



Relatório Técnico/Consultoria

PD.33.10.63A.0052A-RT01-AA

Análise de Utilização do Espectro de 700 MHz

Etapa II

Cliente: SINDITELEBRASIL

Contato: Sérgio Kern

E-mail: sergiokern@sinditelebrasil.org.br

Endereço: SCN Quadra 01 Bloco F
Ed. América Office Tower, Salas 820
Brasília - DF - 70.711-905

Fone: (61)2105-7452 / (61)9267-2586

Fax: (61) 2105-7450

SUMÁRIO

1	Introdução.....	3
2	A evolução da TV aberta no mundo	5
2.1	Roteiro de evolução: <i>roadmap</i>	6
2.2	Consumo de espectro para transmissão 3DTV	8
2.3	Considerações Finais	11
3	Análise de viabilidade técnica da operação de <i>refarming</i> no Brasil.....	12
3.1	Viabilidade do <i>refarming</i> da subfaixa de 698 a 746 MHz (canais entre 52 e 59).....	12
3.1.1	Premissas para o método de análise da viabilidade do <i>refarming</i>	15
3.1.2	Operacionalização da análise da viabilidade	16
3.1.3	Estudos de caso do <i>refarming</i>	18
3.1.4	Resultados da análise da viabilidade.....	23
3.2	Viabilidade do <i>refarming</i> da subfaixa de 746 a 806 MHz (canais entre 60 e 69).....	24
3.3	Possibilidade de atribuição de canais em VHF Alto	25
4	Estimativa de custos globais da operação de <i>refarming</i> no Brasil	27
4.1	Premissas para a operação de <i>refarming</i>	27
4.2	Cálculo do custo global da operação de <i>refarming</i>	30
5	Considerações finais.....	34
6	Referência bibliográfica	37
7	ANEXO – Televisão em três dimensões (3DTV)	38
7.1	Motivações	38
7.2	Técnicas dos displays 3D e óculos auxiliares	39
7.3	Mercado	41
7.4	Possíveis sistemas 3DTV	42
7.5	Princípios de Compatibilidade	44
7.6	3DTV - Considerações sobre a Visão de Radiodifusão	45
7.7	Métodos de transmissão	46
7.8	Considerações gerais sobre a transição 2D/3D.....	49
7.9	Casos.....	50
8	Histórico de versões deste documento	51
9	Execução e aprovação	51

1 Introdução

Este documento resulta da segunda etapa de uma análise sobre a utilização da faixa de 700 MHz do espectro radioelétrico, pelas empresas operadoras de telecomunicações e de radiodifusão no Brasil e em alguns países do mundo. O estudo tem por objetivo examinar as alternativas disponíveis de otimização da ocupação para tratar a necessidade por mais espectro, que é enfrentada pelos serviços de telecomunicações móveis e de radiodifusão, em função do aumento da demanda e da evolução tecnológica, com foco na ocupação da faixa conhecida por “Dividendo Digital”.

Conceitualmente “Dividendo Digital” é a expressão utilizada para designar as bandas de frequência que são utilizadas pela TV terrestre analógica e que foram ou serão liberadas a partir da digitalização das transmissões da TV aberta. Neste documento, sempre que for utilizado o termo “Dividendo Digital” se estará referindo preferencialmente ao espectro liberado no UHF, em suas bandas IV e V de 470 - 862 MHz¹. Assim, procura-se alinhar este estudo com as discussões recentes, em diferentes fóruns internacionais de padronização, sobre a aplicabilidade da banda de 700 MHz para a evolução dos serviços de comunicações móveis.

No desenvolvimento deste documento, em sua primeira parte são abordadas as perspectivas de evolução das tecnologias empregadas pela TV aberta e os impactos decorrentes sobre o espectro disponível.

Na seção 2 do documento se apresenta a evolução das tecnologias da TV aberta a partir de um breve histórico chegando aos dias atuais e apontando frentes de evolução da Ultra High Definition TV - UHD TV e da visualização tridimensional com a tecnologia 3DTV. A evolução da tecnologia 3DTV é tratada na seção 2 e detalhada em profundidade no Anexo, apresentando-se as linhas de evolução dos sistemas tridimensionais e o conseqüente impacto nos sistemas de radiodifusão, incluindo questões como a transição das tecnologias 2D para 3D e a previsão de consumo de espectro para os diferentes métodos e formatos de transmissão propostos.

Na segunda parte do documento apresenta-se um estudo sobre a viabilidade técnica e os custos relacionados para uma operação de *refarming*, que corresponde ao remanejamento das emissoras que transmitem suas programações em canais na faixa de 700 MHz para outros canais no restante do espectro atual da radiodifusão. Este estudo considera a aplicação do *refarming* após a desativação das transmissões analógicas que deverá ocorrer até 2016.

No Brasil, a ocupação do espectro de radiodifusão é distribuída de modo bastante heterogêneo. Na fase atual de *simulcast*, com as transmissões digitais realizadas em paralelo às transmissões analógicas, percebe-se que há grandes áreas no interior do país com pouca ocupação de canais de TV enquanto que em regiões metropolitanas há escassez de canais disponíveis.

A distribuição dos canais de TV em cada município deve obrigatoriamente obedecer às definições do Plano Básico de TV elaborado, mantido e atualizado pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Com base nas informações desse Plano, na seção 3 do

¹ Para a GSM Association (GSMA) o “Dividendo Digital” é simplesmente a faixa que se estende de 200 MHz a 1 GHz, como indicado em: http://www.gsmworld.com/our-work/public-policy/spectrum/digital-dividend/digital_dividend.htm. Já a UIT é mais precisa e, na página 75 de seu documento *Guidelines for the Transition from Analogue to Digital Broadcasting*, define o “Dividendo Digital” como o espectro liberado no VHF (Banda III: 174 - 230 MHz) e UHF (Bandas IV e V: 470 - 862 MHz), lembrando que a Banda I (47 - 68 MHz) também pode ser considerada como tal. É um espectro que está além daquele necessário para a operação digital.

documento é apresentada uma metodologia para determinação da viabilidade da operação de *refarming* em cada município do país.

Após a confirmação da viabilidade do *refarming*, na seção 4 são apresentadas as premissas técnicas e econômicas e a estimativa de custos globais para a operação do *refarming* em todo o país. Por fim, na seção 5 apresentam-se algumas considerações finais sobre o tema.

2 A evolução da TV aberta no mundo

A evolução da radiodifusão televisiva teve grande impacto quando a tecnologia permitiu passar dos sistemas com transmissão em preto e branco para os sistemas com transmissão de imagens coloridas. Desde então, surgiram os problemas de compatibilidade entre os diversos sistemas adotados internacionalmente: Pal, NTSC, Secam, etc. As inúmeras discussões para se estabelecer uma padronização mundial jamais tiveram êxito. Na era dos videocassetes o problema de compatibilidade foi agravado com a diversidade de formato das mídias, fato que complicou o dia-a-dia das emissoras e também dos usuários residenciais. A atribuição de espectro também surgiu discordante; desde a TV monocromática já existiam diferenças na designação dos canais de radiofrequência e na largura de banda atribuída ao serviço de televisão, variando entre 6 e 8 MHz. O Brasil segue a orientação da World Radiocommunication Conference – WRC, com a atribuição de frequência do Regulamento de Radiocomunicação da ITU, em compatibilidade com o plano de canais predominante no continente americano, empregando uma largura de banda de 6 MHz.

Em todo o mundo, a evolução da televisão sempre estará comprometida com sua história e sua grande disseminação. A grande questão é que existem tantos receptores de TV espalhados, que se torna inconcebível a hipótese de subitamente substituir todos os receptores existentes, a fim de se aplicar uma nova tecnologia de transmissão de TV. Aos inúmeros receptores de TV em posse dos telespectadores denomina-se legado. Cada país, por adotar padrões distintos, está comprometido com um legado que se particulariza por diferenças nos sistemas de transmissão analógica e digital, largura de canal e, por fim, plano de canalização e designação espectral.

Portanto, as transformações evolutivas da televisão enfrentam os desafios de manter a compatibilidade com os antigos receptores de TV e com o plano de canalização existente. Na digitalização da TV terrestre, com a adoção dos sistemas ISDB-Tb, DVB e ATSC, estes desafios foram resolvidos de alguma forma. Além disso, ao longo da evolução da televisão, outro fator crítico decorre do aumento no número de emissoras. Em áreas metropolitanas existem tantas emissoras que, inevitavelmente, depara-se com os limites da capacidade de atribuição espectral, própria do plano de canais destinados à TV. Porém, a evolução da transmissão digital, que tornou os sistemas mais robustos frente aos fenômenos de propagação e de interferência, contribuiu para a maximização dos canais em plano de atribuição.

Nessa situação de evolução para as transmissões digitais, o legado ressaltou-se como um grande obstáculo, pois exigiu, temporariamente, a convivência das transmissões analógicas com as digitais. No Brasil, a alternativa escolhida foi adotar o *simulcast*, com as emissoras transmitindo a mesma programação no sistema digital com a manutenção temporária da transmissão analógica, até que se possam encerrar todas as transmissões analógicas. Outros países também fazem o mesmo, permitindo que os usuários tenham a oportunidade de aderir paulatinamente à nova tecnologia comprando os novos aparelhos receptores. Nos EUA, que digitalizou com o sistema ATSC, todas as transmissões analógicas de alta potência já foram encerradas.

Em alguns sistemas admite-se a transmissão de multiprogramação² e exibição de imagens com maior resolução, esta última conhecida por alta definição ou HD (do inglês *High Definition*). Porém, a indústria televisiva mundial é, ainda, estimulada a proporcionar

² Multiprogramação é o termo utilizado para designar a funcionalidade viabilizada pela digitalização das transmissões de TV terrestre de oferecer mais de uma programação simultâneas no mesmo canal de 6 MHz. O telespectador tem a percepção de que mais “canais” estão disponíveis.

maiores resoluções para a exibição de imagens, além de outras propriedades que as tornem cada vez mais naturais ou similares àquelas adquiridas pela percepção humana.

Nessa linha da busca por imagens mais naturais, atualmente existem sistemas experimentais com resolução de imagens superiores a oito milhões de pixels e chegando até 33 milhões de pixels, que configuram a frente de evolução para a Ultra High Definition TV - UHDTV. Outra importante frente de desenvolvimento trata da evolução para a visualização tridimensional, buscando obter maiores resoluções em tecnologia de televisão em três dimensões - 3DTV.

Com tais mudanças, a evolução da TV aberta torna-se cada vez mais singular. Tanto a evolução na resolução de exibição, quanto a evolução na exibição tridimensional exigem maior capacidade de transmissão. A transmissão em meio aberto, por radiofrequência, certamente depara-se com o limite de capacidade para a atribuição espectral, que hoje já concorre com outros serviços e formas de entrega, por exemplo em meios confinados por redes cabeadas FTTH, com maior capacidade de transmissão.

As atuais atribuições de espectro para a televisão aberta impedem que a UHDTV seja alternativa de evolução nesta forma de entrega. Segundo a Zeta Cast [3], a taxa de bit necessária para a UHDTV será de 3,4 a 3,8 vezes a taxa utilizada no HDTV. Sem prever evolução dos atuais codificadores, a Zeta Cast[3] sugere 13 Mbps como taxa mínima e constante no HDTV. Deste modo, a estimativa de taxa mínima necessária para se transmitir o UHDTV seria de 44,2 Mbps – muito acima da capacidade de transmissão em um canal com largura de 6 MHz, acima até mesmo do limite teórico concebível.

Portanto, trazer maior resolução a fim de exibi-la em displays de grandes dimensões, parece não ser uma alternativa de evolução destinada aos telespectadores residenciais, em forma de recepção da TV aberta. Certamente, a UHDTV se tornará um serviço especial para usuários premium da TV por assinatura e em aplicações corporativas destinadas à área médica e cinema, todos estes serviços atendidos por outros meios de entrega.

Observa-se que a outra frente de evolução da TV, com a exibição de imagens em 3 dimensões, já atrai muitos telespectadores, mas ainda está sem uma solução de transmissão adequada para a TV aberta. Os primeiros serviços surgem na TV por assinatura, distribuída por satélite ou por meios confinados, dando indícios de que é factível apresentar a 3DTV nas redes de TV abertas. Com isso, a maior expectativa de evolução da TV para atual década é a popularização da 3DTV. O Anexo deste documento detalha a tecnologia de televisão em 3 dimensões, bem como, suas variáveis de transmissão e de visualização.

2.1 Roteiro de evolução: *roadmap*

Tomando-se por referência o estudo da 3DTV Market Development Outlook [2], é possível identificar cinco períodos relativos à evolução da TV 3D, inclusive tomados como objetivos a se cumprir. A **Tabela 1** apresenta essa visão.

Dentro desta estimativa, o momento atual refere-se ao início da Etapa 3, quando ocorre o desenvolvimento da popularização da 3DTV. No mercado brasileiro já é possível encontrar os televisores 3D à venda nas lojas da área eletro-eletrônica. Entretanto, a exibição de conteúdos 3D está dependente das mídias e players Blu-rays. Por sua vez, a comercialização dos dispositivos móveis, *handheld*, com imagens 3D, somente está prevista para ocorrer um pouco à frente. Estima-se que a massificação dos dispositivos 3D vinculados aos serviços de telecomunicações móveis deve responder mais rapidamente e, inclusive, influir na massificação dos receptores de televisão em 3D.

Tabela 1 – Roadmap da 3DTV no mundo segundo a Market Intelligence & Consulting Institute

Etapa	Período	Fase
1	2000-2005	Formação dos conceitos de comercialização e fortalecimento das tecnologias de telefonia móvel e de displays 3D.
2	2005-2010	Início R&D da 3DTV e suporte para transmissão broadcasting da 3DTV.
3	2010-2015	Popularização da 3DTV e das aplicações móveis 3D.
4	2015-2020	Adoção completa de conteúdos digitais 3D; Final da transmissão analógica; Regulamentações mais severas para ocupação de espectro; Produção de conteúdos e transmissão integrados nas políticas nacionais de radiodifusão 3D; 3D amplamente utilizado na transmissão da TV por satélite, cabo e terrestre; Evidência de empresas líderes: Japão, Coréia (display) e operadoras norte-americanas e européias.
5	2020-2025	As tecnologias HDDP (Horizontal Double-Density Pixel) e de imagem 3D natural – que não causam fadiga aos usuários - estarão maduras; Dificuldades para a produção em massa destinada aos grandes displays; TVs 3D empregando HDDP para a obtenção de imagens realistas em 3D.

Ao observar as afirmações relativas à Etapa 4, é possível identificar que, na verdade, ela se encontra em plena discussão, envolvendo os atores mais significativos do processo. A evolução tecnológica e a mudança no marco regulatório brasileiro implicam diretamente em prever os desdobramentos dessa nova tecnologia de televisores em 3 dimensões.

A figura a seguir, tomada do relatório produzido pela Zeta Cast [3], é construída com base no Hiper Ciclo de Gartner que representa um padrão de resposta humana à tecnologia. Os estágios críticos, ou pontos característicos da curva estão identificados na mesma.

Segundo a Zeta Cast [3], a situação tecnológica dos displays para a 3DTV encontra-se no estágio “pico de expectativas exageradas” e somente atingirá o “platô de produtividade” por volta de 2020. Tal previsão para os displays, certamente, tem correlação com as formas de disseminação do conteúdo 3D, que necessariamente passarão por meio de distribuição através da televisão aberta.

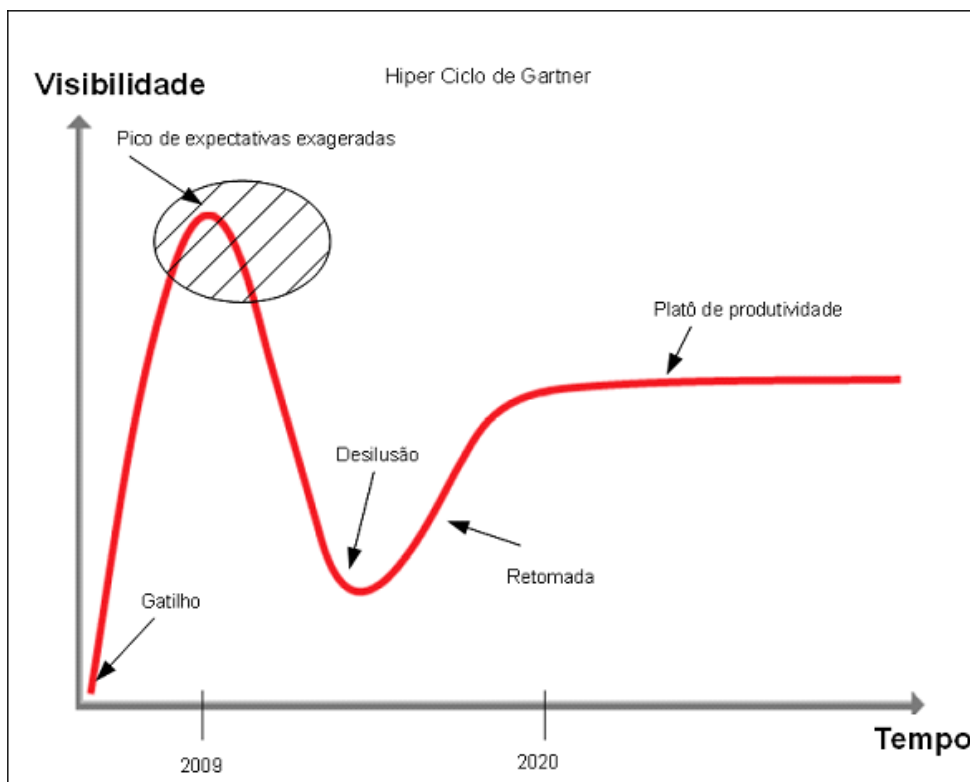


Figura 1 – Hiper Ciclo de Gartner

2.2 Consumo de espectro para transmissão 3DTV

A ITU [2] apresenta a cadeia de produção e transmissão para a 3DTV, adaptada na **Figura 2**. A priori, compreende-se que a disponibilização de conteúdo em 3D impactará na ampliação do número de informações que devem seguir até o espectador. Nessa figura, os encadeamentos de um conteúdo nas etapas 1, 2 e 3 (produção, empacotamento e codificação) procedem, em formato digital, nos equipamentos cuja capacidade de processamento e manipulação de arquivos impactam principalmente nos seus custos. Porém, na etapa seguinte que é a transmissão, cada conteúdo consumirá recursos do meio de transmissão que, inclusive, poderão exceder a capacidade do meio atribuído ao serviço específico.

Torna-se imediato admitir maior exigência de banda para transmissões da 3DTV, e isso em qualquer das gerações previstas para essa tecnologia³. Por exemplo, na segunda e terceira gerações da 3DTV, embora ainda não se apontem quais serão as tecnologias específicas, o acréscimo de informações na transmissão será, certamente, muito elevado, por constituir multiplicações dos planos de visualização de cada cena ou de um objeto na cena.

Nas futuras gerações da 3DTV se planejam transmissões *multiview* e holográfica, exclusivamente aplicadas em meios confinados, que apresentam ampla capacidade de transmissão. As fibras ópticas, sem dúvida, são o meio previsto para tal feito.

Porém, na primeira geração da 3DTV, que demanda esforço de massificação, pode-se impor estratégias de compatibilidade, partindo-se da articulação com a transmissão 2D (vide Anexo). No extremo, se poderia admitir a necessidade de um segundo canal

³ As gerações do 3DTV são detalhadas no Anexo deste documento e resumidas na Tabela 15.

exclusivamente dedicado para a transmissão 3DTV, em *simulcast* ao 2D que ocorre em outro canal.

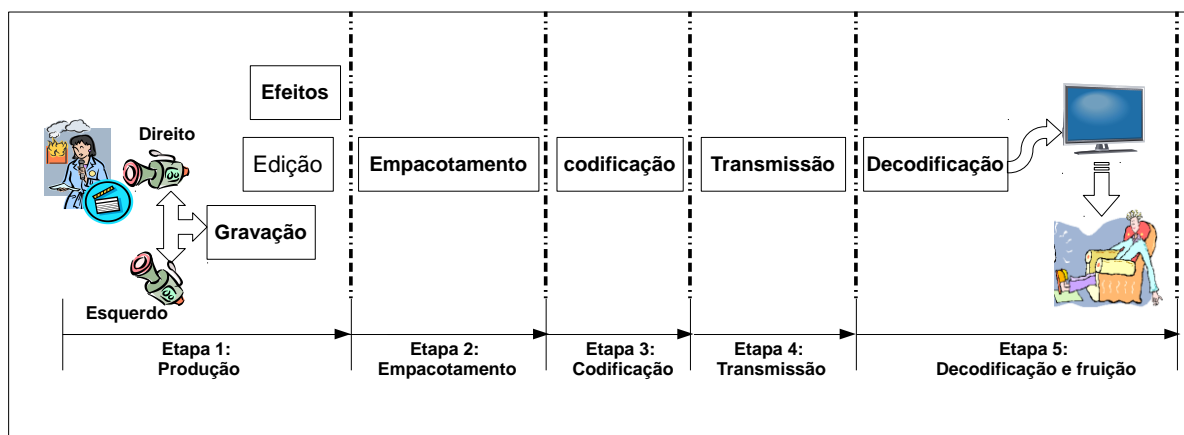


Figura 2 – Cadeia de transmissão

A ITU [2] considera essa alternativa menos provável, preferindo desenvolver uma transmissão em que, apenas um fluxo de dados complementares seja suficiente para reconstruir as imagens 2D e 3D, em correspondência ao receptor específico aplicado. Porém, tal alternativa ainda não possibilita resoluções mais elevadas. Dentro dos sistemas abordados neste estudo, o ponto crítico até então, ainda está na diferença de qualidade, que deve ser confrontada com as taxas de bits necessárias para se tornarem aceitáveis.

De certa forma, se reproduz o esforço que foi desenvolvido ao se estabelecer a taxa de exibição de imagens em alta resolução. As análises envolveram os sistemas de transmissão e as técnicas de compressão, submetendo-as a avaliações da percepção visual humana.

Como lembra a ITU [2], os sinais 3DTV devem ter esquemas de codificação adequados para a sua transmissão da TV terrestre, em canais com largura de banda de 6, 7 e 8 MHz, além das exigências dos serviços de satélites que também necessitam de largura de banda comedida.

Na **Tabela 2**, adaptada à elaboração da Zeta Cast [3], resume-se a necessidade de banda, segundo a alternativa tecnológica, com método de transmissão específico, aplicada e prevista para o ano de 2020.

No Brasil, o atual legado, em plena mobilização para a TV Digital, apresenta algumas características técnicas que são relevantes para a análise de aplicação dos possíveis métodos de transmissão para a 3DTV.

Segundo a referência da Norma técnica ABNT 15601[4], na **Tabela 3** identificam-se as capacidades máximas de transmissão do sistema ISDB-Tb, para a menor robustez do sistema e, também, para aquela tipicamente utilizada.

Segundo a norma ABNT 15604 [5], os receptores de TV digital full-seg (13 segmentos) devem obrigatoriamente suportar as taxas de quadros de 30/1,001 Hz e 60/1,001 Hz. Estas taxas de quadros especificadas podem ser excedidas por outras, porém sem que isso seja obrigatório. Além disso, o formato de alta definição é 1125i (1080i) com relação de aspecto 16:9 e resolução de 1920 x 1080 pixels. Para a codificação de vídeo nesta resolução, as emissoras de TV tipicamente designam uma taxa entre 10 e 14 Mbps, em cujo limite superior se desperdiça capacidade de transmissão.

Por dedução, faz-se uma comparação direta ao método de transmissão 2D+D (ver detalhes no anexo), admitindo-se o conteúdo 2D em 1080i com taxa de codificação em 10 Mbps (H.264/AVC HP @ L4.0), segundo ABNT 15602 [6]. Para os metadados, tomam-se 60% desta ocupação, totalizando 6 Mbps. Em decorrência, com tal método de transmissão, é possível adotar-se a transmissão 2D+D em configuração de robustez típica, em 64 QAM, FEC $\frac{3}{4}$ e intervalo de guarda de $\frac{1}{8}$, cujo limite de dados é de 18,255 Mbps, pois:

$$2D + D = 10 \text{ Mbps} + 6 \text{ Mbps} = 16 \text{ Mbps}$$

Entretanto, é necessário avaliar a qualidade de vídeo obtida com tal método de transmissão, especialmente sob as taxas determinadas para codificação (CBR ou VBR), para as exibições 2D e 3D. Por isso, a relação percepção de qualidade versus método de transmissão 2D e 3D devem, ainda, ser confrontados para uma tomada de decisão.

Tabela 2 – Possíveis formatos de transmissão para a TV estereoscópica em 2020

Método de Transmissão	Formato de Transmissão	Capaz de ser assistido por telespectador com display 2D	Taxa de Bit relativa a 2D
Vista independente esquerda e direita	2 x 1080p	sim	200%
Temporal Interleaved	1080p/100	Possível se codificação de vídeo escalável for usada	170 a 190%
Espacial Interleaved	2160p	Possível se codificação de vídeo escalável for usada	170 a 190%
2D+D	1080p+metadados	sim	140 a 180%
2D+Z	1080p+metadados	sim	120 a 160 %
2D+DOT	1080p+metadados	sim	180 a 220%

Tabela 3 – Taxa limite de transmissão ISDB-Tb

Menor Robustez			
Modulação	Código convolucional	Intervalo de Guarda	Taxa de dados (Mbps)
64 QAM	7/8	1/32	21,298
Robustez Típica			
Modulação	Código convolucional	Intervalo de Guarda	Taxa de dados (Mbps)
64 QAM	3/4	1/8	18,255

Este relatório só deve ser reproduzido por inteiro.

Neste exercício de previsão de ocupação de banda foi considerado o método de transmissão 2D+D, pois o mesmo propõe a minimização de conteúdos em metadados para se complementar a constituição da imagem 3D. Observe-se que método 2D+Z também poderia ter efeito semelhante.

2.3 Considerações Finais

Portanto, as novas tecnologias em desenvolvimento para a evolução da TV Digital aberta apontam para:

- Uma provável inviabilidade da transmissão em UHDTV na radiodifusão aberta, pois as taxas de transmissão requeridas devem ser superiores à capacidade proporcionada por um canal de 6 MHz;
- A viabilidade das transmissões em 3D utilizando apenas um canal de 6 MHz. Destaca-se que com a adoção da codificação H.264 na radiodifusão digital no Brasil, os canais consignados em operação e com transmissão em HD utilizam tipicamente apenas 55% de sua capacidade;
- O 3D na radiodifusão encontra-se em estágio inicial de desenvolvimento, com foco na TV por assinatura e no mercado de Blu-Ray, num momento em que os esforços da TV aberta estão concentrados na transição do sistema analógico para a TVD em HD.

3 Análise de viabilidade técnica da operação de *refarming* no Brasil

As recomendações da ITU e da CITELE, apresentadas na primeira etapa dessa análise, propõem o alinhamento do Dividendo Digital na faixa de 698 a 806 MHz para toda a Região das Américas. A adoção dessa proposta permite ainda o alinhamento da América Latina com diversos países da região 3 (Ásia Oriental e Oceania). Para que o Brasil atenda a essas recomendações, será necessária a execução de uma operação de *refarming* após a desativação das transmissões analógicas em 2016, remanejando todos os canais restantes acima de 51 para canais vagos no restante do espectro de TV e desativando serviços ancilares de radiodifusão que estarão obsoletos.

A análise da viabilidade de um *refarming* em âmbito nacional deve ser considerada em duas etapas em função da destinação da subfaixa de 698 a 746 MHz (canais entre 52 e 59) aos serviços de radiodifusão de som e imagens e de retransmissão de televisão, e da destinação atual da subfaixa de 746 a 806 MHz (canais 60 a 69) ao serviço de Repetição de Televisão (RpTV) e à TV Pública Digital.

3.1 Viabilidade do *refarming* da subfaixa de 698 a 746 MHz (canais entre 52 e 59)

A ANATEL é a responsável por elaborar, manter e atualizar os planos de canais a serem utilizados pelos prestadores de radiodifusão no Brasil. A Superintendência de Serviços de Comunicação de Massa da Agência disponibiliza publicamente a consulta aos Planos Básicos de Distribuição dos Canais para todos os serviços de radiodifusão por meio do Sistema Interativo SISCOM⁴.

O Plano Básico de TV/RTV/TVA/TVD contém a distribuição dos canais de TV em cada município do país, incluindo as informações de localização georreferenciada de cada sistema, nome da entidade responsável, município, número do canal, tipo de serviço e potência de transmissão, além de outras informações complementares. O Plano de Reserva de TV/RTV apresenta praticamente os mesmos campos de informações do Plano Básico. Os registros desse plano representam solicitações de inclusão no Plano Básico em processo de aprovação pela ANATEL. Ambos os planos contemplam as subfaixas de 54-72 MHz (canais 2 a 4), de 76-88 MHz (canais 5 e 6) e de 174-216 MHz (canais 7 a 13) da banda de VHF e as faixas de 470-608 MHz (canais 14 a 36) e de 614-746 MHz (canais 38 a 59) da banda de UHF.

As versões mais recentes do Plano Básico e do Plano de Reserva foram geradas pela ANATEL em 29/07/2011 e podem ser copiadas integralmente em formato de arquivo texto a partir do SISCOM. O arquivo relativo ao Plano Básico apresenta 16.124 registros, sendo cada registro associado à distribuição de um canal em cada município do país. Por sua vez, o arquivo do Plano de Reserva apresenta 1.477 registros.

A partir de uma análise dos registros de ambos os arquivos foram encontradas algumas informações incorretas e duplicidades que poderiam comprometer a qualidade das estimativas levantadas nesse estudo. Dessa forma, foram realizadas sequencialmente as seguintes operações de depuração dos arquivos:

1. Unificação de ambos os arquivos em uma base única;
2. Retirada de 48 registros relativos à reserva técnica criada pela Fundação CPQD e pela ANATEL;
3. Retirada de 4 registros de canais de TVD distribuídos em canais do VHF;

⁴ O Sistema Interativo SISCOM pode ser acessado diretamente na Internet por meio do endereço: <http://sistemas.anatel.gov.br/siscom/>

4. Retirada dos registros de canais repetidos em um mesmo município;
5. Retirada dos registros de TV/RTV do Plano Básico sem entidade associada.

Ao final desses passos foram expurgados 6.245 registros, gerando uma base de dados composta por 11.356 registros.

Para os 42 municípios com mais de 25 canais na base de dados – englobando todas as capitais e outros 25 grandes municípios – foi realizada uma validação adicional, comparando-se as informações obtidas a partir dos Planos Básicos às do Sistema de Controle de Radiodifusão (SRD) da ANATEL. O SRD⁵ é um sistema interativo da ANATEL que apresenta a situação atual dos diferentes serviços de radiodifusão em cada município do país. O resultado dessa validação acrescentou 48 registros à base de dados, sendo 2 novos canais digitais e 46 canais analógicos considerados, num primeiro momento, como canais sem entidade associada no Plano Básico.

Dessa maneira, os 11.404 registros da base de dados correspondem aos seguintes serviços:

- 664 canais de TV, incluindo 118 provenientes da Reserva;
- 6.636 canais de RTV, incluindo 901 provenientes da Reserva;
- 25 canais de TVA;
- 4.079 canais de TVD, incluindo 23 provenientes da Reserva.

Agrupando-se os registros da base de dados por município, verifica-se que a grande maioria dos municípios possui poucos canais, mesmo durante o período atual de *simulcast*. O resultado dessa operação pode ser observado na distribuição geográfica da Figura 3 e nos dados da Tabela 4.

A partir da Figura 3 é possível observar que há grandes extremos na distribuição geográfica das emissoras pelo território nacional. A maior parte dos municípios do interior do país não possui nenhum canal de TV aberta associado (pontos em azul), 34% dos municípios possui entre 1 e 10 canais (pontos em verde), enquanto os municípios com mais de 30 canais (pontos em vermelho) são representados pela quase totalidade das capitais e por alguns grandes municípios. Finalmente, em um nível intermediário, estão os municípios entre 11 e 30 canais (pontos em amarelo e laranja) que são fortemente concentrados no interior do estado de São Paulo, em algumas capitais e em alguns municípios relativamente populosos.

O fato de um município não possuir canal de TV aberta associado (pontos em azul) não significa que não receba os sinais da TV aberta, uma vez que esse município pode estar situado na vizinhança de um grande centro urbano e, portanto, receber os sinais das emissoras localizadas nesse centro. Eventualmente, pode até ser tecnicamente inviável a localização de uma nova emissora nesse município se sua vizinhança já ocupou todos os canais disponíveis. No entanto, essa situação é rara e a maioria dos municípios do interior do país, que aparecem como pontos azuis na Figura 3, dependem exclusivamente da recepção via satélite na Banda C.

Com relação à ocupação do espectro, os canais analógicos e digitais da base de dados são distribuídos entre as subfaixas do VHF e do UHF conforme apresentado na Tabela 5.

⁵ O Sistema Interativo SRD pode ser acessado diretamente na Internet por meio do endereço: <http://sistemas.anatel.gov.br/srd/>

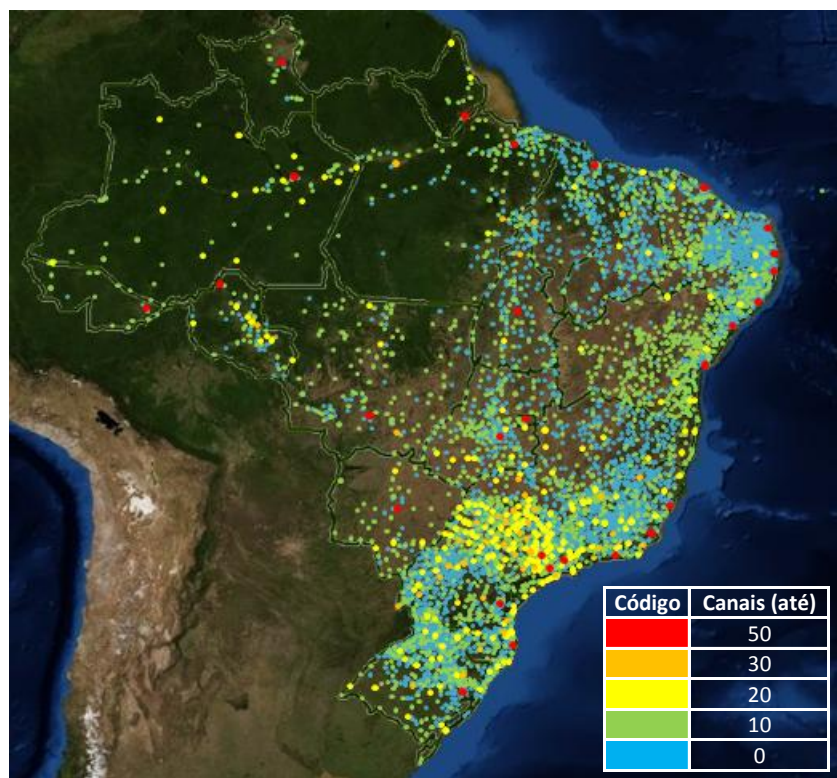


Figura 3 - Distribuição geográfica da quantidade de canais analógicos e digitais em cada município (Fonte: elaboração do CPqD a partir da base de dados da ANATEL de junho de 2011)

Tabela 4 – Distribuição atual da quantidade de canais analógicos e digitais por município

Quantidade de canais por município	Quantidade de municípios	Porcentagem dos municípios do país
Nenhum canal	3.315	59,5%
De 1 a 10 canais	1.942	34,9%
De 11 a 20 canais	238	4,3%
De 21 a 30 canais	43	0,8%
De 31 a 50 canais	28	0,5%

Tabela 5 – Distribuição dos canais de TV digitais e analógicos na base de dados

Canais	2 a 6	7 a 13	14 a 51	52 a 59	Total
Analógicos (TV/RTV/TVA)	1.096	2.041	3.599	589	7.325
Digitais (TVD)	-	-	3.656	423	4.079

A partir dos dados apresentados, pode-se observar que a ANATEL já efetuou a distribuição de 4.079 canais digitais no país. A quase totalidade desses canais destina-se a prover um pareamento dos canais analógicos existentes para viabilização da operação em *simulcast*.

Conforme apresentado anteriormente na Etapa I desta análise, caso o Brasil siga as atuais recomendações da ITU e da CITELE, que recomendam a adoção da faixa de 698-806 MHz para o Dividendo Digital das Américas, será necessário remanejar os canais digitais entre 52 e 59 para canais vagos, por meio de uma operação de *refarming*, após a desativação das transmissões analógicas.

3.1.1 Premissas para o método de análise da viabilidade do *refarming*

Para se determinar a viabilidade técnica dessa operação de *refarming*, é empregada uma metodologia baseada na análise da situação atual da distribuição de canais de cada município. As principais premissas empregadas nessa metodologia são:

- Todos os canais presentes atualmente na base de dados são tecnicamente viáveis;
- Considerando um caso extremo, a faixa de VHF não é considerada para receber os canais digitais na operação de *refarming*;
- Os canais analógicos de UHF abaixo de 52 que estão pareados a canais digitais estarão vagos a partir da desativação das transmissões analógicas e poderão receber emissoras provenientes de canais acima de 51;
- No caso de uma entidade possuir múltiplos canais analógicos associados a um único canal digital para o mesmo município, a metodologia considera o pareamento de todos os canais analógicos envolvidos a esse único canal digital. Ou seja, por meio da funcionalidade SFN⁶ múltiplos canais analógicos estarão vagos nesse município com a digitalização dessa emissora;
- Não são consideradas transferências de canais entre municípios distintos;
- Como 93,7% dos canais digitais da base não possuem entidade associada, é estabelecida a estratégia mais conservadora para a priorização do pareamento dos canais analógicos aos digitais, obedecendo à seguinte ordem:
 1. Canais analógicos do VHF
 2. Canais analógicos do UHF abaixo de 52
 3. Canais analógicos do UHF acima de 51

Desse modo, garante-se que os canais analógicos acima de 51 somente são pareados a canais digitais se os demais canais analógicos já estiverem pareados;

- Os canais analógicos de TV e RTV do Plano Básico na faixa entre 14 e 51 sem entidade associada e que não conflitam com os canais válidos da base de dados são considerados canais livres adicionais ao processo de pareamento da metodologia;
- Um canal analógico do Plano Básico de TV e RTV vago em determinado município permite a sua ocupação por um canal digital, pois as premissas técnicas de

⁶ SFN, do inglês *Single Frequency Network* ou Rede de Frequência Única, é a funcionalidade da TVD que permite que uma rede regional com a mesma programação implante a retransmissão em uma frequência única (mesmo canal) para a cobertura de áreas extensas. Pode-se até efetuar a cobertura de áreas de sombra com estações reforçadoras nessa mesma frequência, diferentemente da tecnologia analógica que em função das interferências necessita de emissores operando em diferentes canais de frequência.

proteção contra interferências são mais exigentes para as transmissões analógicas do que para as digitais;

- Um canal de 6 MHz permite uma taxa de transmissão de dados suficiente para garantir a evolução do serviço de TV aberta rumo a novas funcionalidades como a multiprogramação ou o 3D.

3.1.2 Operacionalização da análise da viabilidade

A Figura 4 a seguir busca descrever sinteticamente os passos seguidos para analisar a base de dados e canais e determinar a viabilidade do *refarming*.

O quadro (a) dessa figura apresenta a situação original de ocupação das diversas faixas do espectro atribuído a radiodifusão, quando existia apenas a tecnologia analógica. Destaca-se nesse quadro que alguns canais, como o indicado com a letra “w”, estão livres, ou seja, estão desocupados não estando consignados a uma emissora. Durante o processo de análise de alternativas e adoção do padrão de transmissões de TV Digital para o Brasil, a ANATEL iniciou os estudos para alteração do Plano Básico de TV e RTV com a finalidade de viabilizar a inclusão de novos canais para essas transmissões digitais. O quadro (b) representa essa adição de canais digitais viáveis ao PB de TV e RTV, que assim passa a ser um PB de TV, RTV e TVD. Nos quadros seguintes da figura busca-se descrever a metodologia utilizada neste estudo para avaliar a viabilidade do *refarming*, aplicada município a município do plano básico.

O primeiro passo está representado no quadro (c), onde os canais analógicos de um município são pareados aos digitais viabilizados e já incluídos no PB dessa localidade. O pareamento se dá na direção dos canais mais baixos do VHF para os mais altos do UHF. Para os canais que eventualmente não conseguirem ser pareados, não será possível a transmissão dos sinais analógico e digital em *simulcast*. Como exemplo de cenários possíveis, no quadro (c) apresenta-se um canal digital, denominado “y”, na faixa 14-51 que recebe dois canais analógicos para representar uma situação de SFN, e três analógicos na faixa 52-59 que não conseguiram a consignação de canais digitais para a operação em *simulcast*. Ademais, se apresenta um canal digital na faixa 60-69 para representar os canais de TV Pública Digital previstos nessa faixa.

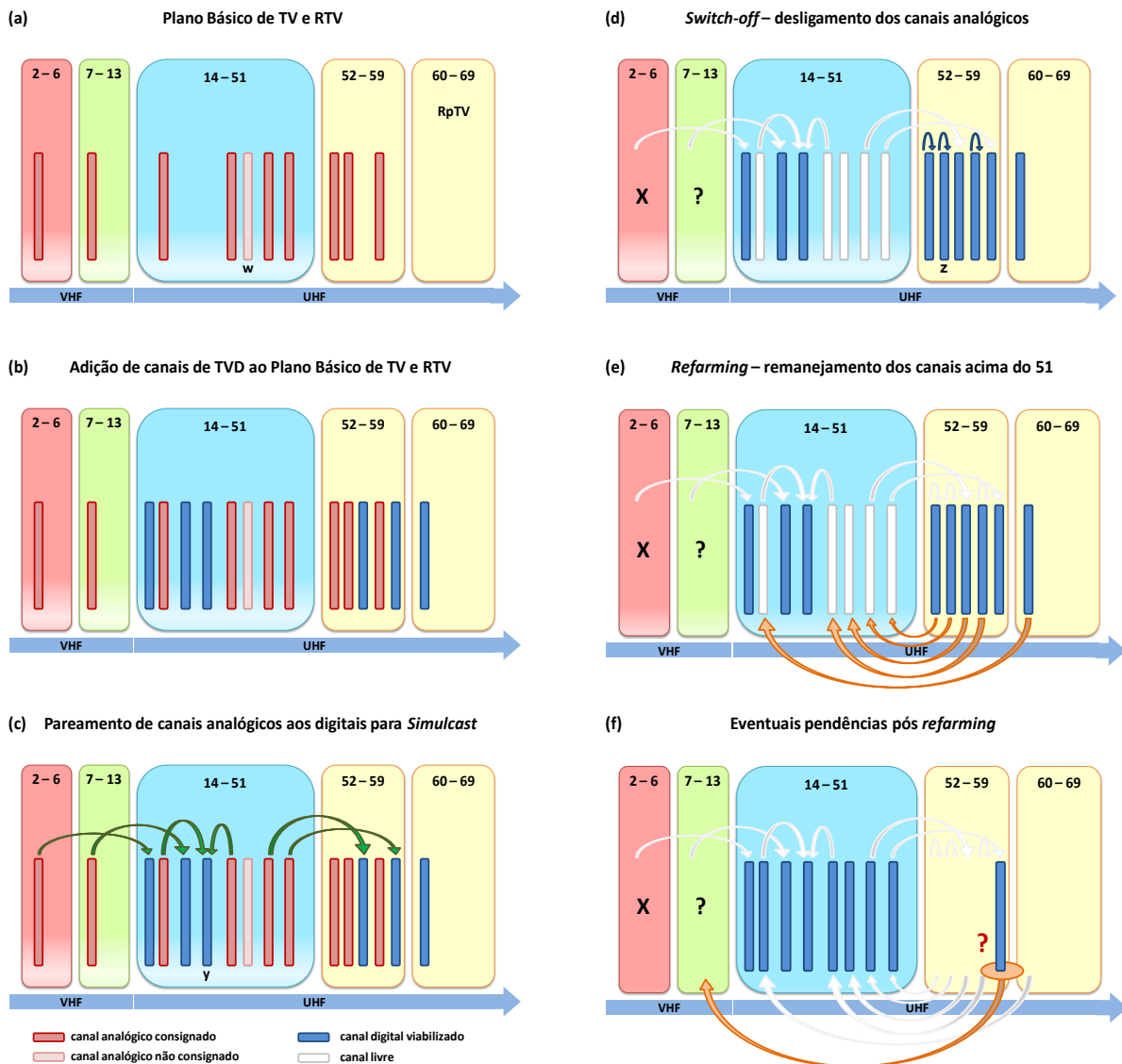


Figura 4 – Etapas consideradas pela metodologia para determinar a viabilidade do *refarming* nos municípios do país (Fonte: elaboração do CPqD).

O quadro (d) representa a situação no momento do *switch-off* – o desligamento das transmissões analógicas no país, que deverá ocorrer em 2016. Nesse momento as faixas de canalização 2-6 e 7-13 deixam de ser utilizadas pela radiodifusão, sendo que a atribuição da faixa 7-13 ainda está em estudo pela Agência. Na faixa 14-51 surgem vários canais livres com o desligamento dos analógicos, e na faixa 52-59 a notação “z” chama a atenção para os canais analógicos que não estavam pareados e passam a transmitir em padrão digital na mesma posição original.

O quadro seguinte, (e), apresenta o início do processo de *refarming* com o deslocamento de canais da faixa 52-59 para os canais disponibilizados com o *switch-off*. Por fim, o quadro (f) representa eventuais pendências que ocorreriam em um ou outro grande centro urbano, onde a faixa 14-51 ficaria congestionada. Nessa situação, a faixa do VHF de 7-13 poderia ser considerada como solução para garantir a viabilidade do *refarming*.

Assim sendo, a partir da base de dados de canais e aplicação do algoritmo da metodologia, representada nos quadros (c) a (e) da Figura 4, é possível estimar o impacto

de um *refarming*, ou seja, estabelecer o número de canais que seriam deslocados para a faixa 14-51 e o número eventual de canais que restariam à espera de um estudo mais apurado para a sua viabilização.

3.1.3 Estudos de caso do *refarming*

Para exemplificação da aplicação da metodologia, pode-se tomar como base o planejamento de canais associado aos três municípios com perfis distintos de ocupação do espectro de 700 MHz citados no documento da Etapa I deste projeto: Barreirinhas no estado do Maranhão; Araçatuba e São Paulo, ambos no estado de São Paulo.

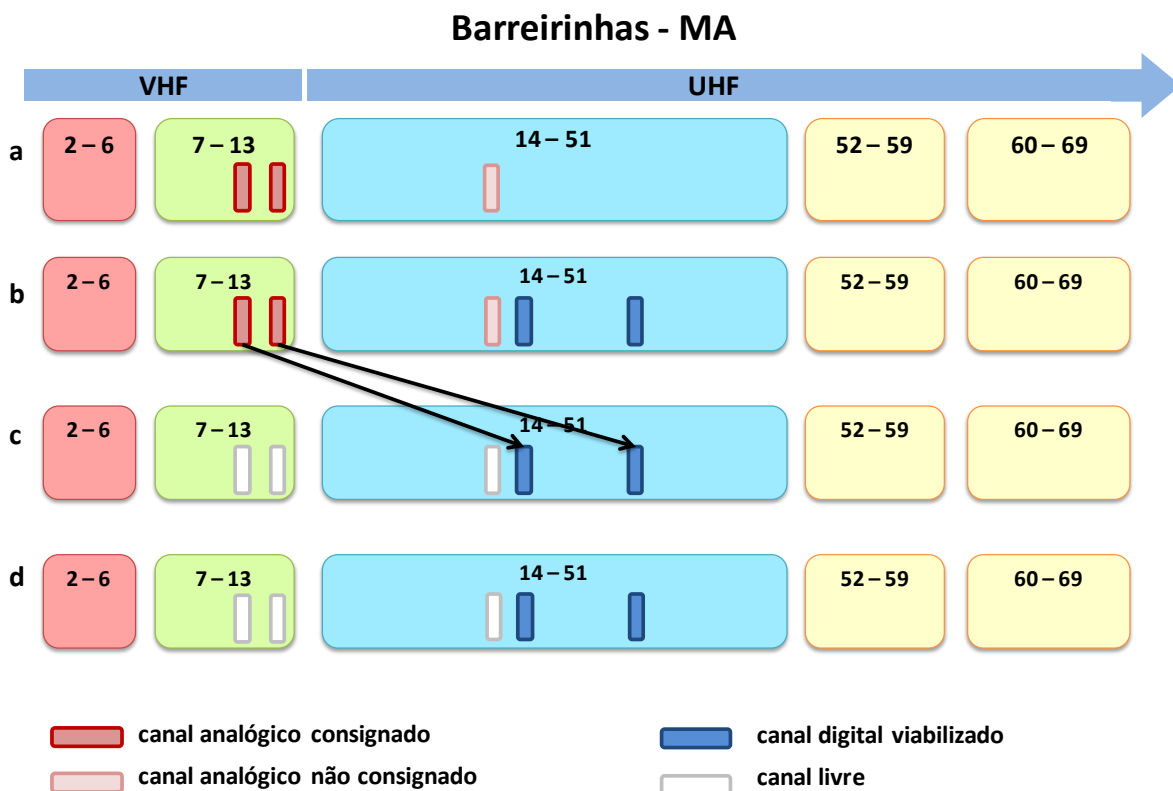


Figura 5 – Exemplo de *refarming* da faixa de 700 MHz em Barreirinhas – MA (Fonte: elaboração do CPqD).

No caso do município de Barreirinhas, no nordeste do Maranhão, representado na Figura 5, estão em operação apenas duas emissoras com tecnologia analógica na faixa do VHF alto, os canais 11 e 13 (representados por quadros vermelhos). O Plano Básico já apresenta dois canais digitais viabilizados para esse município, os canais 28 e 38 (representados por quadros azuis), que podem receber os dois canais analógicos. O município não possui emissora operando em canais acima do canal 51, nem reservas no Plano de Reservas ou no SRD nessa faixa. Portanto, o *refarming* é viável não trazendo impactos para esse município.

Ademais, o canal 26 é um canal analógico que consta do Plano Básico de TV e RTV mas não está consignado a nenhuma entidade, nem aparece reservado nos sistemas da ANATEL (representado por um quadro vermelho claro). Poderia ser considerado um canal livre (quadro branco) no município após o *switch-off*. No entanto, se analisamos os municípios vizinhos a Barreirinhas (Brejo, Chapadinha, Santa Quitéria e Tutóia) identifica-se que o canal 26 foi utilizado para viabilizar um canal digital na localidade de Brejo.

Essa região também serve como exemplo da utilização da funcionalidade do SFN. Apenas um canal, o 38, é utilizado nos municípios de Barreirinhas, Brejo, Chapadinha e Tutóia para a digitalização de uma emissora que com a tecnologia analógica dependia da consignação de quatro canais, o 11 em Barreirinhas, o 9 em Brejo, o 12 em Chapadinha e o 7 em Tutóia.

As emissoras localizadas nos municípios de Parnaíba e Porto, no vizinho Piauí, não interferem nessa região, inclusive utilizando alguns canais analógicos de mesma numeração (9, 11 e 13).

No caso do município de Araçatuba, no interior de São Paulo, representado na Figura 6 e na Figura 7, são identificadas treze (13) emissoras com tecnologia analógica nas faixas do VHF e do UHF, inclusive operando na faixa de canais 52 a 59. Um canal do VHF baixo, o 6, consta do Plano Básico, mas não está consignado. Esses canais são representados na linha (a) da Figura 6.

O Plano Básico apresenta doze canais digitais viabilizados para esse município, como representado na linha (b) da Figura 6. As setas na passagem da linha (b) para a linha (c) nessa figura representam o processo de pareamento dos canais analógicos aos digitais para o *simulcast*, procedendo dos canais mais baixos para os mais altos. Efetua-se a transição para a nova tecnologia, e os canais digitais recebem os canais analógicos da quase totalidade das emissoras operando no município. Observa-se que apenas uma emissora analógica operando no canal 59 fica sem canal digital para pareamento. Essa emissora deverá migrar para a tecnologia digital no mesmo canal em que opera hoje em dia, no momento do *switch-off*, como representado pela seta azul na passagem da linha (c) para a linha (d) da figura Figura 6.

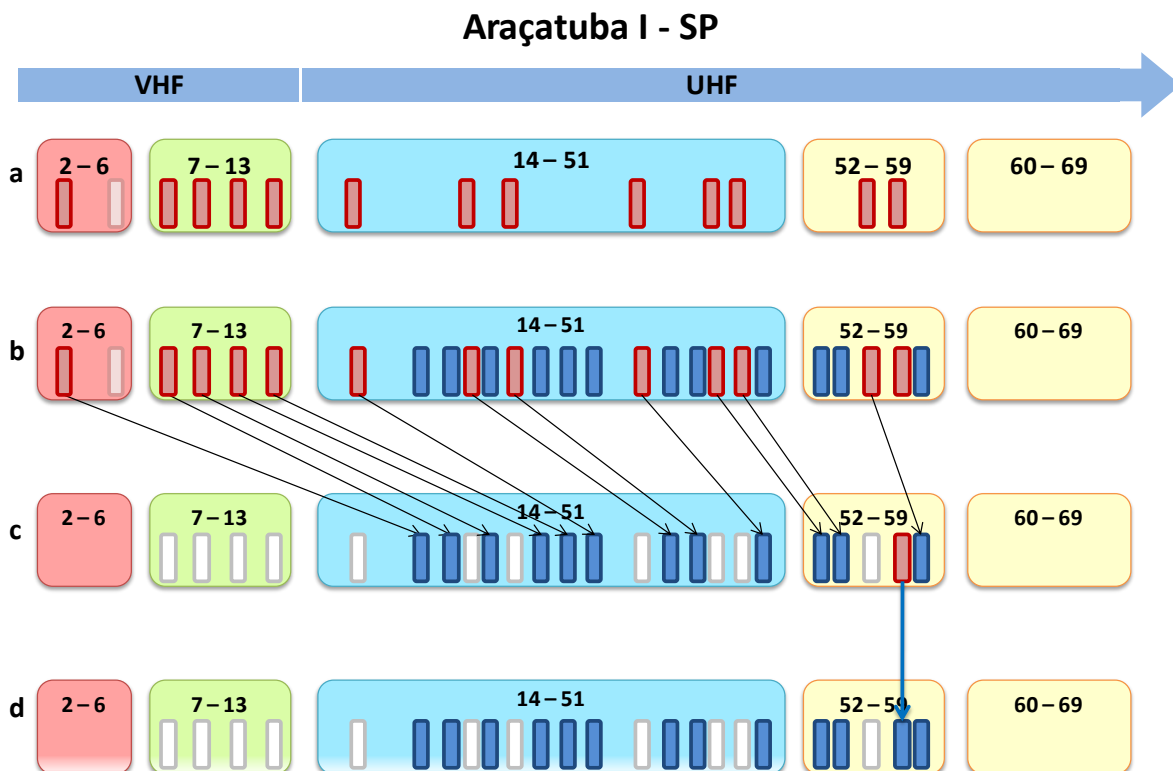


Figura 6 – Exemplo de *refarming* da faixa de 700 MHz em Araçatuba – SP. Etapas anteriores ao *refarming* (Fonte: elaboração do CPqD).

Como representado pelos quadros brancos nas linhas (c) e (d) da Figura 6, todos os canais analógicos pareados resultam em um canal livre após o *switch-off* que pode receber um canal digital realocado. Com exceção dos canais localizados no VHF baixo (2 a 6), pois essa faixa não será utilizada pela TVD. Na faixa de frequência dos canais 14 a 51 serão liberados seis canais após o *switch-off* em Araçatuba.

Na Figura 7, as setas na passagem da linha (e) para a linha (f) representam o processo de *refarming* dos canais digitais localizados acima do canal 51 nesse município após o *switch-off*. Quatro canais digitais serão deslocados, restando ao menos dois canais livres ao final do processo, como representado na linha (g) da figura.

Portanto, o *refarming* é viável nesse município trazendo um impacto baixo.

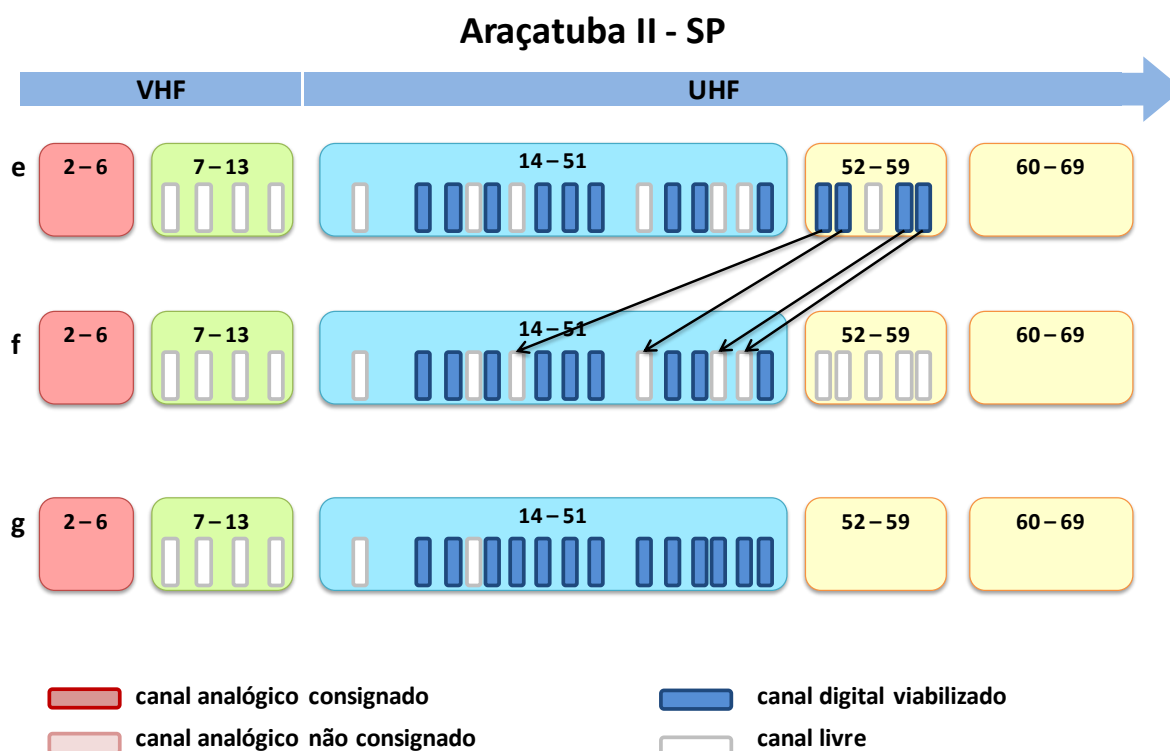


Figura 7 – Exemplo de *refarming* da faixa de 700 MHz em Araçatuba – SP. Etapas do *refarming* (Fonte: elaboração do CPqD).

Uma análise dos canais nos municípios vizinhos a Araçatuba (Birigui, Buritama, Guararapes, Penápolis e Valparaíso) indica que eventualmente os dois canais livres de Araçatuba (16 e 25) devem ser necessários para o *refarming* dos canais digitais 59 de Birigui e Penápolis (em SFN) e 54 de Valparaíso. No caso de Guararapes e Buritama não existem canais digitais viabilizados acima do canal 51.

Por fim, o caso do município de São Paulo é representado na Figura 8 e na Figura 9. São identificadas vinte e quatro (24) emissoras com tecnologia analógica nas faixas do VHF e do UHF, inclusive operando nas faixas de canais 52 a 59 e 60 a 69 (o canal 62 da TV Brasil, um canal público da Empresa Brasileira de Comunicações, EBC). Entre as emissoras operando na faixa de canais 14 a 51, tem-se quatro (4) emissoras do Serviço Especial de TV por Assinatura, o TVA (representado pelos quadros amarelos), e que

também foram consideradas. Todos os canais estão representados na linha (a) da Figura 8.

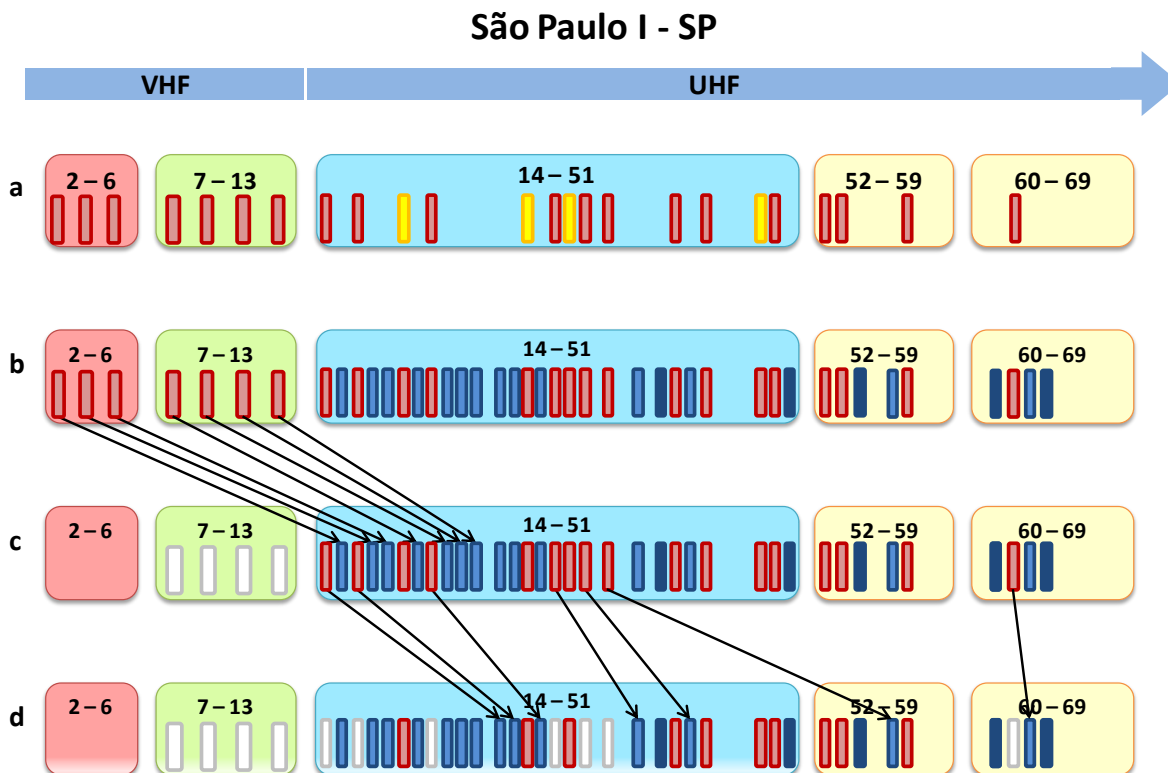


Figura 8 – Exemplo de *refarming* da faixa de 700 MHz em São Paulo – SP. Etapas anteriores ao *refarming* (Fonte: elaboração do CPQD).

O Plano Básico de São Paulo apresenta dezenove (19) canais digitais viabilizados para esse município, como representado na linha (b) da Figura 8. As setas na passagem da linha (b) para a linha (c), e da linha (c) para a (d), representam o processo de pareamento dos canais analógicos aos digitais para o *simulcast*. O processo foi quebrado em mais linhas com relação aos exemplos anteriores com a finalidade de facilitar a visualização. O algoritmo procede dos canais mais baixos para os mais altos, mas na Figura 8 são deixados sem pareamento os canais associados a TVA. Os canais sem pareamento terão que migrar para a tecnologia digital no mesmo canal.

Cinco canais digitais, representados nas linhas (b), (c) e (d) da Figura 8 por quadros em azul escuro, não são utilizados para o pareamento de canais analógicos em operação. Esses canais aparecem no Plano Básico ou no SRD como consignados para entidades que não operam emissoras analógicas no município. Dentre esses, incluem-se os canais digitais 61 e 64 que são utilizados pela TV Câmara e TV Justiça. O canal 63, da TV Brasil Digital, está pareado ao canal analógico 62.

Na Figura 9 se apresentam os passos seguintes. Observa-se na linha (e) que restam seis (6) canais livres (quadros brancos) na faixa de UHF entre os canais 14 e 51, liberados por canais pareados. Nas faixas de UHF entre os canais 14 e 51, e de 52 a 59, restam dez (10) emissoras operando em tecnologia analógica sem canal digital para pareamento (quadros vermelhos). No momento do *switch-off* essas dez emissoras deverão migrar para a tecnologia digital no mesmo canal em que operam hoje em dia, como representado pelas setas azuis na passagem da linha (e) para a linha (f) da Figura 9.

Ao final desse processo restam oito (8) canais digitais acima do canal 51 no município de São Paulo, para serem realocados nos seis (6) canais livres da faixa de UHF entre o 14 e o 51, como representado pelas setas na passagem da linha (f) para a linha (g) da Figura 9. Portanto, restariam dois canais digitais acima do canal 51 a serem realocados.

A linha (h) do diagrama representa o estágio final desejado para uma operação de *refarming* de sucesso, onde todos os canais seriam realocados para a faixa do UHF entre os canais 14 e 51 no município de São Paulo.

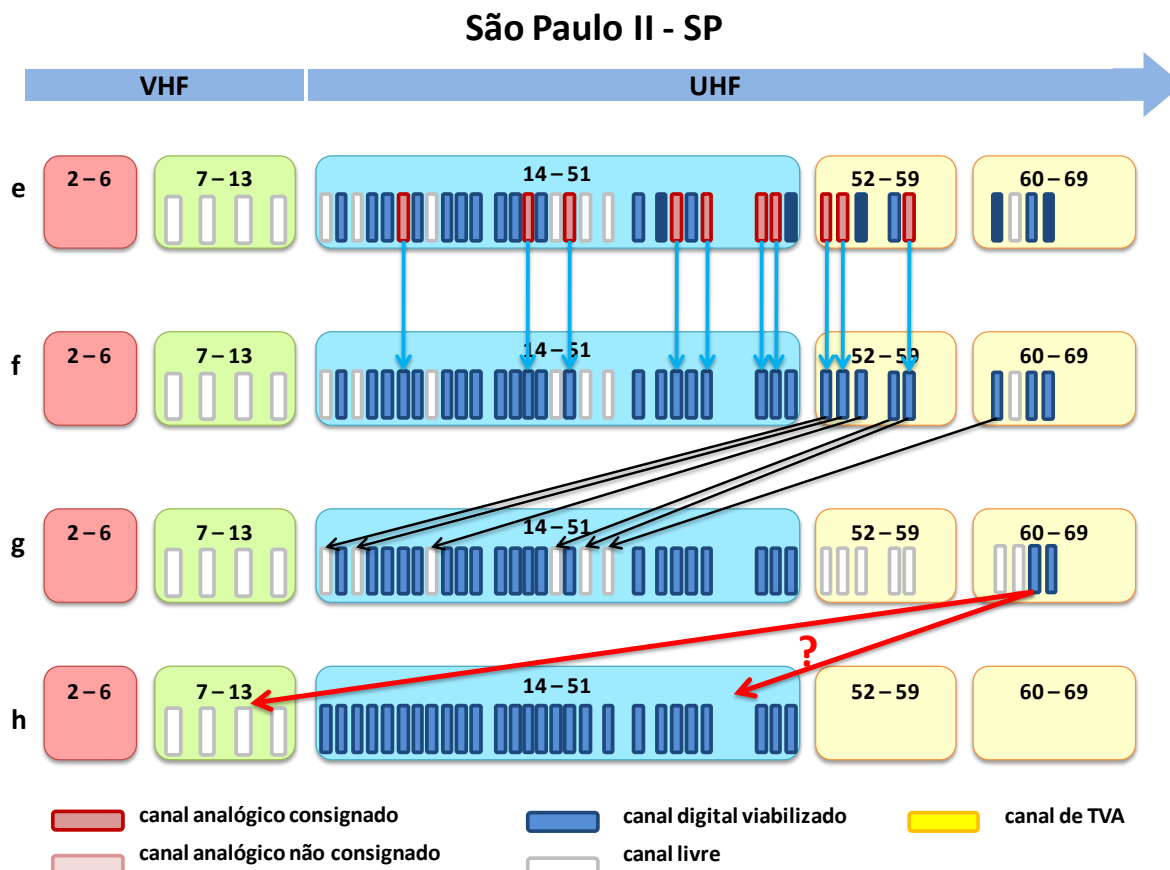


Figura 9 – Exemplo de *refarming* da faixa de 700 MHz em São Paulo – SP. Etapas do *refarming* (Fonte: elaboração do CPqD)

O *refarming* no município de São Paulo deve tomar em conta os municípios vizinhos, sua região metropolitana. Existem canais digitais viabilizados na região que podem colaborar com uma solução e canais que podem dificultar o processo. Por exemplo: o canal analógico 26 de Diadema, afiliado da Rede CNT, tem suas transmissões voltadas para São Paulo. Esse canal é pareado ao canal digital 27, e após o *switch-off* poderia ser utilizado para receber um dos canais digitais remanescentes⁷. Por outro lado, nos municípios de Barueri, Guarulhos, Mogi das Cruzes e São Caetano do Sul existem canais digitais viabilizados entre os canais 52 e 59 que podem dificultar o processo. Alguns desses canais não podem ser realocados para a faixa 14 a 51 sem observar a ocupação dessa faixa no município de São Paulo. Essa região demandará um estudo detalhado de rádio cobertura para viabilizar o *refarming*.

⁷ Dependendo de um estudo adequado de rádio cobertura, uma vez que o site encontra-se em São Paulo e hoje o canal está viabilizado para Diadema.

Para viabilizar o *refarming* em São Paulo, além da revisão do plano de canais, podem ser utilizadas as funcionalidades de multiprogramação e SFN, bem como considerar a utilização da faixa do VHF alto para a TVD.

3.1.4 Resultados da análise da viabilidade

Extrapolando os estudos de caso apresentados no item 3.1.3 para a totalidade dos municípios do Brasil, chega-se aos resultados consolidados na Tabela 6.

Tabela 6 - Distribuição dos municípios conforme disponibilidade de canais para a operação de *refarming*

Resultado da análise de viabilidade do <i>refarming</i>	Municípios envolvidos
Quantidade total de municípios do país	5566
Municípios atualmente sem canais acima de 51	5012
Municípios sem canais acima de 51 após o <i>switch-off</i>	5093
Municípios com canais acima de 51 após o <i>switch-off</i>	473
Municípios com canais acima de 51 em que o <i>refarming</i> é totalmente viável de acordo com a metodologia empregada	377
Municípios com falta de apenas 1 canal livre entre 14 e 51 para o <i>refarming</i>	24 (Castelo-ES, São José De Ribamar-MA, Barbacena-MG, Jacutinga-MG, Nepomuceno-MG, Vespasiano-MG, Naviraí-MS, Alta Floresta-MT, Ribeirão-PE, São José Do Egito-PE, Picos-PI, Balsa Nova-PR, Pimenta Bueno-RO, Balneário Camboriú-SC, Brusque-SC, Porto Belo-SC, Aparecida-SP, Barueri-SP, Bastos-SP, Guarulhos-SP, Mairiporã-SP, São Caetano Do Sul-SP, São Lourenço Da Serra-SP e Vinhedo-SP)
Municípios com falta de 2 canais livres entre 14 e 51 para o <i>refarming</i>	2 (Ladário-MS, Mogi das Cruzes-SP)
Municípios com falta de canais livres entre 14 e 51 ainda sem planejamento de TVD pela ANATEL	70

Pelos resultados da aplicação da metodologia, consolidados na Tabela 6, é possível afirmar que a operação de *refarming* dos canais do Dividendo Digital é viável em

praticamente todo o país, mesmo sem a utilização dos canais de 7 a 13 do VHF para recepção dos canais digitais remanejados.

Segundo o Plano Básico e o Plano de Reservas, há 5.012 municípios (90% do país) sem emissoras operando ou planejando operar em canais UHF acima de 51.

Após o *switch-off* em 2016, na metodologia estima-se que haverá 5.093 municípios (91,5%) sem canais acima de 51. Na metodologia estima-se também que, entre os 473 municípios em que haverá necessidade de realização de *refarming*, 377 municípios possuirão capacidade ociosa suficiente no espectro entre os canais 14 e 51 para receber os canais remanejados do Dividendo Digital.

Entre os municípios em que na metodologia se aponta falta de canais livres, verifica-se que há duas situações levantadas:

- **Municípios com canais digitais já consignados pela ANATEL.** São 26 municípios nessa condição, sendo que em 24 deles há falta de apenas 1 canal livre para a viabilização da operação de *refarming* segundo as regras da metodologia. Adicionalmente, os cálculos realizados indicam que faltam 2 canais livres somente para os municípios de Ladário-MS e Mogi das Cruzes-SP. A ANATEL deve revisar o plano básico desses municípios, considerando também a possível disponibilidade de espectro dos municípios vizinhos, até a realização do *switch-off* em 2016 para acrescentar novos canais digitais entre os canais 14 e 51 do UHF. Na falta de canais disponíveis nessa faixa, há ainda a opção de utilização dos canais de 7 a 13 do VHF para transmissões digitais de TV.
- **Municípios ainda sem planejamento de canais digitais por parte da ANATEL.** Esse caso se aplica aos 70 municípios destacados na última linha da tabela que não possuem nenhum canal digital no Plano Básico. Há uma previsão de que a ANATEL estruture o plano básico de canais digitais para esses municípios nos próximos meses.

3.2 Viabilidade do *refarming* da subfaixa de 746 a 806 MHz (canais entre 60 e 69)

A subfaixa de 746-806 MHz é atualmente destinada ao serviço de repetição de televisão (RpTV) em caráter primário e exclusivo e deve ser desativado junto com as transmissões analógicas em 2016.

Em paralelo ao serviço atual de RpTV, a Norma nº 01/2009 – Norma Geral para Execução dos Serviços de Televisão Pública Digital – do Ministério das Comunicações recomenda empregar parte dessa faixa, especificamente entre os canais 60 e 68, exclusivamente para os Serviços de Televisão e de Retransmissão de Televisão Pública Digital. Adicionalmente, a Norma estipula que os canais 14 a 59 do Plano Básico de Canais poderão também ser empregados para o mesmo fim e que há possibilidade de empregar a multiprogramação e multisserviços para a Televisão Pública Digital.

Segundo o Decreto nº 5.820, de 29 de junho de 2006, o Ministério das Comunicações deverá consignar pelo menos quatro canais digitais de radiofrequência para a exploração direta pela União Federal:

- Canal do Poder Executivo: para transmissão de atos, trabalhos, projetos, sessões e eventos do Poder Executivo;
- Canal de Educação: para transmissão destinada ao desenvolvimento e aprimoramento, entre outros, do ensino à distância de alunos e capacitação de professores;
- Canal de Cultura: para transmissão destinada a produções culturais e programas regionais;

- Canal de Cidadania: para transmissão de programações das comunidades locais, bem como para divulgação de atos, trabalhos, projetos, sessões e eventos dos poderes públicos federal, estadual e municipal.

Atualmente, existem 10 municípios do país em que se emprega ou planeja empregar a subfaixa 746-806 MHz para as transmissões da Televisão Pública Digital. São Paulo – SP é o município com maior número de canais nessa faixa, com o canal 62 operando em modo analógico e os canais 61, 63 e 64 em modo digital. Os nove municípios restantes são responsáveis pelos outros 12 canais digitais nessa faixa.

A análise de viabilidade da operação de *refarming* dessa subfaixa pode considerar, na melhor hipótese, a situação atual em que os 3 canais digitais de São Paulo e os 12 canais do restante do país deverão ser remanejados após o *switch-off* em 2016.

No pior caso, pode-se considerar o cenário em que todos os municípios do país disponibilizariam quatro canais digitais para a Televisão Pública Digital nessa faixa. A solução mais simples nesse cenário seria, aparentemente, a disponibilização dos sete canais altos do VHF (7 a 13). Essa possibilidade é prevista na Norma Técnica 01/2010 do MC e é compatível com os receptores digitais encontrados no mercado brasileiro.

Por outro lado, a Norma Geral para Execução dos Serviços de TV Pública Digital explicita em suas disposições finais que os canais consignados a órgãos e entidade integrantes dos poderes da União podem utilizar a funcionalidade da multiprogramação, que permite que um canal de 6 MHz comporte até duas programações simultâneas em HD ou, ao menos dez programações simultâneas em SD; inclusive definindo o termo Operador de Rede de Televisão Pública Digital. Essa característica da plataforma de TV Digital poderia viabilizar economicamente a transmissão aberta dos programas oferecidos por múltiplas geradoras ou retransmissoras em um único canal, sendo a mesma infraestrutura de transmissão compartilhada pelo grupo e seu custo dividido. Tal iniciativa está prevista no Plano de Trabalho para os Canais da Empresa Brasileira de Comunicações em 2011.⁸ A Figura 10 a seguir apresenta uma proposta de configuração dos canais de RF apresentada pela EBC para a Rede Nacional de TV Pública Digital Terrestre.⁹

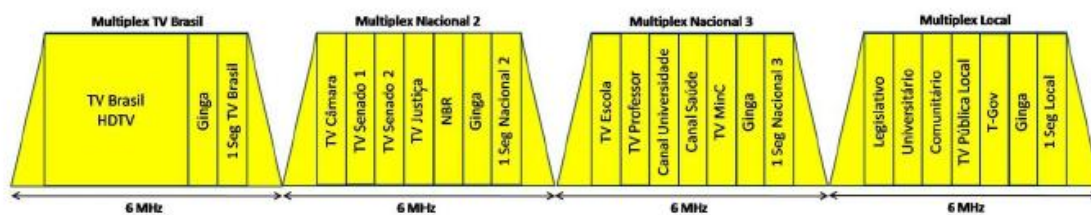


Figura 10 – Canais de TV transmitidos nas capitais dos estados (fonte: EBC).

3.3 Possibilidade de atribuição de canais em VHF Alto

Os sete canais do VHF Alto, de 7 a 13, estão compreendidos entre 174 e 216 MHz. Segundo a ANATEL, estes canais são considerados para a digitalização da TV aberta, entretanto necessita-se de uma melhor avaliação.

⁸ Disponível em: http://www.ebc.com.br/sites/_ebc/files/PT_2011_FINAL_Aprovado.pdf.

⁹ Workshop EBC. Apresentação: Conceitos Inovadores na Operação da Rede Nacional de TV Pública Digital – RNTPD. Disponível em: <http://tvbrasil.org.br/saladeimprensa/PDF/Workshop-ConceitosInovadoresRNTPD.pdf>.

Em estudo realizado para o desenvolvimento do planejamento de canais para a TV Digital¹⁰, o CPqD recomendou priorizar a faixa de UHF para a distribuição de canais digitais. Somente quando não fosse possível utilizar a faixa de UHF, deveriam ser utilizadas as faixas de VHF alto e, em último caso, a faixa de VHF baixo, exatamente nesta ordem. A motivação de tal ordem se definiu em testes laboratoriais comprovando-se a suscetibilidade ao ruído impulsivo, mais relevante nas frequências mais baixas.

Apesar da suscetibilidade ao ruído impulsivo, a recepção favorável em faixa do VHF alto exige cerca de 7 dB a menos do que uma recepção favorável em faixa de UHF. Tal diferença é principalmente definida pela área efetiva da antena, quando em recepção externa empregando este artefato, que se define em relação ao maior comprimento de onda. Exatamente o maior comprimento de onda traz outra vantagem para a atribuição de canais no VHF alto, ou seja, a menor perda de propagação em espaço livre e, certamente, a menor perda de propagação em áreas consideradas rurais ou com adensamento de florestas.

Particularmente, no que se refere aos princípios de conservação de energia, redução de custos operacionais e maximização de área de atendimento, a faixa de VHF alta é muito favorável. Essa alternativa traria a vantagem de permitir a redução em cerca de 80% da potência de transmissão. Consequentemente, é peculiar considerar a atribuição de canais digitais na faixa do VHF alto em áreas extensas, com baixa densidade populacional e, por características de desenvolvimento econômico e produtivo, com menor produção de ruído impulsivo decorrente das atividades industriais e de veículos automotores.

¹⁰ CPqD, 2003.

4 Estimativa de custos globais da operação de *refarming* no Brasil

Esta seção avalia as condições técnicas e os custos unitários relacionados ao remanejamento de equipamentos de transmissão de TV digital entre canais distintos do espectro de radiodifusão. São ainda apresentadas as premissas empregadas no cômputo das quantidades totais de canais digitais restantes no Dividendo Digital, após a desativação das transmissões analógicas e dos custos globais da operação do *refarming* em todo o país.

4.1 Premissas para a operação de *refarming*

A troca de canais para a televisão aberta impõe algumas condições para se obter equivalências entre os efeitos do canal atual (analógico ou digital) e o novo canal digital. Neste tópico identificam-se as premissas que trazem essa equivalência e os custos relacionados à migração de transmissões digitais entre canais distintos.

Segundo a Norma técnica 01/2010 promulgada pelo Ministério das Comunicações, os canais atribuíveis para a televisão digital estão compreendidos entre os canais 7 e 13 do VHF alto e do canal 14 ao 68 do UHF. Os canais de 60 a 68 estão reservados para uso exclusivo do Serviço de Televisão e de Retransmissão de Televisão Pública Digital.

Muitas emissoras no país, ainda não efetuaram a migração para o sistema de transmissão digital. Para determinação da potência do canal digital pareado a cada canal analógico em operação é estabelecida uma equivalência entre as classes de potência, em correspondência à faixa de alocação espectral e à distância máxima ao contorno de serviço.

Segundo o Regulamento Técnico aplicável à TV analógica, a distância máxima ao contorno protegido é estabelecida conforme as informações na tabela a seguir:

Tabela 7 – Classificação das estações de TV analógica

Classe TV	Canal	Máxima Potência (ERP)	Distância máxima ao contorno protegido (km)
Especial	7~13	316 kW	66
	14~68	1600 kW	53
A	7~13	31,6 kW	46
	14~68	160 kW	40
B	7~13	3,16 kW	28
	14~68	16 kW	26
C	7~13	0,316 kW	16
	14~68	1,6 kW	14

Segundo o Regulamento Técnico aplicável à TV Digital, a distância máxima ao contorno protegido é estabelecida conforme as informações na **Tabela 8**.

Tabela 8 – Classificação das estações de TV Digital

Classe TV	Canal	Máxima Potência (ERP)	Distância máxima ao contorno protegido (km)
Especial	7~13	16 kW	65
	14~46	80 kW	57
	47~68	100 kW	57
A	7~13	1,6 kW	48
	14~68	8 kW	42
B	7~13	0,16 kW	32
	14~68	0,8 kW	29
C	7~13	0,016 kW	20
	14~68	0,08 kW	18

Fica estabelecida uma configuração de referência de um transmissor de TV Digital:

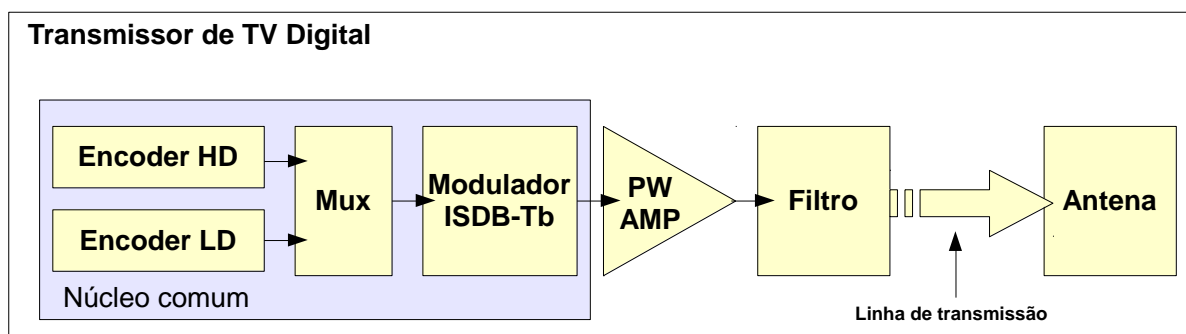


Figura 11 – Configuração de referência de um transmissor de TV Digital (Fonte: elaboração do CPqD)

O transmissor de referência é estabelecido com um núcleo comum, para todas as classes de potência de transmissão, que admite conteúdos destinados à mobilidade e alta definição.

Para as quatro classes de potência ocorrem variações em:

- PW AMP – Amplificador de potência de transmissão
- Filtro – Filtro de máscara de transmissão proporcional à potência do PW AMP
- Antena – Sistema irradiante com limite de potência de trabalho proporcional à potência do PW AMP

As classes de potência B e C utilizam a mesma categoria de filtro e antena, não ocorrendo variação de custos decorrentes destes elementos e, portanto se diferenciam em custos do amplificador. Segue-se a equivalência:

Tabela 9 – Equivalência de potência para a mudança

Classe TV	Canal	Máxima Potência (ERP) analógica	Máxima Potência (ERP) digital
Especial	7~13	316 kW	16 kW
	14~46	1600 kW	80 kW
	47~68	1600 kW	100 kW
A	7~13	31,6 kW	1,6 kW
	14~68	160 kW	8 kW
B	7~13	3,16 kW	0,16 kW
	14~68	16 kW	0,8 kW
C	7~13	0,316 kW	0,016 kW
	14~68	1,6 kW	0,08 kW

Adicionalmente, são estabelecidas as seguintes premissas para a estimativa dos custos relacionados à troca de alocação espectral:

- Troca de alocação de um canal digital por outro digital, admitindo que o *refarming* será realizado somente após o *switch-off*;
- Para cada canal analógico digitalizado acima do canal 51, será considerada uma troca de alocação do canal digital de potência equivalente conforme apresentado na **Tabela 9**;
- O remanejamento dos canais digitais será considerado somente dentro da faixa do UHF, partindo dos canais de 52 a 69 destinando-os aos canais de 14 a 51.

Com o *refarming* restrito à faixa de UHF, a troca de alocação espectral consiste na substituição dos sistemas irradiantes incluindo os serviços de montagem, instalação, configuração, ativação e testes em conjunto com os ajustes dos amplificadores de potência e dos filtros de máscara de emissão.

Para estimativa dos valores unitários envolvidos na operação de *refarming* foi empregado o Termo de Referência do Pregão Eletrônico/SRP N°030/2011¹¹ da Empresa Brasil de Comunicação, cujo objeto trata da contratação de empresa especializada para fornecimento de sistemas irradiantes analógico e digital para uso da TV Brasil em São

¹¹ A documentação relacionada ao Termo de Referência pode ser acessada por meio do endereço: http://www.ebc.com.br/ebc/sites/_ebc/files/PE%20030%20SRP%20Forn.%20Sistemas%20Irradiante%20TV%20Brasil%20em%20S%C3%A3o%20Luis%20MA%20Proc.%202561%2010.pdf

Luís/MA, com a montagem, instalação, configuração, ativação, integração e testes, bem como a assistência técnica durante o período de garantia. O custo estimado pelo Termo de Referência para o fornecimento e instalação do sistema irradiante digital para o canal 34 do UHF, considerando uma potência de transmissão de 800 W, é de R\$ 370.000,00.

Esse valor é adotado neste estudo como o custo unitário total do *refarming* para canais digitais de alta potência – acima de 100 W. Como esse custo é composto em sua maior parte pelo custo da antena implantada, que é estimado pela nossa equipe em US\$ 200.000,00 ou cerca de R\$ 340.000,00 para potências superiores a 100 W, o custo dos demais serviços relacionados à integração, testes e assistência técnica deve ser de R\$ 30.000,00.

O custo da antena implantada para potências de transmissão de até 100 W é estimado em US\$ 100.000,00, cerca de R\$ 170.000,00. O custo dos demais serviços relacionados à integração, testes e assistência técnica também é estimado em R\$ 30.000,00, resultando em um custo unitário total de R\$ 200.000,00 para o *refarming* de canais digitais de baixa potência – até 100 W.

Tabela 10 – Estimativa de custos unitários do *refarming* por canal remanejado

Potência de transmissão digital	Custo de troca de antena transmissora	Custo estimado de reconfiguração e ajustes	Custo total por remanejamento de canal
Acima de 100 W	R\$ 340.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 370.000,00
Até 100 W	R\$ 170.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 200.000,00

A **Tabela 10** apresenta o conjunto de custos relevantes para cada remanejamento de canal na operação de *refarming* considerando as duas categorias de potência de transmissão empregadas para as antenas. Esses valores serão empregados diretamente na estimativa de custos globais do *refarming* nacional apresentada no item 4.2.

4.2 Cálculo do custo global da operação de *refarming*

A metodologia empregada para a análise de viabilidade técnica, apresentada no item 3, produz como resultados adicionais a quantificação dos canais digitais e dos canais analógicos sem pareamento a canais digitais, que restarão na faixa do Dividendo Digital para cada município do país.

O número de canais digitais em operação ou planejados na faixa do Dividendo Digital é obtido diretamente da base de dados de canais, conforme apresentado anteriormente na Tabela 5, somado ao número de canais digitais da Televisão Pública Digital operando acima do canal 59. Considerando os 423 canais digitais entre 52 e 59 e os 15 canais digitais entre 60 e 69, são totalizados 438 canais digitais a serem remanejados.

Além desse total há uma quantidade de canais analógicos sem pareamento a canais digitais no plano atual de canais que podem ser alocados a canais digitais na faixa do Dividendo Digital. A metodologia empregada calcula que haverá, no pior caso, 359 canais analógicos na faixa do Dividendo Digital sem pareamento a canais digitais. Considerando a premissa extremamente conservadora de que todos esses canais analógicos serão pareados a canais digitais situados também no Dividendo Digital, no limite estima-se que será necessário remanejar um total 797 canais digitais nessa situação.

A distribuição geográfica dos 797 canais que serão remanejados no *refarming* pode ser observada na **Figura 12**.

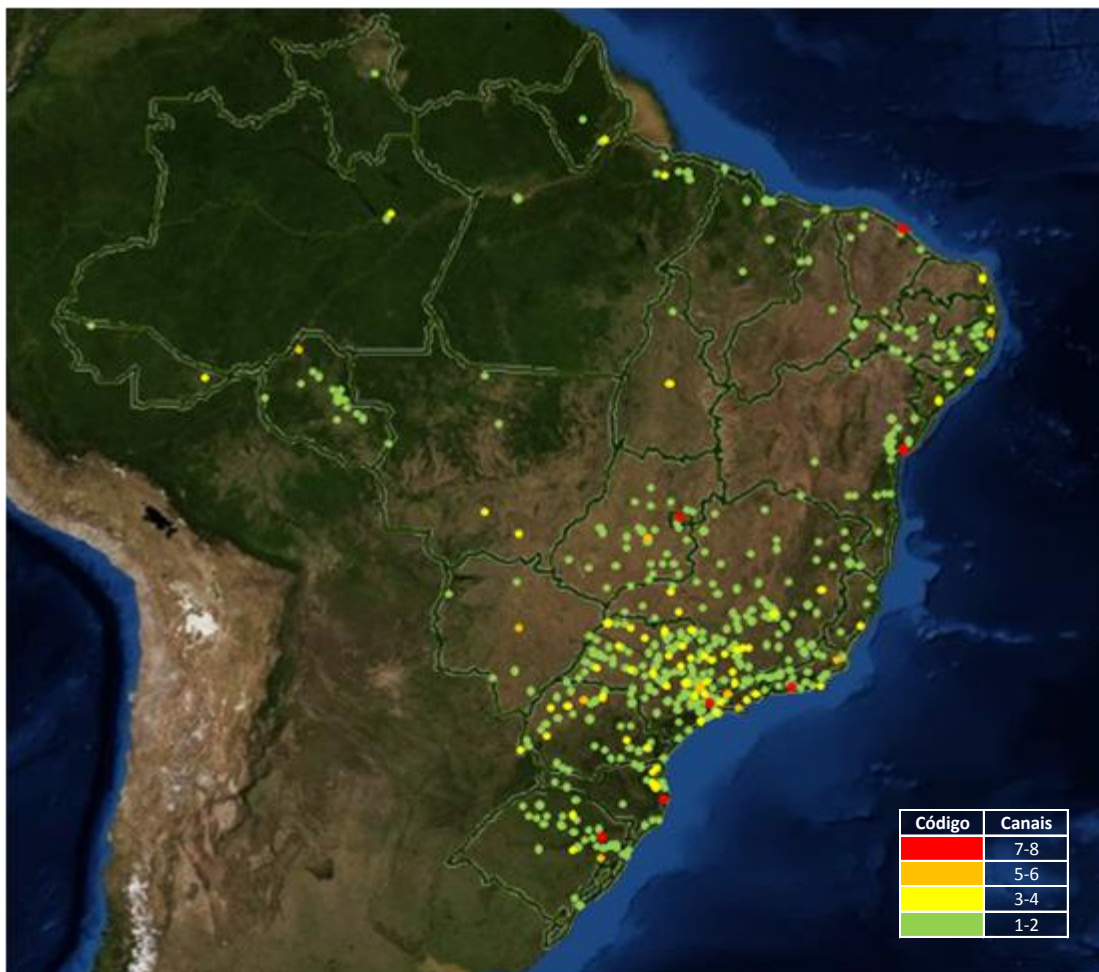


Figura 12 - Distribuição geográfica dos canais que serão remanejados no *refarming* (Fonte: elaboração do CPqD a partir da base de dados da ANATEL de junho de 2011)

Conforme é possível observar, após o *switch-off*, a grande maioria dos municípios do país não possuirá canais acima de 51 e, portanto, não necessitarão realizar nenhum remanejamento para a disponibilização da faixa de 700 MHz. Os 473 municípios restantes envolvidos no *refarming* estão fortemente concentrados nos estados das regiões Sul e Sudeste, com participações importantes dos estados de Pernambuco, Rondônia e Goiás. Com relação à situação dos municípios envolvidos no *refarming*, cerca de 83% deles deverá remanejar apenas 1 canal e apenas 17 municípios deverão remanejar mais do que 4 canais, conforme apresentado na **Tabela 11**.

Tabela 11 – Consolidação dos municípios em função da quantidade de canais a remanejar

Canais a remanejar	Municípios envolvidos
0	5.093
1 a 2	395
3 a 4	61

Canais a remanejar	Municípios envolvidos
5 a 6	10
7 a 8	7

Uma análise complementar apresenta que o perfil dos municípios envolvidos no *refarming* é bastante diversificado com relação a sua população. Entre os 473 municípios, são estimados 347 pequenos municípios com até 120.000 habitantes e 126 municípios de médio e grande porte. A **Tabela 12** apresenta os resultados estimados consolidados por faixas de população.

Tabela 12 – Consolidação dos municípios envolvidos no *refarming* em função da população

População	Municípios envolvidos
Menos de 30.000	142
30.001 – 60.000	102
60.001 – 120.000	103
120.001 – 240.000	55
240.001 – 500.000	40
Mais de 500.000	31

Além da quantificação dos canais candidatos ao *refarming*, a base de dados construída a partir dos planos de canais da ANATEL permite ainda a categorização dos canais em função das potências de transmissão cadastradas nesses planos. Empregando as mesmas categorias de potência discriminadas anteriormente na **Tabela 10** – potência até 100 W e potência acima de 100 W – é possível consolidar a quantidade de canais empregados para cada conjunto de custos unitários apresentados naquela tabela. Dessa forma, a **Tabela 13** apresenta um quantitativo dos canais em cada categoria de potência.

Tabela 13 – Consolidação dos canais a remanejar durante o *refarming* de acordo com sua potência de transmissão

Potência de transmissão dos canais a remanejar	Canais digitais ¹²	Canais digitais equivalentes aos atuais analógicos	Total de canais digitais a remanejar
Potência até 100 W	185	139	324
Potência acima de 100 W	253	220	473
Total de canais	438	359	797

¹² Incluindo os canais na faixa entre 60 e 69.

Empregando as premissas apresentadas no item 4.1, as estimativas de custos unitários da **Tabela 10** e os quantitativos da **Tabela 13**, é possível calcular o limite superior do montante total de custos envolvidos no remanejamento da transmissão dos canais digitais durante o *refarming* em R\$ 239.810.000,00.

Não há custos envolvidos nos terminais receptores nesse remanejamento, pois basta uma simples operação de atualização de canais dos sintonizadores.

Na situação prática, caso seja necessário algum remanejamento de canal para a faixa de VHF, os custos unitários relacionados a essa operação tendem a ser significativamente superiores, pois admite-se a troca do amplificador de potência, além dos demais elementos já considerados. Entretanto, como demonstrado na análise de viabilidade, devem ser muitos poucos os casos em que a faixa de VHF seja efetivamente demandada para o *refarming*.

5 Considerações finais

A análise apresentada neste documento aponta para a viabilidade de um *refarming* que alinhe a atribuição do Dividendo Digital, que corresponde a faixa de 700 MHz no Brasil, com as recomendações da UIT e da CITELE, atribuindo seu uso para aplicações móveis (IMT).

Pelos resultados da aplicação da metodologia descrita na seção 3 é possível afirmar que a operação de remanejamento dos canais digitais da faixa de 700 MHz para os canais liberados com a desativação de canais analógicos no restante da faixa de UHF é viável em praticamente todo o país.

Após o *switch-off* em 2016, na metodologia estima-se que haverá apenas 473 municípios com a necessidade de realização de *refarming* de canais digitais entre 52 e 59. Na metodologia estima-se também que desses 473 municípios, 377 possuirão capacidade ociosa no espectro suficiente entre os canais 14 e 51 para receber os canais remanejados.

Entre os municípios em que na metodologia se aponta falta de canais livres, verifica-se que há duas situações levantadas:

- **Municípios com canais digitais já consignados pela ANATEL.** São 26 municípios nessa condição, com falta de apenas 1 ou 2 canais livres para a viabilização da operação de *refarming*. Considera-se necessária a revisão do plano básico desses municípios, avaliando também a possível disponibilidade de espectro dos municípios vizinhos.
- **Municípios ainda sem planejamento de canais digitais por parte da ANATEL.** Esse caso se aplica aos 70 municípios que não possuem nenhum canal digital no Plano Básico de TV, RTV e TVD. O plano ainda não foi finalizado e tal situação deve ser resolvida em breve.

Somando-se a essas situações, há expectativa de que no limite todos os municípios do país devem ser atendidos pelos quatro canais digitais da Televisão Pública Digital. Nesse caso, a solução mais simples para a viabilização do *refarming* seria a disponibilização dos sete canais altos do VHF (7 a 13). Essa possibilidade é prevista na Norma Técnica 01/2010 do Ministério das Comunicações e é compatível com os receptores digitais encontrados no mercado brasileiro. O uso do VHF alto traria ainda as vantagens de permitir a redução em cerca de 80% da potência de transmissão, dos custos relacionados ao consumo de energia e de proporcionar uma maximização de área de atendimento da emissora.

Outra solução possível seria estender o previsto na Norma Geral para Execução dos Serviços de TV Pública Digital para todos os serviços da TV aberta Digital, permitindo a multiprogramação em um canal de 6 MHz de acordo com a estratégia de cada emissora. Atualmente as geradoras e retransmissoras de TV comerciais não têm permissão para transmitir mais de uma programação por localidade.

No estudo também se realizou uma estimativa dos custos relacionados ao *refarming*. Com o remanejamento de canais restrito à faixa de UHF, a operação do *refarming* consiste na substituição da antena transmissora e nos serviços de reconfiguração e ajustes dos amplificadores de potência e dos filtros de máscara de emissão. Os custos unitários estimados para essa operação são de R\$ 200.000,00 para sistemas com potências de transmissão de até 100 W e de R\$ 370.000,00 para sistemas com potências superiores a 100 W.

Foram identificados 423 canais digitais entre 52 e 59 e 15 canais digitais entre 60 e 69, totalizando 438 canais digitais a serem remanejados. Na metodologia empregada também se estima que haveria, no pior caso, 359 canais analógicos na faixa do Dividendo Digital

sem pareamento a canais digitais. Considerando a premissa extremamente conservadora de que todos esses canais analógicos seriam pareados a canais digitais situados também no Dividendo Digital, no limite estima-se que seria necessário remanejar um total de 797 canais digitais nessa situação.

Empregando essas estimativas de custos unitários e esses quantitativos de canais a serem remanejados, foi possível calcular o limite superior do montante total de custos envolvidos no remanejamento da transmissão dos canais digitais durante o *refarming* em torno de 240 milhões de Reais.

Na situação prática, caso seja necessário algum remanejamento de canal para a faixa de VHF alto, os custos unitários relacionados a essa operação tendem a ser significativamente superiores, pois admite-se a troca do amplificador de potência, além dos demais elementos já considerados. Entretanto, como demonstrado na análise de viabilidade, devem ser raros os casos em que a faixa de VHF seja efetivamente demandada para o *refarming*.

Embora a ausência de canais acima do canal 51 na maioria dos municípios brasileiros indique a possibilidade de um adiantamento do uso da faixa de 700 MHz para outros serviços antes mesmo do *switch-off*, há de se considerar que parte desses municípios encontra-se na vizinhança de municípios com emissoras operando nessa faixa. Isso implica na necessidade de um estudo detalhado de cobertura de radiofrequência antes da atribuição dessa faixa a outros serviços.

Ademais, valem algumas considerações sobre a base de dados utilizada para obtenção destes resultados:

- A ANATEL ainda não finalizou o planejamento de canais digitais em todo o país. Estima-se que ainda falte o estudo de viabilidade técnica para cerca de 500 canais digitais e a inclusão de pelo menos outros 1.500 canais digitais já viabilizados no Plano Básico de TV, RTV e TVD.
- A metodologia é bastante conservadora, pois só considera a liberação de canais após o *switch-off*, na faixa de 14 a 51, pelos seus pares digitais já planejados para o *simulcast*, ou de canais analógicos vagos nessa faixa. Para a grande maioria dos municípios do país há canais disponíveis, mas ainda não planejados, que são ignorados pela metodologia, pois necessitam de um estudo de cobertura de radiofrequência detalhado. Os resultados aqui apresentados devem ser atualizados após a conclusão definitiva dos trabalhos de atualização do Plano Básico de TV, RTV e TVD por parte da ANATEL.

Com relação às novas tecnologias em desenvolvimento para a evolução da TV Digital aberta, destacam-se sistemas experimentais com resolução de imagens superiores a oito milhões de pixels e chegando até 33 milhões de pixels, que configuram a frente de evolução para a Ultra High Definition TV – UHDTV, e a tecnologia de televisão em três dimensões - 3DTV. Os pontos principais da análise aqui efetuada admitem:

- Uma provável inviabilidade da transmissão em UHDTV na radiodifusão aberta, pois as taxas de transmissão requeridas provavelmente serão superiores à capacidade proporcionada por um canal de 6 MHz;
- Trazer maior resolução a fim de exibi-la em displays de grandes dimensões, parece não ser uma alternativa de evolução destinada aos telespectadores residenciais, em forma de recepção da TV aberta. Certamente, a UHDTV se tornará um serviço especial para usuários premium da TV por assinatura e em aplicações corporativas destinadas à área médica e cinema, todos estes serviços atendidos por outros meios de entrega com capacidade para taxas de transmissão mais elevadas;

- Há viabilidade para transmissões em 3D utilizando apenas um canal de 6 MHz. Destaca-se que com a adoção da codificação H.264, que ainda permite evolução tecnológica, na radiodifusão digital no Brasil, as transmissões em 3D em HD utilizariam entre 55% e 135% da capacidade de transmissão do canal, dependendo do formato de transmissão adotado;
- Que o 3D na radiodifusão encontra-se em estágio inicial de desenvolvimento, com foco na TV por assinatura e no mercado de Blu-Ray, num momento em que os esforços da TV aberta estão concentrados na transição do sistema analógico para a TVD em HD.

6 Referência bibliográfica

- [1] REPORT ITU-R BT.2160-1 Features of three-dimensional television video systems for broadcasting.
- [2] 3D TV Market Development Outlook, 2010 and Beyond - Patrick Chan - Market Intelligence & Consulting Institute.
- [3] Beyond HDTV: Implications for Digital Delivery. An Independent Report by ZetaCast Ltd. Commissioned by Ofcom. 2009.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15601: Televisão digital terrestre — Sistema de transmissão. Rio de Janeiro, 2007a (versão corrigida: 2008). Disponível em: http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15601_2007Vc_2008.pdf Acesso em 17/08/2011
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15604: TV Digital Terrestre: Receptores. Rio de Janeiro, 2007b (versão corrigida: 2008). Disponível em: http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15604_2007Vc_2008.pdf Acesso em: 17/08/2011.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15602: TV Digital Terrestre: Codificação de vídeo, áudio e multiplexação. Parte 1: Codificação de vídeo Disponível em: http://www.dtv.org.br/download/pt-br/ABNTNBR15602-1_2007Vc_2008.pdf Acesso em: 17/08/2011.
- [7] CPqD. PESSOA, A. C. F. et al. Planejamento de Canais de TV Digital. Campinas, SP, 2003. 180p
- [7] ITU Radiocommunication - ITU-R Study Group 6: Broadcasting Service (Working Party 6C: Programme production and quality assessment)
- [8] Annex 6 to Working Party 6C Chairman's Report PRELIMINARY DRAFT NEW REPORT
- [9] ITU Press Release (14 January 2010): 3D TV moves into focus - 'Work underway at ITU sets out roadmap for highly advanced new broadcasting systems that mimic real-life visual experience
- [10] Understanding Gartner's Hype Cycles": Jackie Fenn, Mark Time, Harvard Business Press
- [11] ITU News Magazine (March 2010 edition): 3D televisions hit the marketplace
- [12] ITU-R Study Group 6 - Broadcasting Service
- [13] ITU News Magazine (November 2008 edition) - The Challenge of 3D television

7 ANEXO – Televisão em três dimensões (3DTV)

A ITU-R [1] define a televisão em três dimensões - 3DTV como o meio de transmissão de imagens que permite ao telespectador a impressão realista de profundidade, resultando em um maior sentido de imersão ou de estar presente na cena.

As imagens nas telas de TV provocam ilusões de movimento, cor e, desde a 3DTV, profundidade – atributos que correspondem cada vez mais às percepções da visão humana. A noção de tridimensionalidade é resultante da composição, no cérebro, de duas imagens, com seus atributos de perspectiva: uma imagem proveniente do olho esquerdo e outra do olho direito. Por isso, as variedades tecnológicas da 3DTV objetivam estímulos visuais distintos para cada olho, a fim de reproduzirem as propriedades do mundo real.

Os experimentos com projeção de imagens em 3 dimensões se iniciaram a partir de 1850, sendo derivados do processo fotográfico, com o emprego de vidros coloridos e prismas de polarização de luz para a aquisição e projeção de imagens. Somente cem anos depois, a partir de 1950, ocorreram exposições de filmes em 3D nas salas de cinema, com o uso de óculos coloridos. Aquelas exposições foram decorrentes da primeira onda de filmes 3D produzidos nos EUA, empregando técnicas desenvolvidas pela Dolby Laboratories - Dolby Digital 3D Cinema.

A tecnologia de imagens em 3D dos anos 1950, especialmente desenvolvida para as salas de cinema, não emplacou. O uso de óculos com filtros coloridos, que era o elemento-chave da técnica Dolby, retinha matizes e intensidade das cores, degradando a qualidade geral da imagem percebida. Em outros experimentos concomitantes, se constatou que a aplicação das técnicas de polarização de luz apresentava melhor resultado quando comparadas ao uso de filtros coloridos, especialmente nos efeitos de paralaxe. Na época, contudo, o obstáculo tecnológico era intransponível, tanto em relação à tecnologia de produção dos óculos, quanto na tecnologia de filmagens e de projeção.

Somente a partir de 1980 se iniciou uma segunda onda de filmes em 3D, que também foram produzidos originalmente para o cinema. Desta vez, empregou-se óculos polarizadores como elementos-chave para a reconstituição da imagem, com as tecnologias “RealD 3D Cinema” e “NuVision's XPAND 3D”. Na atualidade, variações dessas tecnologias são utilizadas nas salas de cinema e, gradativamente, passam a ser aplicadas aos jogos de computador e aos televisores 3D.

Em 2007 no Japão, país pioneiro na transmissão 3D para TV, o canal por satélite BS11 iniciou transmissões em 3 dimensões, adequando-as ao uso de óculos polarizadores. Tal experiência estimulou alguns fabricantes de TVs a cooperarem com licenciamentos XPAND 3D e Real 3D Technologies. O episódio deu início ao esforço de se eleger uma padronização, sempre muito concorrida, porém objetivada pela indústria eletrônica, que almeja grande escala produtiva, designada aos consumidores residenciais. Fenômenos similares ocorreram com as tecnologias de *Video Home System* e *DVD Players*.

7.1 Motivações

Existem inúmeros motivos para o desenvolvimento e introdução das transmissões 3DTV. Segundo a ITU-R[1], com a retomada da produção de filmes em 3D e com a indústria cinematográfica obtendo grandes audiências nas salas de reprodução de cinema, a popularidade destes filmes tem se elevado. Há cada vez mais pessoas dispostas a pagar mais nos ingressos para ter uma experiência 3D.

A indústria cinematográfica apenas inicia o ciclo virtuoso ao exibir os filmes nas salas de cinema. O passo seguinte é disponibilizar tais conteúdos através de mídia comercial, empregando Blu-rays e DVDs, passando-os para as transmissões da TV por assinatura e, finalmente, para a TV aberta. Desdobram-se, em seguida, possibilidades que interagem

com mídias comerciais, vendas diretas de DVDs, prosseguindo à disponibilização através de downloads pela Internet.

Ao analisar o ciclo virtuoso, conclui-se que ao fim do período de exibições nas salas de cinema, a audiência estará, predominantemente nos lares. Sem a ampla disseminação de displays domésticos, capazes de reproduzir imagens em 3D, reduzem-se os efeitos positivos do ciclo virtuoso que se iniciou com as produções tridimensionais. Em circunstância onde as versões das produções possam, apenas, fruir em televisores bidimensionais, o público não será impactado da mesma forma, pois apenas seguirá ao que ora se reconhece, com exibição de conteúdo em duas dimensões.

Na televisão aberta, os níveis elevados de audiência decorrem, dentre outros motivos, da variedade da programação e dos conteúdos. A exibição de filmes na TV explora bem o objetivo de elevar audiência e reter públicos. Porém, na TV aberta os expectadores ainda permanecem impedidos de acessar a experiência das imagens em 3D; primeiro porque os displays domésticos ainda não estão disseminados e, principalmente, pela falta de definição de uma tecnologia de transmissão das imagens tridimensionais para o sistema de televisão aberta terrestre.

Apenas recentemente, e em modalidades de TV por assinatura, tem-se disponibilizado conteúdos 3D, predominantemente filmes e esportes coletivos. Entretanto, as estimativas de mercado, em abrangência global, já impulsionam os interesses de muitos segmentos, tais como a indústria cinematográfica, a cadeia de distribuição, a indústria eletro-eletrônica, dentre outros.

7.2 Técnicas dos displays 3D e óculos auxiliares

A visão humana percebe a natureza tridimensional através da visão binocular, com seus atributos de percepção à perspectiva. Duas características importantes deste sistema biológico são o ponto de foco do olho e a paralaxe. Esta última nada mais é do que a diferença entre os pontos de vista obtidos pelos olhos esquerdo e direito. Quanto mais próximos os objetos estão, maior será essa diferença percebida.

Considerando a propriedade da visão de paralaxe, o efeito estereoscópico, que permite a visão tridimensional, pode ser obtido a partir da projeção de imagens sobre uma superfície plana bidimensional, em 2D. Empregando algum tipo de filtragem, deve-se selecionar as informações de diferentes perspectivas, apresentando-as para cada olho. A seleção da imagem para cada olho pode se obtida com uso de óculos especiais para filtragem por cor, polarização ou persiana temporal (Shutter LCD), ou ainda pode ser decorrente de alguma propriedade da tela auto-estereoscópica.

7.2.1 Display Auto-estereoscópico

Este tipo de display oferece o efeito estereoscópico sem necessidade de qualquer forma de óculos. A tela em si apresenta informações diferentes quando vista de ângulos ligeiramente diferentes, utilizando a paralaxe da visão. Atualmente, existem duas técnicas auto-estereoscópicas principais que são usadas em monitores de tela plana:

- paralaxe por barreira
- lenticular da lente.

Em ambas as técnicas, a resolução espacial da tela é de base 2D, sendo reduzida a fim de se obter o efeito estereoscópico, ao apresentar metade da resolução da imagem para a projeção destinada a cada olho, resultando em menor resolução total. No sistema por barreira paralaxe, alguma forma de máscara é colocada sobre a tela, que direciona a luz a partir de colunas de pixels alternativas para cada olho.

O melhor desempenho auto-estereoscópico é obtido com o sistema de lente lenticular. Neste sistema, um conjunto de lentes cilíndricas direciona a luz a partir de colunas alternativas de pixels para um número definido de exposições, com cerca de 10 a 15 graus de largura, com zonas de visualização adicional para os lados. Estas zonas adicionais de visualização permitem que múltiplos usuários possam ver a imagem ao mesmo tempo, a partir de suas posições relativas à imagem.

7.2.2 Óculos Anaglyph

O efeito estereoscópico pode ser obtido com o emprego de óculos de distinção cromática, anaglífica (Anaglyph), com lentes coloridas e cada lente com uma cor oposta, por exemplo vermelho e verde ou vermelho e ciano. Com o efeito da filtragem de cor, cada olho vê uma imagem diferente e o cérebro acomoda a diferença de cor, compondo uma única imagem com as propriedades complementares.

Apesar dos problemas para reprodução de cor, essa técnica é muito simples de ser praticada, sem grandes custos para o telespectador. Por esta razão, uma série de filmes já foi lançada em 3D, em mídias Blu-Ray. Segundo o relatório da Zeta Cast [3], por exemplo, a Disney tem lançado muitos títulos em Blu-Ray, e os distribui incluindo óculos descartáveis vermelho e ciano, com armações de papelão, junto com o disco 3D Blu-Ray. Esta técnica também tem sido experimentada na transmissão da TV por assinatura, usando um canal de transmissão HDTV existente hoje, com conteúdo estereoscópico. No entanto, não houve muito interesse, pois resulta em baixa qualidade de imagem.



Figura 13 – Óculos de armação Anaglyph

Referência Zeta Cast [3]

7.2.3 Óculos polarizados

O efeito estereoscópico pode ser criado com imagens polarizadas ortogonalmente, com filtragem para cada olho, sendo apresentadas simultaneamente ou sequencialmente. Os óculos empregam filtros polarizados ortogonalmente (linear ou circular) e restringem a luz que atinge cada olho, selecionando a imagem a ser vista. De todos os tipos de óculos estereoscópicos, o polarizado apresenta a menor resistência do público por ser semelhante aos óculos de sol.

A forma mais comum de exibição de imagem para esse tipo de dispositivo é a de imagem estereoscópica entrelaçada horizontalmente, linha a linha, com polarização ortogonal entre cada linha. Com isso, a resolução vertical acaba reduzida pela metade. Em decorrência, o display necessita ser mais brilhante do que o normal para compensar a perda de luz por efeito dos óculos escuros.



Figura 14 – Óculos polarizados

Referência Zeta Cast [3]

7.2.4 Óculos *Shutter* - LCD (Persiana temporal)

Este tipo de óculos é usado para fornecer uma filtragem temporal, ao criar um efeito estereoscópico decorrente de apresentar as imagens diferentes, para cada olho, em sequenciamento alternativo de quadro. A exibição alterna os pontos de vista, destinados para o olho esquerdo e direito, enquanto os óculos alternam o bloqueio da imagem em sincronização com a tela.

Os óculos normalmente são baseados em cristal líquido, que têm a propriedade de bloquear a passagem de luz quando está polarizado com uma tensão elétrica, e sem a qual se torna transparente. Ao contrário dos vidros coloridos ou óculos polarizados, estes dispositivos são ativos e requerem sincronização com o display através de um sistema de comunicação sem fio ou infravermelho. Por esta razão, estes óculos são mais caros do que os demais. O sistema XpanD é atualmente o líder mundial no fornecimento de sistemas de óculos para cinemas, e utiliza este tipo de tecnologia.

Este tipo de óculos pode ser aplicado junto a displays de TV, desde que a velocidade de atualização dos quadros seja rápida o suficiente para evitar que informações destinadas para um olho escape para o outro. Nos displays LCD esse tipo de problema é característico e, por isso, os painéis de plasma acabam por ser empregados junto com os óculos *Shutter*. Certamente, a taxa de atualização deve ser superior a 100 Hz a fim de evitar a percepção do *flicker* quando se utilizam os óculos. Embora a perda de luz seja baixa nas lentes dos óculos, que são ligeiramente escuras, o tempo de exibição é reduzido pela metade, por efeito obturador com cada lente bloqueando a imagem parte do tempo e, por isso, passa a exigir uma tela mais brilhante do que a normal. Quando exibe imagens 2D, as lentes permanecem despolarizadas, sem bloqueio, e dão normalidade a intensidade de luz. Ao se alternar imagens 3D e 2D resulta em efeito *flicker*.



Figura 15 – Óculos *Shutter* – LCD

Referência Zeta Cast [3]

7.3 Mercado

Os aparelhos de televisão 3D recentemente lançados se caracterizam predominantemente pelo uso de óculos especiais. Segundo a 3D TV Market Development Outlook [2], as principais tecnologias destes dispositivos de primeira geração são:

Este relatório só deve ser reproduzido por inteiro.

7.3.1 Active Time Division Multiplexing

- Continuous page flipping, que alterna imagens para o olho esquerdo e direito, separando-as para-a-par por ação de um sistema driver control que é compatível com as tecnologias XPAND de 120 Hz; Real 3D de 240 Hz e nVidia. Neste grupo, a Panasonic TV lançou o modelo PDP- Plasma Display Panel que emprega óculos XPAND. A Sony TV lançou modelos em Liquid Crystal Display - LCD de 120 Hz. A Samsung lançou modelos em Liquid Crystal Display - LCD de 240 Hz adotando o nVidia.
- Método de *checkerboard*: utiliza o sistema Digital Light Processing da Texas Instruments, onde as imagens do olho direito e esquerdo emergem separadamente e são exibidas alternadamente. Por exemplo, o modelo de TV Mitsubishi WD-60735, sugere a tendência de que essa tecnologia seja aplicada para displays de grandes dimensões, no caso 60 polegadas.
- 3D com sinais de sincronismo: tecnologia indicada para óculos Liquid Crystal Shutter – LCS que atua sincronizado ao obturador. Nesta categoria também de incluem alguns modelos de TV de projeção traseira fabricados pela Mitsubishi e Samsung.

7.3.2 Passive Polarization Division Multiplexing Technology

Esta tecnologia utiliza o sistema estereoscópico, com polarização das imagens esquerda e direita, distribuídas ao longo das linhas ímpares e pares da tela, por efeito de um filtro de luz polarizada que apresenta reversibilidade. As duas imagens são exibidas simultaneamente na tela e não apresentam cintilação.

Na polarização passiva, os óculos são bastante cômodos e leves, pois não necessitam de fonte de energia para atuarem em polarização circular ou ortogonal. As imagens esquerda e direita são exibidas simultaneamente.

A Hyundai e JVC TVs lançaram televisores em LCD adequadas ao uso dos óculos Xpol. Durante os Jogos Olímpicos de Pequim, em 2008. O grupo de televisão da LG já havia lançado seu modelo de TV 3D nesta mesma variável tecnológica.

7.4 Possíveis sistemas 3DTV

Neste estágio de desenvolvimento da 3DTV, talvez um dos aspectos mais difíceis de se elaborar é a compreensão de que se está saindo de fantasias futurísticas e, paulatinamente, caminhado para a realização tecnológica efetiva. Entendendo isso, torna-se mais fácil aceitar que os limites tecnológicos estão em modificação. A tecnologia não está completamente amadurecida, porém já surgem outras novas possibilidades de evolução. Somente uma primeira geração já está em exercício comercial.

Dentro desta compreensão, a ITU-R [1] efetuou uma previsão de evolução das tecnologias 3DTV, ilustrada na tabela a seguir. Organiza-se em uma matriz por ordem de desempenho, complexidade e relativo nível de compatibilidade com a televisão 2DTV convencional.

Tabela 14 – Matriz de compatibilidade ITU-R [1]

Nível de compatibilidade			
↓	Conventional HD Serviço Compatível CSC Nível 4	MVC = 2D HD + MVC (L e R por matriz) [1]	MVC = 2D HD + MVC (profundidade, oclusão, dados de transparência) [2]
	Frame HD Compatível - Compatível FCC Nível 3	Frame compatível + MPEG (extensão de resolução) [3]	
	Conventional HD Frame Compatível CFC Nível 2	Frame compatível (L e R no mesmo frame HD)	
	Conventional HD Display Compatível CDC Nível 1	Cores otimizadas (Anaglifo)	
		Perfil Plano-estereoscópico 1a. geração de 3DTV	Perfil Multiview 2a. geração de 3DTV
			Perfil objeto-onda 3a. geração de 3DTV
		Gerações →	

[1]MPEG-4 AVC Stereo High Profile - subconjunto do MPEG Multiview Video Coding (MVC),
 [2] a ISO / IEC JTC/SC29/WG11 pretende abordar esta forma de extensão para MVC
 [3] Anexo G da Recomendação ITU-T H.264.
 L e R = imagens para olho esquerdo e direito
 Frame = quadro
 Nota: As caixas vazias devem ser preenchidos com base em futuros trabalhos da ITU-R.

7.4.1 Primeira Geração

A tecnologia de primeira geração emprega displays com o princípio do plano-estereoscópico, em que duas imagens de uma mesma cena são capturadas a fim de serem disponibilizadas simultaneamente para a visualização seletiva - duas imagens e duas perspectivas - uma para o olho esquerdo e outra para o olho direito, tal como já foi explanado anteriormente.

Com a projeção do display, a seleção de imagem por olho é feita com o uso de óculos especiais, correspondentes à técnica aplicada:

- polarização da onda de luz
- distinção cromática, denominada anaglífica (anaglyph).

A primeira geração tecnológica corresponde ao que se tem obtido nas salas de cinema 3D, evidenciando as mesmas estratégias de disparidade binocular (paralaxe), porém sem o uso de telas reflexivas. Como no cinema, identificam-se incômodos e fadiga nos usuários, especialmente decorrentes de uso prolongado. Estas ocorrências sugerem a necessidade de se estabelecer cuidados na produção e na exibição, que devem ser distintos para os ambientes cinema e sala de TV.

Este relatório só deve ser reproduzido por inteiro.

Na primeira geração já se admite o uso de display auto-estereoscópico, que dispensa o uso de óculos especiais. Esse tipo de display ainda está em fase primária de desenvolvimento e apresenta custo e qualidade insuficientes à ampla comercialização. Até o momento, seu uso é mais recomendado para painéis de propaganda do que propriamente para o uso doméstico.

7.4.2 Segunda Geração

Na tecnologia da segunda geração, em franco desenvolvimento, o objetivo é exibir imagens com múltiplos pontos de vista, ou seja, múltiplas perspectivas. Essa tecnologia também é conhecida como Free Viewpoint Television - FTV. Para sua efetividade ainda é necessário obter-se o desenvolvimento de formas mais avançadas de visualização auto-estereoscópica, sem uso de óculos. Na geração de imagens, a adoção de sistemas de múltiplas câmeras impõe a operação síncrona, com vínculos entre todos os dispositivos utilizados. Segundo a ITU [2], nesta geração tecnológica deve-se admitir que os telespectadores definam seu ponto de vista preferido, permitindo que se movam em posição relativa ao display, continuamente dentro de uma faixa determinada pelo número de câmeras que foram empregadas na aquisição das imagens, como se o fizessem em posicionamento relativo à cena exibida.

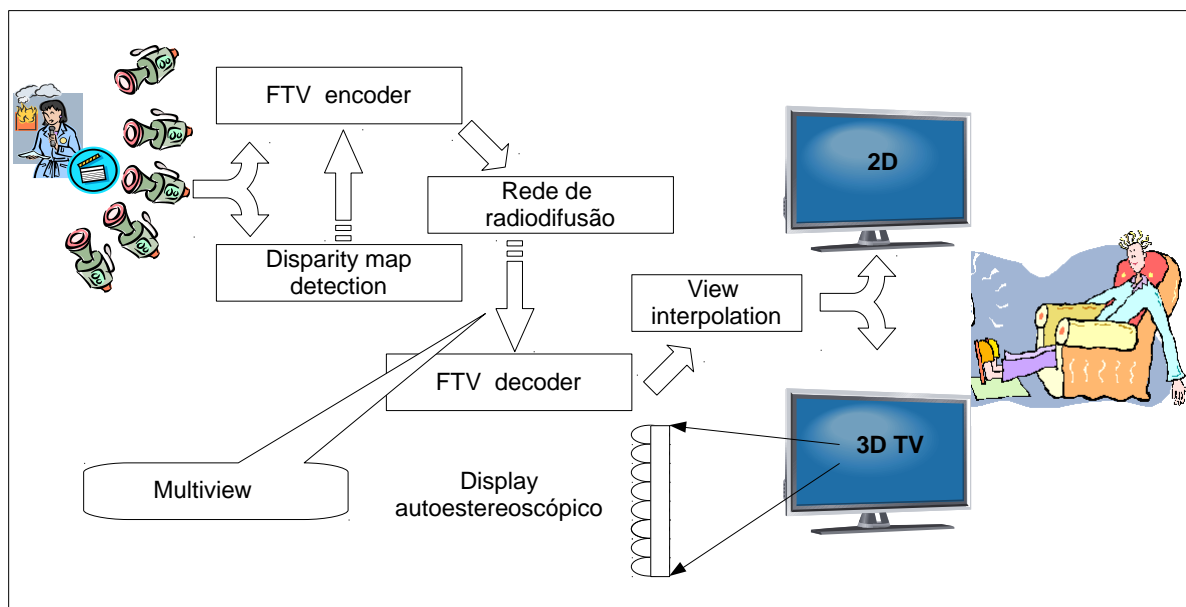


Figura 16 – Sistemas Multiview autostereoscópico- Multiview Profile – FTV [1]

7.4.3 Terceira Geração

A tecnologia de terceira geração é baseada na gravação e reprodução de imagens por meio de objeto-onda, também denominada holografia. Cada ponto de um objeto reflete uma onda de luz; se estas ondas forem reproduzidas artificialmente, podem estabelecer um campo de luz, com elementos de intensidade, frequência e fase, reconstituindo a cena real em três dimensões. A ITU-R [1] estima cerca de 20 anos até se atingir tal nível de evolução tecnológica.

7.5 Princípios de Compatibilidade

Segundo a ITU [1], as atuais propostas para os formatos de sinal 3DTV podem ser vistas como uma estrutura hierárquica, correspondendo a diferentes requisitos e restrições. As hierarquias são estabelecidas em níveis de compatibilidade e em geração tecnológica, que podem ser utilizadas na definição de recomendações.

No ímpeto de identificar futuras demandas de ocupação espectral e evolução paulatina, vislumbra-se no princípio de hierarquia, evidenciado na Tabela 2, tomada da elaboração da ITU [1] que cada caixa desta matriz define um tipo de sinal a ser transmitido, para o qual um tipo genérico de receptor corresponderia. Para a ITU, esse aspecto é similar ao aplicado nas normas ISO/IEC-JTC1 dos padrões MPEG. Ao que se pode inferir que, uma vez na mesma geração tecnológica, os níveis superiores devem ser compatíveis com os níveis mais baixos. Embora a Tabela 2 não esteja totalmente completa, pois não aconteceu toda a evolução tecnológica, na primeira geração a compatibilidade já deve ser objetivada.

Ainda que as diferentes tecnologias de visualização 3DTV expressem pontos fortes e fracos entre si, a hierarquização é independente do tipo de display. O desenvolvimento dos produtos deve manter a evolução das técnicas de exibição 3DTV, observando o “interesse público para a interoperabilidade, no esforço de manter a compatibilidade com os produtos mais antigos” ITU-R [1].

A hierarquia é estabelecida para se lidar com uma série de circunstâncias, nas quais os equipamentos de recepção já existentes – ao que se denominou legado – devem ser mantidos úteis e operando dentro de sua capacidade original, porém sem impedir a evolução dos sistemas. Conceito semelhante foi empregado na definição tecnológica da TV terrestre brasileira. Os novos televisores deveriam ser capazes de receber sinais digitais e analógicos. Para os receptores antigos, não houve alternativa, senão incorporar um novo equipamento adaptador para receber os novos sinais digitais – Set Top Box. Neste caso, a compatibilidade não se circunscreveu em uma mesma geração e nem sequer em níveis superiores. Houve o rompimento de geração tecnológica. Constatase que, de fato, a transição é um problema a ser resolvido.

7.6 3DTV - Considerações sobre a Visão de Radiodifusão

Na visão da Zeta Cast [2], ao vislumbrar as possibilidades de transmissão da 3DTV, projetando para sua fase plena, no ano de 2020, tem-se um foco nos meios de transmissão para visualização estereoscópica, utilizando alguma forma de óculos, confrontando-se com a transmissão 2D.

Admitem-se abordagens diferentes para a transmissão de um sinal de 3DTV, cada qual com suas próprias vantagens e desvantagens. Porém, decorrem requisitos, que são conflitantes, tais como:

- Qualidade técnica do conteúdo
 - versão estereoscópica
 - versão 2D
- Qualidade artística do conteúdo
 - versão estereoscópica
 - versão 2D
- Taxa mínima de bits
- Custo adicional mínimo para emissora
- Custo adicional mínimo para o consumidor
- Possibilidade de usar decoders existentes para o conteúdo estereoscópico
- Possibilidade de usar decoders existentes para conteúdo 2D
- Implementação imediata

- Solução amplamente apoiada por padrão internacional
- Interfaces para todos os displays estereoscópicos possíveis
- Suporte para exibição multiview

Sabe-se que é exigido um longo tempo para a transição e aceitação tecnológica. Ainda vive-se no Brasil o processo da última transição. Uma abordagem simples e direta seria transmitir conteúdo, completamente independente, com sinais distintos para receptores 2D e 3D. Essa possibilidade ofereceria liberdade na elaboração artística para aperfeiçoar conteúdos destinados a visualização em cada modo. Talvez isso implique em maior custo de produção ou de adaptação dos conteúdos. Certamente, impactará no reuso ou adaptação de conteúdos originalmente produzidos para o 2D, e em como tratar as questões de direitos autorais das produções já existentes, cuja distribuição encontra-se em estágios avançados, mas que necessitariam de novos acordos a fim de se autorizar sua adaptação para a estereoscopia.

No caso da radiodifusão terrestre, a sua capacidade de transmissão (bit/s), que é recurso escasso, torna-se crítica e demanda todos os artifícios que possam preservá-la. Em decorrência, poderá se lançar mão até mesmo da linguagem artística televisiva, e será necessário avaliar se é aceitável restringir a versão 2D pela técnica da filmagem 3D e vice-versa.

Ao se reduzir a frequência de cortes de cenas e se evitar a utilização de objetos 3D que se sobreponham na borda da tela, tais ações resultariam em preservação do bit-rate necessário na codificação da imagem estereoscópica. Estes são exemplos de que a discussão pode adentrar em áreas não técnicas.

7.7 Métodos de transmissão

Os métodos de transmissão são relevantes para se obter a distinção das transmissões 2D e 3D, impactando na compatibilidade. Como já explorado anteriormente, uma ideia seria apenas transmitir as imagens correspondentes aos pontos de vista do olho esquerdo e direito como fluxos completamente independentes. Outra opção é a transmissão do conteúdo 2D, complementado-o com metadados que contenham informações para formação da visualização 3D, preservando uma menor taxa de bits a ser utilizada. Todas estas considerações implicam nas providências concretas para se estabelecer a transmissão da TV estereoscópica a curto e médio prazo.

7.7.1 Transmissão independente de visão esquerda e direita

A maneira mais simples de transmissão do vídeo estereoscópico é a de emitir dois sinais totalmente independentes, porém sincronizados, em *streams* HDTV, um para a visualização do olho esquerdo e outro para a visualização do olho direito. Nessa técnica, não haveria ligação entre a codificação dos pontos de vista e, portanto, a taxa total de bits necessária seria o dobro de uma transmissão 2D/ HDTV, empregando a mesma resolução para cada olho.

Os dois pontos de vista transmitidos devem ser codificados de modo a ocupar um mesmo canal de transmissão e serem passíveis de sincronização por ação no receptor. No sistema ISDB-Tb, a infra-estrutura de transmissão HDTV pode transportar os dois sinais, desde que a taxa total de codificação, resultante da soma de ambos os sinais, esteja dentro do limite da transmissão que é decorrente dos parâmetros e configurações de modulação e robustez. Para preservar as características de modulação, pode ser necessário impor uma maior compressão na codificação que, em decorrência, implicará em perda de qualidade. Um telespectador que deseje a exibição 2D utilizará apenas o sinal de um dos pontos de vista. Um telespectador que desejar ver o conteúdo

estereoscópico necessitará de um decodificador de HDTV duplo, interligado em um arranjo específico para reconstituir a imagem 3D.

7.7.2 Transmissão *Temporally Interleaved Stereoscopic*

Essa variável emprega codificação do sinal estereoscópico alternando quadros a serem vistos sequencialmente pelo olho esquerdo e direito. O sinal pode ser codificado como se fosse um único 2D/HDTV convencional a 100Hz de taxa de atualização. A taxa de bits necessária é consideravelmente maior do que a de um sinal 2D/HDTV. A estimativa razoável seria de que o sinal estereoscópico exigiria cerca de 1,7 a 1,9 vezes a taxa de bits de um sinal de 2D/HDTV, com a mesma resolução. A infra-estrutura existente de transmissão da TV terrestre HDTV não está apta para levar este sinal, que exige uma taxa de quadros de 100 Hz, pois hoje na radiodifusão terrestre esse limite é de 60/1,001 Hz. Alguns displays atuais já admitem taxa de atualização de quadro superior a 100 Hz, mas não dispõem de acessórios para a sincronização da visualização com o emprego de óculos.

Porém, se a transmissão for viabilizada, para se visualizar o conteúdo 3D o usuário necessitará de um decodificador expansível para 100 Hz e um display com taxa de atualização de quadro, igual ou superior a 100 Hz, sincronizando as exibições com óculos Shutter.

7.7.3 Transmissão *Spatially Interleaved Stereoscopic*

Um meio alternativo para se transmitir o par de imagens para o olho esquerdo e direito dentro de um sinal de HDTV convencional é usar o interleaving espacial. Há uma variedade de técnicas diferentes em que os dados podem ser organizados para a exibição estereoscópica em um display capaz de exibição polarizada, para visualização com uso de óculos polarizados. Todas essas técnicas implicam na redução de 50% da resolução espacial.

Estes arranjos permitem que a infraestrutura existente para a transmissão 2D/HDTV, com canais de 6 MHz de banda, possa transportar o sinal 3DTV, mas com a desvantagem de que o formato de transmissão está ligado ao formato de exibição.

Uma estimativa razoável seria que tal sinal estereoscópico exigiria cerca de 1,7 a 1,9 vezes a taxa de bits de um sinal de 2D/HDTV com a mesma resolução.



Figura 17 – Padrões de polarização mais utilizados

Referência Zeta Cast [3]

7.7.4 Transmissão 2D + Delta (2D+D)

Nesta abordagem, considera-se a transmissão de um sinal mais uma diferença, a imagem para o olho esquerdo ou olho direito é escolhida como o vídeo 2D, que é codificado convencionalmente. Um telespectador que possua um decodificador 2D poderá ver o vídeo 2D normalmente. Em um decodificador estereoscópico, o sinal diferença é usado para modificar o vídeo 2D, a fim de recriar a imagem do outro olho. O sinal de saída deste

decodificador seria dirigido para um display full HDTV resolution stereo par, embora possa também ser transcodificado para os displays com exibição em formatos intercalados.

O sinal de diferença pode ser comprimido usando um codificador de vídeo padrão, por exemplo, MPEG-4 Stereo High Profile, ou então alguma outra forma de compressão de dados. A estimativa razoável seria que o total de taxa de bits estaria em torno de 1,4 a 1,8 vezes a do vídeo 2D, com a mesma resolução.

7.7.5 Transmissão 2D + profundidade (2D+Z)

Em uma abordagem 2D acrescida de metadados de profundidade a representação do vídeo convencional 2D é transmitida junto com um mapa de variações dos aspectos dimensionais em perspectiva. Um telespectador que tem apenas um decodificador 2D poderá ver o vídeo normalmente. Em um decodificador estereoscópico, o mapa de profundidade é usado para modificar a imagem 2D a fim de criar os pontos de vista do olho esquerdo e direito para o vídeo estereoscópico.

A vantagem desta abordagem 2D+Z é a possibilidade de se ajustar o grau de percepção de profundidade com as preferências, minimizando o efeito de fadiga do olho. A desvantagem do método é a dificuldade de se obter o mapa de profundidade com grande precisão, especialmente para eventos em tempo real, onde não se tem tempo para efetuar ajustes.

A estimativa razoável seria de que o sinal 2D + Z exigiria cerca de 1,2 a 1,6 vezes a taxa de bits de um sinal 2D/HDTV. A forma de abordagem 2D + Z é suportada pelos padrões MPEG, MPEG-C parte 3, que admite um mapa de profundidade a ser tratado como vídeo auxiliar, sendo comprimido por codificação de vídeo existente, por exemplo, H.264/AVC.

Na **Figura 18** pode-se ver o exemplo de uma sequência de vídeo em 2D e seu respectivo mapa de profundidade.



Figura 18 – Um quadro de vídeo e seu mapa de profundidade

Referência Zeta Cast [3]

7.7.6 Transmissão 2D + DOT

Esta abordagem é uma extensão da abordagem 2D+Z, adicionando a informação de oclusão e dados de transparência. Esta informação adicional adiciona suporte para a realização de multiview, com informações da cena a partir de inúmeros pontos de vista. O

multiview, em princípio, permite ao telespectador, com a decodificação adequada e dispositivo de exibição apto para tal, obter mais do que a experiência 3D, pois a cena tem o potencial de mudar quando o observador mover a cabeça de um lado para o outro, afim de mudar sua perspectiva da imagem.

As técnicas de compressão necessárias para suportar essa representação de dados, de forma eficiente, estão ainda em fase inicial de desenvolvimento. Assumindo que serão desenvolvidas com sucesso, a provável taxa total de bits necessários é cerca do dobro da taxa de bits de um sinal 2D. Mas a compressão de dados é apenas parte do problema, e é ainda mais difícil criar informações de profundidade exata, oclusão e transparência de dados em tempo real. Sem dúvida, essa é uma das alternativas para ocorrer mais próxima do ano 2020.

7.8 Considerações gerais sobre a transição 2D/3D

Na pesquisa de informações sobre as tecnologias 3DTV depara-se com um fenômeno já conhecido: defesa particularizada de soluções tecnológicas almejando-se predomínio no mercado. Em tal circunstância, é importante abstrair-se de tais ações. Para eleger as fontes de informações, necessariamente, a pesquisa se tornou muito mais restritiva, descartando fontes que seriam tendenciosas. Por isso, nesse trabalho, ocorre uma predominância de informações oriundas do Radiocommunication Study Groups da ITU, porque adotaram posicionamento mais abrangente, e menos comprometido com as particularidades e interesses.

Conforme afirma a ITU [2], neste momento não existe previsão de uma transição completa da televisão 2D para 3D. Entretanto, existe a necessidade de se avaliar a viabilidade de ocorrer a primeira geração de transmissão 3DTV. Para a ITU, a questão envolve outros aspectos, tal como a importância de se alinhar com outras pesquisas sobre os possíveis efeitos da tensão ocular nos espectadores e avaliar a existência de outras decorrências da visão estereoscópica no exercício de longos períodos de uso da televisão. A compreensão dos efeitos, no ser humano, do uso tecnológico não é algo a se negligenciar.

Outra afirmação diz respeito aos modelos de negócios que “não são os mesmos para as modalidades de televisão paga e aberta” (ITU) [2]. Há duas condições para se atender os telespectadores:

- O serviço 3DTV é entregue somente aos telespectadores que possuem displays 3D;
- O público principal continua a ser o de telespectadores com displays 2D, porém se deseja efetuar a transmissão de alguns programas em 3D, no mesmo canal e simultaneamente atendendo a todo o público.

Há dois métodos, não absolutos, capazes de satisfazer parte destas condições, avaliando a compatibilidade dos sistemas de primeira geração:

1. Método não compatível 2D

O serviço frame-based é aplicável exclusivamente para transmissões 3D. As imagens esquerda e direita, formadoras da visão estereoscópica, são colocadas em um mesmo frame HDTV. Devido a perda decorrente de se inserir duas imagens em um único frame, poderá exigir camadas adicionais a fim de se restaurar uma resolução mais elevada. Com essa técnica, os operadores de TV por assinatura, com possibilidade de estender os limites de banda na infra-estrutura existente, poderão fornecer conteúdos 3DTV, em pacotes Premium, para grupos exclusivos de assinantes, sem impactar os serviços que são entregues aos demais assinantes 2D. Entretanto, para os operadores de TV aberta, que dispõe de apenas um canal de transmissão, a abordagem baseada em quadros não é adequada, pois não permite manter o atendimento ao público geral com receptores 2D. O

método não compatível com o 2D exige que os telespectadores que desejarem receber as transmissões 3DTV utilizem receptores apropriados, substituindo obrigatoriamente os receptores 2D.

2. Método compatível 2D

Esta técnica aplica a transmissão de informações adicionais ao 2D a fim de permitir a reconstrução de imagens nos receptores 3D. Existem várias possibilidades para se efetivar isso, que podem exigir, inclusive, canais adicionais. Nas variações deste método admite-se a prática de simulcast; 2D + delta com metadados adicionais para representar as informações diferentes entre as imagens esquerda e direita; 2D + DOT, com dados adicionais para representar a oclusão, profundidade e transparência da informação e 2D + profundidade, adotando codificação capaz de transmitir multiview que exigem telas adequadas auto-estereoscópicas. Os receptores 2D ignoram as informações complementares e seguem como atualmente. Os receptores 3D processam as informações adicionais e as exibem com um display apropriado.

7.9 Casos

As estações de radiodifusão terrestre da Coreia, KBS, MBC -Munhwa Broadcasting Corp, SBS e EBS- Educational Broadcasting System iniciaram a avaliação da transmissão 3D em outubro de 2010, utilizando codificação de fluxo dual, com a imagem esquerda em MPEG-2 e imagem direita em AVC/H.264, em resolução de 1920 x 1080 i a 30 fps. As emissoras de TV por assinatura, a cabo, CJHelloVision, HCN e and Korea Digital Satellite Broadcasting, estão também participando da avaliação do serviço de radiodifusão 3D, conforme referências da 3D TV Market Development Outlook [1]. Em todos estes experimentos não se objetivou compatibilidade com o sistema 2D.

8 Histórico de versões deste documento

Data de emissão	Versão	Descrições das alterações realizadas
21/10/11	AA	Segunda Etapa do Estudo sobre a utilização do espectro de 700 MHz no mundo e no Brasil, abordando a evolução da TV aberta digital e a viabilidade do <i>refarming</i> do Dividendo Digital no Brasil.

9 Execução e aprovação

Executado por:
Rodrigo Alves Hodgson Marcus Aurélio Ribeiro Manhães José Manuel Martin Rios
Aprovado por:
_____ Fernando Basseto Gerente Gerência de Estratégia e Planejamento de Serviços e Soluções

Data da emissão: 21/10/11

Este é um documento preliminar, portanto contém informações e dados que poderão sofrer alterações até a entrega do documento final.

Este relatório só deve ser reproduzido por inteiro.