration. Experiments with an implementation of that scheme showed its effectiveness and provided data that is able to improve robustness regarding DTV receivers, when used by developers of those equipments.

**Keywords**— Digital TV, Non-Compliance Tests, Transport Streams.

## I. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Brasil vem se preparando para a completa substituição do sistema analógico *Phase Alternating Line - System M* (PAL-M) e o seu consequente desligamento, também chamado de *switch-off*, que vem ocorrendo conforme agenda estabelecida pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações [1]. Devido a isso, houve um grande aumento na oferta de receptores de TV digital (TVD), principalmente TVs integradas, que precisam estar em conformidade com as normas brasileiras, o que é parcialmente assegurado por uma suíte de testes oficial para o Ginga [2]. Entretanto, nem todos os subsistemas de TVD possuem especificações de teste, o que acaba ficando a

cargo dos próprios fabricantes (autocertificação). Além disso, alguns desses desenvolvem suítes de teste próprias [2], [3], abrangendo Ginga e informações de configuração (*Program Specific Information - PSI* e *Service Information - SI*), pois a camada física [4] e a recepção propriamente dita [5] são normalmente proporcionadas por dispositivos já consolidados.

Apesar disso, há muitos problemas de campo periodicamente reportados que afetam diretamente a experiência de usuário e os custos com pós-venda. Vale ressaltar que tais ocorrências são geralmente analisadas por fabricantes, com o objetivo de fazer com que seus produtos se comportem conforme especificado pelas normas do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD). Entretanto, os resultados de levantamentos realizados pela empresa TPV/Envision levaram a uma constatação interessante: em várias situações, os receptores testados apresentaram erro devido a informações incorretas enviadas por radiodifusores, principalmente as relativas a PSI/SI [6], [7] (e.g., *Network Information Table - NIT* e *Program Association Table - PAT*), codificação de fonte [8], [9], codificação de aplicação [10] e sincronismo (e.g., *Program Clock Reference - PCR*) [6].

É possível argumentar que os casos mencionados não são de responsabilidade dos fabricantes de TV e que os radiodifusores deveriam manter uma configuração correta, porém, isso não é percebido por usuários ou mesmo revendedores. Sendo assim, supõe-se que é mais interessante gerar dispositivos mais robustos e que não utilizem diretamente informações de configuração enviadas por emissoras, ou que pelo menos as chequem antes de aplicá-las. Entretanto, para que esse objetivo seja atingido, é necessária a adoção de boas práticas de desenvolvimento, que prevejam tratamentos em diversos módulos, e sistemas de testes capazes de submeter dispositivos às situações mencionadas, permitindo identificação de fragilidades e aumento de robustez do respectivo software.

O que foi apresentado é a inspiração para o presente trabalho, que propõe uma quebra de paradigma no que diz respeito à avaliação de dispositivos de TVD: realizar, em conjunto com testes convencionais, testes de não conformidade, que ao invés de verificarem se uma dada função responde conforme esperado, checam o comportamento de receptores perante valores reconhecidamente errados ou incoerentes, de modo a serem identificados pontos de melhoria de robustez. Em resumo, uma metodologia de testes de não conformidade foi desenvolvida e implementada, o que permitiu realizar experimentos com dispositivos de TVD comerciais e demonstrar a sua eficácia e utilidade.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma.

Fabricio Izumi, Adriano Villalba, Allan Jones e Kariny de Oliveira, Instituto de Desenvolvimento Tecnológico - INdT, Manaus-AM, Brazil, E-mail: fabricio.izumi,adriano.villalba,allan.silva,kariny.oliveira@indt.org.br, Bruno Farias, Allan Amorim, Nicoli Araújo e Aguinaldo Silva, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, TPV, Manaus-AM, Brasil, E-mail: bruno.farias,allan.amorim,nicoli.araujo@tpv-tech.com, e Eddie Filho, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, TPV, e Universidade Federal do Amazonas, PPGEE, Manaus-AM, Brasil, E-mail: eddie.filho@tpv-tech.com

A Seção II mostra uma visão geral das especificações e tecnologias de teste de TS-MPEG-2. A Seção III discute problemas de campo recorrentes. A Seção IV propõe a metodologia para geração e avaliação de robustez dos receptores contra TSs não conformes. Na Seção V estão as experiências realizadas. Finalmente, as conclusões estão na Seção VI.

## II. TESTES EM FEIXES DE TRANSPORTE MPEG-2

Diferentemente do sinal analógico PAL-M, que em grande parte possui configurações fixas (e.g., modulação e codificação), com um sinal de vídeo e dois de áudio, sendo um principal e outro secundário, sistemas de TVD, como o SBTVD, proporcionam uma grande quantidade de ajustes. Por exemplo, neste último pode haver diferentes tipos de modulação no mesmo sinal, vários feixes de vídeo e áudio, dados de guia eletrônico de programação e aplicações interativas desenvolvidas em *Nested Context Language* (NCL) ou Java [4], [7], [10]. Entretanto, para que receptores sejam capazes de exibir tais informações, é necessário enviar uma grande quantidade de dados de configuração, sendo que uma parte pode ser ajustada por técnicos em emissoras.

De fato, verificar se receptores estão em conformidade com normas e se feixes de transporte (*Transport Streams* - TSs) apresentam informações de configuração corretas são necessidades que levaram ao desenvolvimento de diversas recomendações. Com relação à primeira tarefa, o sudeste europeu criou uma especificação de conformidade para o padrão *Digital Video Broadcasting* (DVB) [11], com o objetivo de guiar países-membros no desenvolvimento de procedimentos de avaliação. No que diz respeito à segunda, há empresas especializadas em analisadores de sinais, que verificam a conformidade de TSs [12]. O DVB, por sua vez, criou uma especificação mais geral de testes [13] envolvendo TSs MPEG-2, com relação a taxa de bits, sincronismo, e parâmetros de transmissão. Além disso, na Finlândia, regras para tabelas de SI foram publicadas [14], com guias para que os radiodifusores daquele país satisfaçam receptores *NorDig* [15]. Por fim, uma suíte de testes de conformidade para o Ginga foi desenvolvida [2] e guias de operação foram lançados para o DVB [16], [17] e o SBTVD [18], com o objetivo de ajudar radiodifusores a configurarem corretamente os seus equipamentos.

Apesar do aparato descrito, não há um sistema unificado de certificação de TSs e tais elementos mudam dinamicamente, o que torna tal tarefa ainda mais complexa. Como consequência, emissoras de TVD ficam responsáveis por verificar a corretude dos seus TSs. Entretanto, vale ressaltar que não há grande oferta de dispositivos com verificações específicas para o SBTVD (e.g., taxas de envio de tabelas), o que é um fator complicador. Como resultado de tudo que foi exposto, entende-se que é mais vantajoso, para fabricantes de receptores de TVD desenvolver dispositivos mais robustos e preparados para lidar com informações erradas ou divergentes.

## III. ANÁLISE DE PROBLEMAS DE CAMPO

Conforme exposto na Seção II, é comum a ocorrência de problemas de campo de TVD normalmente causados por erros de implementação em receptores e/ou configurações incorretas

enviadas por radiodifusores, sendo este último o foco do presente trabalho. Nesse contexto, investigações realizadas pela TPV/Envision em receptores que apresentaram defeito levaram à coleta e análise de TSs transmitidos durante falhas. Exemplos de análises realizadas em tais TSs estão detalhados a seguir.

### A. Erros Causados por Configurações Incorretas

1) *Erro no Tamanho de Mensagens SEI TR 35 em Feixes Elementares H.264*: Receptores estavam travando ao sintonizarem o serviço primário de um dado radiodifusor e, após análise do respectivo TS, verificou-se que o problema estava no feixe de vídeo H.264. De fato, havia mensagens *Supplemental Enhancement Information* (SEI) do tipo *user\_data\_registered\_itu\_t135* [19] com tamanho errado, que, no SBTVD, estão relacionadas a *active format description* (AFD) [8]. Entretanto, no feixe em questão, elas estavam carregando conteúdo de *closed caption*, com uma discordância de 3 bytes entre o comprimento de mensagem e o tamanho real dos dados enviados.

2) *PCR com Valores Menores que os Esperados*: Um radiodifusor enviava um serviço primário que causava travamento e lentidão no vídeo de alguns receptores. Após análise do respectivo feixe de transporte, verificou-se que os valores de PCR [6] estavam discordantes: havia duas linhas de PCR, sendo uma nitidamente adequada à informação de *Presentation Time Stamp* associada e outra apresentando valores menores que os esperados, periodicamente. Em princípio, não havia indicação de descontinuidade e o feixe parecia correto. Posteriormente, descobriu-se que um novo multiplexador estava sendo testado e este inseria informação de PCR nos mesmos pacotes do feixe original utilizados para isso, mas sem retirar a informação antiga.

3) *Sinalização de Feixe de Áudio/Vídeo com Codificação Diferente da Utilizada*: Este é um problema clássico, no qual sinais de áudio e/ou vídeo não funcionam em alguns canais. Como muitos transmissores e multiplexadores foram configurados com informações utilizadas no Japão, que inicialmente adotou áudio com contêiner *Audio Data Transport Stream* (ADTS), é comum transmitir áudio *low-overhead MPEG-4 audio transport multiplex* mas com sinalização ADTS, na PMT. Sendo assim, o decodificador é erroneamente configurado ou o áudio nem mesmo chega a ser decodificado, por falta de suporte a esse formato. No caso do vídeo, é possível dizer o mesmo, mas geralmente com sinalização MPEG-2 e conteúdo H.264.

4) *Aplicação Ginga-NCL Referenciando Vídeo que não Possui component\_tag*: Não é incomum a transmissão de aplicações Ginga-NCL que fazem referência a feixes de vídeo presentes em um dado serviço de TVD, através de (*Uniform Resource Identifiers* (URIs). Tal acesso pode ser feito com uma URI *sbtvd-ts://program\_number.component\_tag* [10], na qual especifica-se o serviço (*program\_number*) e o identificador de componente (*component\_tag*). Entretanto, verificou-se que uma aplicação deveria reescalonar o vídeo do serviço onde ela era transmitida, mas receptores acabavam exibindo o vídeo de outro serviço. Após análise, identificou-se que o vídeo do

serviço pretendido era transmitido sem *component\_tag* [7], [5], ao passo que o do outro serviço continha tal informação. Como resultado, o receptor acabava selecionando o único vídeo com *component\_tag* associado, que não era o do serviço corrente.

5) *Serviços Inexistentes Sinalizados na NIT*: Um problema em campo levava receptores a parar de funcionar, ao sintonizarem um dado canal. Após a aquisição do respectivo TS, percebeu-se que a NIT carregava um *service list descriptor* com vários serviços inexistentes, que divergiam daqueles existentes na SDT e na PAT [7]. Após contato com técnicos, descobriu-se que muitos testes com serviços de TVD em definição padrão eram realizados e as informações relacionadas não eram removidas.

### B. Discussão

Com base no que foi apresentado, é possível concluir que há vários problemas ocasionados por imperícia nas configurações de equipamentos, os quais atingem dispositivos com implementações frágeis. Além disso, é possível tomar os exemplos mostrados como ponto de partida e incluir problemas periféricos ou similares, pois dado que os originais ocorreram, é de se esperar que informações relacionadas também sejam passíveis de erro, principalmente as disponíveis em interfaces de configuração de equipamentos de cabeçal.

Dos problemas apresentados, foi possível levantar as seguintes características de sistemas em erro: ausência ou travamentos de vídeo, com tela em uma cor específica, sendo esses últimos divididos em congelamento, quando a imagem dinâmica não muda, e cintilação, quando esta fica momentaneamente preta ou branca, e picotamento ou ausência de áudio. Tais comportamentos podem ser identificados através de câmeras, microfones e algoritmos de processamento de sinais.

## IV. A METODOLOGIA PROPOSTA PARA TESTES DE NÃO CONFORMIDADE

A partir das análises de problemas de campo detalhadas anteriormente, o presente trabalho visa permitir uma avaliação genérica de receptores de TVD. Tendo em vista que esta avaliação não deve realizar restrições de fabricantes ou interfaces, é razoável utilizar meios sempre disponíveis e cujo comportamento seja minimamente definido, o que, em aparelhos de TV, leva às principais interfaces de saída: áudio e vídeo. Além disso, decidiu-se verificar a robustez desses dispositivos, no que diz respeito ao comprometimento do seu funcionamento. Dado que um grande número de testes de não-conformidade pode ser criado, fica impraticável que um operador analise TSs, acompanhe execuções e identifique quando um problema ocorre, o que significa que tais testes devem ser executados de forma automática.

Com esse objetivo em mente, desenvolveu-se a metodologia ilustrada na Figura 1, conforme diagrama em blocos. Um computador pessoal (*Personal Computer* - PC), com software de controle e processamento, armazena e carrega TSs MPEG-2 para transmissão, em dispositivos compatíveis com a camada física do SBTVD. Enquanto isso, o mesmo software de PC configura o dispositivo em teste para que este sintonize o que está sendo transmitido. Por fim, enquanto sinais de TVD são

decodificados, imagens e áudio são capturados por uma câmera e microfones, respectivamente, que os enviam para o software de PC, o qual executa algoritmos de processamentos de imagens e áudio capazes de detectar funcionamento incorreto.

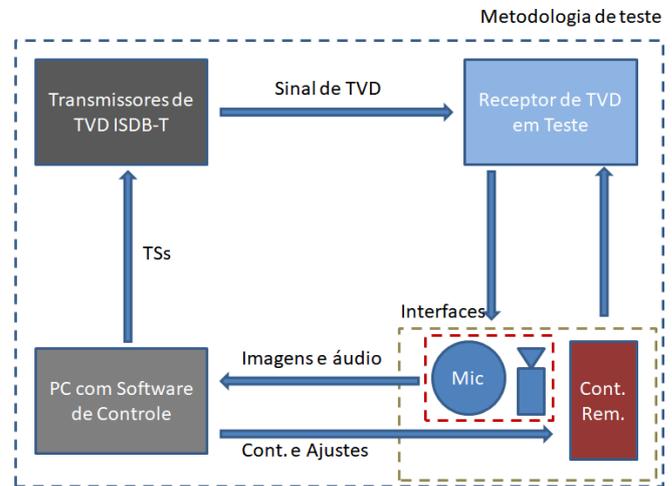


Fig. 1. Diagrama em blocos da metodologia proposta.

A estratégia adotada para a criação de erros pode ser visualizada na Figura 2 e está baseada nos seguintes preceitos:

- Reproduzir os problemas encontrados em campo e criar outros a partir de informações relacionadas a esses;
- Dividir testes de não conformidade em grupos funcionais orientados por subsistemas;
- Incluir problemas passíveis de ocorrência, com base em interfaces de equipamentos disponíveis no mercado;
- Inserir apenas um erro por TS, de modo que os efeitos causados por este sejam isolados;
- Utilizar interfaces aéreas para injeção de TSs, de modo a utilizar todos os subsistemas de recepção.

Em princípio, dado o tamanho e a complexidade das normas SBTVD, tentar abrangê-las integralmente não parece ser viável e nem adequado, pois há uma grande variedade de informações e muitos casos de teste criados provavelmente acabarão tendo importância mínima. Tampouco a variação automática e aleatória de partes do TS, em nível de bits, consiste em uma estratégia factível. Entretanto, informações relacionadas a problemas já identificados, assim como parâmetros configurados em ferramentas comerciais e dados críticos e com grande flexibilidade de ajuste constituem grupos importantes (três) e que devem ser abordados, pois tendem a revelar fragilidades de receptores.

Como exemplo do primeiro grupo, o problema apresentado na seção III-A.1 pode ser utilizado. Ele ocorreu em mensagens SEI, que não carregam apenas dados de AFD e *closed caption*, mas também de *bar data* (informações de barras), os quais também podem ser afetados por erros.

Já o segundo grupo (campos de ferramentas comerciais) pode ser representado pela informação enviada no campo *stream\_type* (ver III-A.3) [6], [7], que é geralmente configurado em interfaces gráficas de equipamentos de cabeçal.

Representantes naturais do terceiro grupo são os descritores [7], que constituem informações dinâmicas enviadas em tabe-

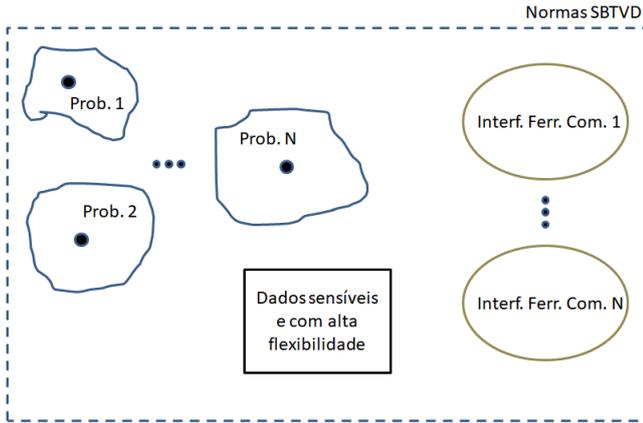


Fig. 2. A estratégia de criação de erros proposta: dados relacionados a problemas de campo e informações sensíveis e configuradas, abrangendo as normas SBTVD.

las de PSI/SI. Por exemplo, serviços presentes em TSs podem estar informados em três locais distintos: PAT, SDT e NIT, sendo que esta última informa inclusive classificação de tipo de serviço (e.g., recepção parcial) e parâmetros de transmissão. Sendo assim, como esses dados são diretamente utilizados para armazenamento e classificação de serviços presentes em TSs (e.g., *partial reception descriptor*), erros nestes podem comprometer aparelhos.

Seguindo essa metodologia, as regiões mostradas na Figura 2 podem crescer ao redor do problema inicial ou abranger grande parte das informações sensíveis enviadas em TSs, o que dependerá da necessidade de avaliação e do elaborador de casos de teste. Entretanto, partindo dos pontos mencionados, espera-se cobrir grande parte das áreas passíveis de erro.

### A. Ferramentas para Análise de Vídeo

Congelamentos e cintilação devem ser verificados constantemente, durante um dado teste, através de algoritmos de processamento de imagens. As técnicas necessárias para essa tarefa são simples e podem ser implementadas através de métricas conhecidas, como histogramas, correlação e *Structural Similarity Index* (SSIM) [20]. Por fim, vale ressaltar que é necessário identificar o dispositivo de TVD na imagem capturada pela câmera, o que leva ao desenvolvimento de um algoritmo para detecção de tela.

### B. Ferramentas para Análise de Áudio

Para que discontinuidades de áudio sejam detectadas, é possível definir um esquema no qual tons distribuídos pela sua faixa sejam transmitidos pelo televisor e continuamente monitorados, através de filtros digitais sintonizados [21]. Uma abordagem mais simples, que também poderia ser utilizada, é a detecção de amplitude, monitorada através de entradas de microfone. Entretanto, nesse caso, ruído e interferências do ambiente devem ser cuidadosamente tratados.

## V. EXPERIMENTOS

Esta seção descreve as características de uma implementação da metodologia proposta, assim como apresenta resultados de testes reais em um receptor comercial.

### A. A Ferramenta de Testes de Não Conformidade

A implementação da metodologia proposta foi desenvolvida em linguagem C++, em Linux (Ubuntu 16.04) e com suporte do *framework* Qt (versão 5.5). Esta implementação pode ser dividida em duas partes: geração de TSs e ferramenta de execução de testes.

A geração de TSs com erros foi realizada através do software *OpenCaster* [22]. Para isso, as tabelas de PSI/SI requeridas pelos receptores foram descritas em *Python*, de modo que seus campos pudessem ser modificados, conforme a estratégia de criação de erros da seção IV. Além disso, há modificação de feixes de áudio e vídeo comprimidos, informações de sincronismo e cabeçalhos de PES. Após isso, áudio, vídeo, sincronismo e dados são multiplexados, criando-se um TS SBTVD. Vale ressaltar que também há testes envolvendo aplicações Ginga, com modificações baseadas na mesma metodologia.

A ferramenta é composta por módulos que implementam as funcionalidades da metodologia proposta. O módulo de processamento de imagens é responsável por detectar congelamentos (repetição de quadros, com SSIM [20]) e cintilação (quadros negros ou brancos), através de algoritmos desenvolvidos com a biblioteca *OpenCV* [24]. A transmissão foi implementada através de dois dispositivos DekTec DTU-215. O módulo de controle remoto, por sua vez, utiliza um dispositivo de transmissão de faixa, gerenciado pelo *Linux Infrared Remote Control* [23]. O módulo de análise de áudio emprega algoritmos específicos, a infraestrutura Linux e interfaces de entrada de PC, de modo a verificar amplitude.

Para a realização de testes, quatro categorias foram criadas: PSI/SI (tabelas), A/V (áudio e vídeo), Ginga (modificações em aplicações) e *Closed Caption*, com testes classificados conforme os três grupos mencionados na seção IV.

As Figuras 3 e 4 mostram capturas de duas telas da ferramenta. A primeira informa os testes em execução e pode ser usada para se avaliar o estado atual da bateria configurada. A segunda, por sua vez, mostra os *logs* que foram gerados e ficam armazenados em um arquivo, de modo que técnicos possam posteriormente verificar os erros encontrados.

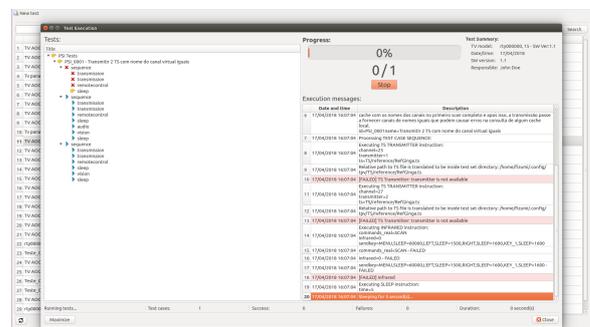


Fig. 3. Tela da ferramenta desenvolvida com testes em execução.

### B. Execuções da Ferramenta de Testes de Não Conformidade

Para validação da metodologia proposta, experimentos foram realizados com uma plataforma comercial de TVD e a

Date and time	Description
6 18/04/2018 18:38:54	description=Teste de todos os possíveis erros captados pela aplicação, incluindo freezer, flicker e silence id=TestAll name=TestAll
7 18/04/2018 18:38:54	Processing TEST CASE SEQUENCE: Executing TS TRANSMITTER instruction: channel=25 transmitter=1 ts=TS/reference/RefGinga.ts
8 18/04/2018 18:38:54	Relative path to TS file is translated to be inside test set directory: /home/ftzumi/config/tpv/TS/reference/RefGinga.ts
9 18/04/2018 18:38:54	[FAILED] TS Transmitter: transmitter is not available
10 18/04/2018 18:38:54	Executing TS TRANSMITTER instruction: channel=27 transmitter=2 ts=TS/reference/RefGinga.ts
11 18/04/2018 18:38:54	Relative path to TS file is translated to be inside test set directory: /home/ftzumi/config/tpv/TS/reference/RefGinga.ts
12 18/04/2018 18:38:54	[FAILED] TS Transmitter: transmitter is not available
13 18/04/2018 18:38:54	Executing INFRARED instruction: command=real=SCAN infrared=0 sendkey=MENU,SLEEP=6000,LEFT,SLEEP=1500,RIGHT,SLEEP=1600,KEY_1,SLEEP=1600
14 18/04/2018 18:38:54	command=real=SCAN - FAILED
15 18/04/2018 18:38:54	infrared=0 - FAILED
16 18/04/2018 18:38:54	sendkey=MENU,SLEEP=6000,LEFT,SLEEP=1500,RIGHT,SLEEP=1600,KEY_1,SLEEP=1600 - FAILED
17 18/04/2018 18:38:54	[FAILED] Infrared
18 18/04/2018 18:38:54	Executing SLEEP instruction: time=5
19 18/04/2018 18:38:54	Sleeping for 5 second(s)...

Fig. 4. Tela de logs apresentada ao final de uma bateria de testes.

ferramenta implementada. Vários testes foram executados e muitos erros foram encontrados, principalmente relacionados a tabelas de PSI/SI, o que permitiu identificar oportunidades de melhoria em dispositivos de recepção. Dentre os testes realizados e que ocasionaram erros, dois serão detalhados.

No primeiro, transmitiu-se um serviço do tipo reservado, o que impossibilitou a reprodução de vídeo e foi identificado através de congelamentos. Nesse caso, receptores restringiam o armazenamento e o processamento apenas a serviços [7] classificados corretamente no descritor de serviços, mesmo que o campo *program\_number* nas tabelas PAT e PMT, responsável por classificar serviços em TVD com alta definição e conteúdo para celulares, estivesse corretamente configurado.

O segundo consistiu em um TS que foi gerado com uma aplicação Ginga-NCL enviada com carrossel comprimido, sem informar tal situação no *compressed module descriptor* ou no *carousel identifier descriptor* [25]. Como resultado, a carga dessa aplicação não era finalizada já que o ponto de entrada NCL não era encontrado por estar comprimido.

## VI. CONCLUSÕES

Este artigo propõe uma metodologia de avaliação de receptores de TVD baseada em testes de não conformidade, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria de robustez. Além disso, também delinea-se um esquema para introdução de erros baseado em problemas identificados em campo, interfaces gráficas de equipamentos e informações sensíveis.

Uma implementação da metodologia proposta foi desenvolvida, o que permitiu a avaliação automática de receptores. Os experimentos realizados foram bem sucedidos e permitiram identificar problemas de robustez relacionados a informações passíveis de configuração incorreta, em diversos subsistemas de TVD, como compressão de carrossel de objetos com aplicações Ginga e classificação de serviços de TVD.

Para trabalhos futuros, intenciona-se desenvolver outros grupos de problemas e propor a adição de um módulo de testes de não conformidade à suíte de testes oficial do Ginga.

## REFERÊNCIAS

[1] Governo do Brasil, “Novo cronograma altera desligamento do sinal analógico no País,” 2017. [Online]. disponível:

- <http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2017/05/novo-cronograma-altera-desligamento-do-sinal-analogico-no-pais>. [Acessado: 06-Apr-2018].
- [2] Ginggacl.org.br, “Ginga-NCL Conformance Testing,” 2011. [Online]. Disponível: <http://testsuite.ginganccl.org.br/>. [Acessado: 13-Apr-2018].
- [3] C. F. Pinheiro, E. B. de Lima Filho, R. R. Oliveira, A. A. M. Cavalcante, V. S. Klem, D. P. Pereira e H. L. M. Melo, “Uma Proposta de Suíte de Testes de Conformidade para o Ginga-NCL,” em *anais XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações - SBRT'12*, pp. 1–5, Brasília, Set. 2012.
- [4] ABNT NBR 15601-1, “Televisão digital terrestre - Sistema de transmissão,” *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Nov. 2007.
- [5] ABNT NBR 15601-1, “Televisão digital terrestre — Receptores,” *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Nov. 2007.
- [6] ISO/IEC 13818-1, “Information technology — Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems,” *ISO/IEC*, Dez. 2000.
- [7] ABNT NBR 15603, “Televisão digital terrestre — Multiplexação e serviços de informação (SI),” *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Nov. 2007.
- [8] ABNT NBR 15602-1, “Televisão digital terrestre - Codificação de áudio, vídeo e multiplexação, Parte 1: codificação de vídeo,” *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Nov. 2007.
- [9] ABNT NBR 15602-2, “Televisão digital terrestre - Codificação de áudio, vídeo e multiplexação, Parte 2: Codificação de áudio,” *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Nov. 2007.
- [10] ABNT NBR 15606, “Televisão digital terrestre — Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital,” *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Fev. 2016.
- [11] Digi.TV, “CONFORMANCE TEST SPECIFICATION - RECOMMENDATIONS,” *Project: South-East European Digital Television*, Mar. 2012.
- [12] Rohde&Schwarz, “DTV: transmission perfect — transport stream correct?,” *BROADCASTING — TV analyzers*, news 200/10, pp. 30–31, disponível em [https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl\\_downloads/dl\\_common\\_library/dl\\_news\\_from\\_rs/200/N200.DTV-transmission-perfect.e.pdf](https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_news_from_rs/200/N200.DTV-transmission-perfect.e.pdf).
- [13] ETSI TR 101 290, “Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems,” *European Telecommunications Standard Institute*, v1.2.1, Maio 2001.
- [14] “Rules of Operation of Service Information in the Finnish DTTV Networks,” *Anvia/Digital/DNA*, v1.1, Dez. 2014.
- [15] NorDig, “NorDig Unified Requirements for Integrated Receiver Decoders,” *NorDig Unified*, v2.2, Ago. 2010.
- [16] ETSI TR 101 154, “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications,” *European Telecommunications Standard Institute*, v1.4.1, Jul. 2000.
- [17] ETSI TR 101 190, “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects,” *European Telecommunications Standard Institute*, v1.3.1, Out. 2008.
- [18] ABNT NBR 15608, “Televisão digital terrestre — Guia de operação,” *Associação Brasileira de Normas Técnicas*, Ago. 2008.
- [19] ITU-T Recommendation H.264, “SERIES H: AUDIOVISUAL AND MULTIMEDIA SYSTEMS Infrastructure of audiovisual services — Coding of moving video, Advanced video coding for generic audiovisual services,” *International Telecommunication Union*, Mar. 2005.
- [20] D. Brunet, E. R. Vrscay, e Z. Wang, “On the Mathematical Properties of the Structural Similarity Index,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 21, n. 4, pp. 1488–1499, Abr. 2012.
- [21] P. Dimiz, E. Silva e S. Netto, “Processamento Digital de Sinais - Projeto e Análise de Sistemas”, *Bookman*, 2002.
- [22] OpenCaster 2.0, “Avalpa Broadcast Server user manual,” Avalpa Digital Engineering, Apr. 2011, disponível em <http://www.avalpa.com/assets/freesoft/opencaster/AvalpaBroadcastServerUserManual-v3.0.pdf>.
- [23] Linux Infrared Remote Control, “LIRC,” [Online]. Disponível: <http://www.lirc.org>. [Acessado: 18-Apr-2018].
- [24] Open Source Computer Vision Library, “OpenCV,” [Online]. Disponível: <https://opencv.org/>. [Acessado: 17-Apr-2018].
- [25] ETSI TR 101 202, “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for Data Broadcasting,” *European Telecommunications Standards Institute*, v1.2.1, Jan. 2003.