

## TESTES DE INTERFERÊNCIA DO SINAL LTE NA RECEPÇÃO DE TV DIGITAL NA FAIXA DE UHF

As preocupações com a interferência da LTE na TV digital operando em faixas adjacentes vêm crescendo nos últimos anos, com o desenvolvimento dos planos para o uso do dividendo digital pela banda larga móvel.

A SET vem estudando o tema e acompanhando os trabalhos em outros países e na UIT. Em 2013, trouxe para o Minicom e a Anatel uma rica interação com empresas e entidades reguladoras da França, Reino Unido, Japão, Austrália e Alemanha. Também promoveu dois seminários de grande profundidade técnica, que contaram com a participação do Ministério das Comunicações do Japão, do Minicom e da Anatel.

O presente documento é um resumo e análise dos testes de laboratório para a caracterização da convivência entre a TV Digital e os sistemas móveis LTE na faixa de 700 MHz encomendados pela SET, Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão, à Universidade Mackenzie, e realizados no período de sete meses em 2013. Esses testes são uma contribuição da SET para a sociedade e ao setor de radiodifusão de forma a contribuir para que as condições de convivência assegurem que não haverá interferência dos sistemas de banda larga móvel na televisão aberta digital.

Interferência é um fenômeno físico eletromagnético sempre presente no uso de faixas adjacentes por serviços distintos. Ela decorre de valores diferenciados de potência, de emissões fora da banda ou de espúrios e dependem das características dos serviços e dos seus respectivos equipamentos. A UIT define três tipos de interferência:

- 1- Permitida: níveis quantitativos definidos em sua regulamentação para fins de compartilhamento e coordenação;
- 2- Aceitável: níveis além dos limites da, permitida mas acordada entre dois ou mais países para fins de uma coordenação específica;
- 3- Prejudicial: aquela degrada, obstrui ou interrompe um serviço de radiocomunicação.

**A interferência prejudicial no caso da recepção de TV digital significa interrupção na recepção da programação, imagens congeladas ou tela negra.**

Nos testes da Mackenzie e neste documento entende-se como interferência sempre a interferência prejudicial.

**Nos testes da Universidade Mackenzie mediu-se os valores típicos de relações de proteção e limiar de saturação que definem a convivência entre os sistemas LTE e TV Digital em bandas adjacentes.**

Os valores de “relação de proteção” e de “limiar de saturação” obtidos são característicos do caso brasileiro, pois expressam a relação entre a base instalada de recepções ISDB-T e (i) o arranjo de frequências, (ii) a banda de guarda, (iii) os níveis de potência, (iv) a máscara de emissão e (v) demais especificações a serem observadas pelos sistema LTE conforme Resolução nº 625/2013 da ANATEL. Na medição desses valores, que definem as condições de convivência, a



caracterização dos receptores foi etapa essencial do trabalho, pois permitiu quantificar a degradação de desempenho de receptores típicos do mercado nacional em presença de sinais interferentes em banda adjacente.

**Esses resultados permitem concluir que as especificações LTE definidas pela Resolução nº 625/2013 da ANATEL não asseguram convivência livre de interferência e mostram, clara e efetivamente, a necessidade de definir técnicas de mitigação para evitar ou resolver os casos de interferência prejudicial oriundos das emissões LTE na TV Digital.**

As primeiras medidas de mitigação são a instalação de filtros nos receptores de TV Digital e nos transmissores das ERBs LTE. A instalação de filtro nos transmissores das ERBs tem o objetivo de reduzir tanto quanto possível as emissões interferentes. Em contrapartida, a instalação de filtros nos receptores de TVD visa aumentar a sua proteção contra as interferências.

Entretanto, a caracterização dos receptores e o amplo conjunto de ensaios de situações de convivência realizados pelo Mackenzie permitem afirmar que:

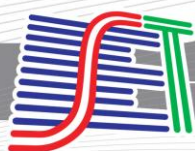
- Dados os valores de potência ERP LTE e valores de ACLR de uplink e downlink previstos na Resolução nº 625/2013 da ANATEL, a inclusão de filtros exclusivamente na ERB LTE não será suficiente para resolver os casos críticos de interferência;
- Dados os valores típicos de antenas e amplificadores característicos da recepção de TV Digital, a inclusão de filtros exclusivamente na recepção de TV não será suficiente para resolver os casos críticos de interferência.

Em casos críticos, a combinação do uso de filtros conjuntamente nos receptores de TV e nos transmissores das ERBs será necessária, **mas não suficiente**, demandando medidas de mitigação adicionais como (i) redução das potências de transmissão das ERBs, (ii) modificações na recepção de TV e, até mesmo, (iii) o aumento da banda de guarda.

**A redução de interferências prejudiciais que incluem alterações nos sistemas de recepção de TV são críticas, pois afetam o parque instalado.**

**Os recursos necessários a minimizar o impacto ao telespectador não se limitam ao desenvolvimento e a fabricação de filtros, mas incluem a disponibilidade de mão de obra treinada e habilitada a alterar significativamente o sistema de recepção incluindo (i) a troca de eletrônicos e amplificadores, (ii) inclusão de filtros, (iii) reapontamento e troca das antenas de recepção de TV, (iv) adequação de infraestrutura e cabeamento, e, finalmente, (v) a substituição de sistemas simples de recepção interna por sistemas complexos de recepção com antenas externas ou coletivas.**

A SET continuará estudando e medindo os parâmetros que caracterizam a convivência entre os sistemas de TV Digital e os sistemas de banda larga móvel. A íntegra do relatório e considerações adicionais da SET sobre os resultados dos testes realizados até o momento encontram-se em anexo.



## CONSIDERAÇÕES DA SET SOBRE OS TESTES DE INTERFERÊNCIA DO SINAL LTE NA RECEPÇÃO DE TV DIGITAL NA FAIXA DE UHF

### CONTEÚDO

1. **Introdução**
2. **Conceitos**
  - 2.1 **Tuner** ou sintonizador
  - 2.2 **Caracterização do receptor**
  - 2.3 **Seletividade do Canal Adjacente (ACS)**
  - 2.4 **Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR)**
  - 2.5 **Limiar de saturação (Oth)**
  - 2.6 **Relação de proteção**
3. **Estruturação dos testes**
  - 3.1 **Procedimentos e critérios de medidas**
  - 3.3 **Cenários de interferência**
  - 3.3 **Potência do sinal LTE**
4. **Resultados dos testes**
  - 4.1 **Tipos de interferência**
  - 4.2 **Relação de proteção**
  - 4.3 **Limiar de saturação**
5. **Convivência**
  - 5.1 **Relação de proteção requerida**
  - 5.2 **Relação de proteção medida x relação de proteção requerida**
  - 5.3 **Especificação de filtros para os receptores de DTV**
  - 5.4 **Atenuação de emissão fora de faixa para os terminais móveis e estações base LTE**
  - 5.5 **Mitigação de interferências**



## 1. Introdução

O relatório anexo foi produzido pela Universidade Mackenzie a pedido da SET após seis meses de teste, aplicação fidedigna da metodologia recomendada pela UIT e criteriosa análise de dados. Os ensaios permitiram verificar as relações de proteção e o limiar de saturação que caracterizam o limiar de interferência entre o 4G/LTE e o sistema de TV Digital.

O objetivo desse teste foi a determinação das relações de proteção e do limiar de saturação prático considerando as características do sistema de televisão digital terrestre brasileiro e os parâmetros estabelecidos na Resolução nº 625/2013 da ANATEL, tais como o arranjo de frequências, potência da ERB e do terminal de usuário e valores de emissões fora de faixa e espúrios.

Está fora do escopo dos trabalhos da SET e da Universidade Mackenzie, a caracterização da interferência ocasionada pelos sinais de TV nos terminais móveis e nas estações rádio base LTE e que também devem ser consideradas na análise dos cenários de convivência. No que tange à recepção de TV, os testes não incluem a análise da recepção móvel one-seg.

A presente análise assume por premissa, alinhada aos preceitos internacionais de convivência de serviços, que o início da operação da banda larga móvel na faixa de 700MHz não pode interferir nos sistemas de transmissão e recepção de TV digital existentes.

## 2. Conceitos

### 2.1 Tuner ou sintonizador

Atualmente estão disponíveis no mercado brasileiro receptores de TV digital com duas tecnologias diferentes de sintonizadores.

- “**Silicon tuners**” são sintonizadores em que todo processamento está implementado em um circuito integrado montado diretamente na placa principal do receptor.
- “**Can tuners**” são sintonizadores super-heteródinos clássicos, construídos com componentes discretos alojados em uma caixa metálica para minimizar interferências de sinais de RF externos.

### 2.2 Caracterização dos receptores

A **caracterização dos receptores** consiste de um conjunto de medidas para verificar o funcionamento do receptor e sua conformidade as Normas ABNT pertinentes englobando a aferição de mínimo e máximo nível de sinal e medida da relação de proteção co-canal e canal adjacente de sinais ISDB-T.

### 2.3 Seletividade de canal adjacente (ACS)

**Seletividade de canal adjacente (ACS)** é um índice relativo à capacidade do receptor de receber a energia do canal e rejeitar interferências provenientes de frequência adjacentes.



## 2.4 Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR)

O **Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR)** é uma medida de desempenho de um transmissor relacionada à capacidade de supressão de energia no canal adjacente. O ACLR é definido como a razão, em dB, da potência média do sinal gerado integrada na sua faixa designada, para a potência média de emissões no canal adjacente.

## 2.5 Limiar de saturação (Oth)

O **limiar de saturação (Oth)** é o máximo nível de potência interferente tolerado na entrada do receptor que ainda mantém estável a recepção de TV.

## 2.6 Relação de proteção

Nesse contexto, a **relação de proteção (PR)** é o valor mínimo da relação sinal desejado / interferente (D/I) necessário para manter a qualidade da recepção de TV, ou seja, esse representa a “habilidade” do receptor de se proteger de sinais interferentes.

A relação de proteção em um canal adjacente ( $PR(\Delta f)$ ) é uma função da relação de proteção co-canal ( $PR_0$ ), da seletividade de canal adjacente do receptor interferido ( $ACS$  – *Adjacent Channel Selectivity*) e da relação de emissões indesejáveis do transmissor interferente sobre o canal adjacente ( $ACLR$  – *Adjacent Channel Leakage Ratio*). Essa definição está contida no Apêndice 3 do Anexo 2 da Recomendação UIT-R BT.1368-10:

$$PR(\Delta f) = PR_0 + 10 \log \left( 10^{\frac{-ACS}{10}} + 10^{\frac{-ACLR}{10}} \right)$$

## 3. Estruturação dos testes

### 3.1 Procedimentos e critérios de medidas

Os resultados foram obtidos a partir de uma amostra contendo seis receptores representativos do mercado nacional, com *front-end* de *can-tuner* e de *silicon-tuner* e incluíram a avaliação de toda a faixa de UHF totalizando mais de 3000 medidas.

A avaliação incluiu testes de downlink LTE operando com três canais adjacentes de 15 MHz de ocupação, no modo “*Carrier Aggregation*”, ocupando a faixa de frequência de 758 a 803 MHz e carregamento de 100%. Nos testes de interferência do terminal móvel foi utilizado um canal de 15 MHz, ocupando a faixa de frequência de 703 a 718 MHz, no modo pulsado, com carregamento de 10%.

Todos os sinais foram simulados a partir de um gerador de sinal LTE que possui desempenho em termos de emissões fora de faixa e ACLR muito superior ao previsto na Resolução nº 625/2013 da ANATEL exigindo uma etapa de compensação dos resultados para refletir os parâmetros especificados pela ANATEL.

Como critério de falha do sinal de TV foi utilizado o método de limiar de percepção previsto na recomendação ITU-R BT.1368, que corresponde à qualidade de imagem onde não mais de um erro é percebido durante um período de observação de sessenta segundos.



### 3.2 Cenários de interferência

A Universidade Mackenzie também analisa em seu relatório diversos casos de recepção do sinal de TV para diferentes configurações de instalação de antenas residenciais ou em edifícios. Estes cenários estão baseados no Relatório ITU-R BT.2247-2 (Parte B) substituindo-se os parâmetros de emissões LTE do Japão pelos especificados na Resolução nº 625/2013 da ANATEL.

A Tabela 1 apresenta os cinco que representam condições mais típicas de recepção no Brasil, dos 15 cenários para os sistemas de recepção ISDB-T descritos no Relatório citado acima.

**Tabela 1: Potência máxima do sinal LTE**

Sistemas de recepção de TV (470-698 MHz)	Distância entre antena TV e sistema LTE		Ganho do amplificador - perdas (dB)
	Terminal Móvel (m)	Estação Rádio Base (m)	
Residência com antena externa	22	214	0
Residência com antena externa e Booster			12
Residência com antena interna passiva	0,7	269	0
Residência com antena interna amplificada			25
Edifício com antena de TVD Coletiva, co-localizada com a antena do BS LTE	-	3	20

### 3.3 Potência do sinal LTE

O ponto de partida para a caracterização dos casos críticos de convivência e a especificação das medidas de mitigação é potência de sinal LTE presente na entrada de receptor de TV.

O nível de sinal LTE que chega ao receptor de TV é calculado a partir das características dos sistemas de transmissão e recepção envolvidos e da geometria de menor perda de acoplamento (MCL – *Minimum Coupling Loss*) entre a transmissão e a recepção.

As potências calculadas para o cenário brasileiro estão resumidos na Tabela 2:

**Tabela 2: Potência máxima do sinal LTE**

Sistemas de recepção de TV (470-698 MHz)	Potência máxima do sinal interferente (dBm)	
	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)	Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)
Residência com antena externa	-28,1	-8,2
Residência com antena externa e Booster	-12,1	7,8
Residência com antena interna passiva	-6,8	-30,4
Residência com antena interna amplificada	18,2	-5,4
Edifício com antena de TVD Coletiva, co-localizada com a antena do BS LTE	-	30,9



## 4. Resultados dos testes

### 4.1 Tipos de interferência

A introdução dos serviços 4G/LTE na porção alta da faixa de UHF tem impacto na recepção do sinal de TV Digital. A tecnologia do sintonizador “*can tuner*” ou “*silicon tuner*” implica em suscetibilidade diferente aos diversos tipos de interferência. Um resumo dos efeitos observados no laboratório está apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3: Caracterização da interferência na TV Digital**

Tipo de interferência	Sinal interferente	Canais de TV mais afetados
Frequência imagem	Estação rádio base LTE	47 a 51
	Terminal móvel (UE)	38 a 45
Frequência adjacente	Terminal móvel (UE)	46 a 51
Saturação	Ambos	14 a 51

Nos resultados do Mackenzie, analisando-se individualmente os receptores e os diferentes canais de UHF observa-se um efeito de batimento da frequência de FI muito significativo para os receptores com *front-end* “*can tuners*” que não é percebido para “*silicon tuners*”. Nos canais de 38 a 45, são afetados pela FI do *uplink* e os canais de 47 a 51 pela FI do *downlink*. Em ambos os casos, a degradação de desempenho é da ordem de 25 a 30 dB.

### 4.2 Relação de proteção

As relações de proteção medidas e seus valores corrigidos para o cenário de equipamentos reais atendendo às especificações da Resolução nº 625/2013 da ANATEL estão resumidas na Tabela 2, considerando a potência do sinal de TV Digital em -77dBm.

Os valores de seletividade do receptor de TV Digital para canal adjacente (ACS) e relação de proteção corrigida (PR') mostrados na Tabela 4 foram calculados conforme a definição contida no Apêndice 3 do Anexo 2 da Recomendação UIT-R BT.1368-10, apresentada anteriormente. Além disso, consideraram-se também os valores de ACLR previstos na Resolução nº 625/2013 da ANATEL e derivados das especificações 3GPP TS 136.101 e TS 136.104, respectivamente, de -49,2 dB para o terminal móvel e 64,2 dB para a estação rádio base LTE.

**Tabela 4: Relações de proteção e ACS**

Canal	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)			Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)		
	PR Medido (dB)	PR' Corrigido (dB)	ACS (dB)	PR Medido (dB)	PR' Corrigido (dB)	ACS (dB)
38 a 45	-50	-36	64	-55	-50	68
47 a 50	-49	-35	62	-38	-38	51
51	-41	-35	54	-37	-37	49
Demais canais UHF	-66	-36	79	-58	-51	70



### 4.3 Limiar de saturação

A relação de proteção se aplica aos casos em que a potência do sinal interferente é inferior ao nível de sinal correspondente ao limiar de saturação. Já o limiar de saturação é uma característica exclusivamente do receptor de TV Digital, não dependendo do ACLR do sinal interferente.

Os valores de limiar de saturação medidos pelo Mackenzie estão resumidos na Tabela 5.

**Tabela 5: Limiar de saturação (Oth)**

Limiar de saturação	Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)
Oth (dBm)	-6 a 0	-29 a 7

Os valores de saturação para sinais ISDB-T<sub>B</sub> nos receptores de TV Digital estão definidos na norma ABNT NBR 15604 (subseção 7.2.5) em -20 dBm. Entretanto, os valores medidos no Mackenzie são aproximadamente 15 dB melhores, ou seja, menos suscetíveis a interferência, do que os valores normatizados.

Porém, cabe destacar que um conversor digital de baixo custo que atenda fielmente a Norma Brasileira ABNT NBR 15604, sem margem de desempenho em relação ao especificado, será muito mais fortemente afetado pela interferência. Esse é um ponto de alerta, pois esses equipamentos estão usualmente instalados nas residências de menor poder aquisitivo e com maior interesse na recepção de TV aberta gratuita.

## 5. Convivência

### 5.1 Relação de proteção requerida

A partir dos níveis de potência interferente da Tabela 2 é possível calcular a relação de proteção requerida para assegurar a convivência. Assume-se que a potência recebida do sinal de TV Digital corresponda ao limiar de recepção definido na norma ABNT NBR 15.604, ou seja, -77 dBm, de modo a preservar a área de cobertura da estação de TV.

A relação sinal desejado / interferente derivada dos cenários da Universidade Mackenzie é apresentada na Tabela 6 a seguir:

**Tabela 6: Relação de proteção requerida**

Sistema de recepção de TV (470-698 MHz)	Relação de proteção requerida (dB)	
	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)	Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)
Residência com antena externa	-48,9	-68,8
Residência com antena externa e Booster	-64,9	-84,8
Residência com antena interna passiva	-70,2	-46,6
Residência com antena interna amplificada	-95,2	-71,6
Edifício com antena de TVD Coletiva, co-localizada com a antena do BS LTE	-	-107,9





## 5.2 Relação de proteção medida x relação de proteção requerida

Em todos os casos, a relação de proteção requerida para viabilizar a convivência indica a necessidade de redução das emissões fora de faixa, pois o nível de sinal LTE nos cenários analisados é superior ao valor de interferência aceitável, caracterizado pela relação de proteção medida em laboratório.

A fim de viabilizar as relações de proteção requeridas é necessário melhorar a seletividade de canal adjacente do receptor de TV interferido (ACS – *Adjacent Channel Selectivity*) e reduzir as emissões indesejáveis do transmissor interferente sobre o canal adjacente (ACLR – *Adjacent Channel Leakage Ratio*) preferencialmente através de filtros adicionais. Para calcular os valores de ACS e ACLR requeridos aplica-se novamente a definição contida no Apêndice 3 do Anexo 2 da Recomendação UIT-R BT.1368-10.

Tendo em conta que as relações de proteção **co-canal** medida pela Universidade Mackenzie são, respectivamente, 12,5 dB para estação rádio base e 13,5 dB para o terminal móvel, e supondo que o mesmo valor se aplica ao ACS e ao ACLR, os resultados são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7: Valor de ACS e ACLR requeridos para viabilizar a convivência**

Sistema de recepção de TV (470-698 MHz)	Valor de ACS e ACLR requerido (dB)	
	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)	Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)
Residência com antena externa	65,4	84,3
Residência com antena externa e Booster	81,4	100,3
Residência com antena interna passiva	86,7	62,1
Residência com antena interna amplificada	111,7	87,1
Edifício com antena de TVD Coletiva, co-localizada com a antena do BS LTE	-	123,4

Note-se que, embora os valores de ACS e ACLR não precisem ser necessariamente iguais, o valor mínimo de ACS, que pode ser calculado supondo ACLR infinito (transmissor ideal), e o valor mínimo de ACLR, que pode ser calculado supondo ACS infinito (receptor ideal), serão apenas 3 dB inferiores aos valores da Tabela 6.

Esse resultado é muito relevante, pois uma pequena redução no requisito de desempenho nas emissões LTE tanto da estação rádio base quanto do terminal móvel, acarreta em um grande aumento no requisito de filtragem na entrada dos televisores, podendo tornar inviável técnica ou economicamente a construção dos mesmos.

## 5.3 Especificação de filtros para os receptores de DTV

Considerando inicialmente a demanda de especificação de filtros para viabilizar a convivência para cada cenário analisado sem nenhuma outra alteração nos sistemas de recepção do telespectador e.



Os valores de ACS e ACLR requeridos definem a melhoria requerida em relação à seletividade dos receptores de TV Digital e às emissões indesejáveis das Estações Rádio Base e Terminais Móveis LTE.

O valor de ACS de referência, que representa o desempenho da atual base de televisores, está definido a partir dos valores medidos pela Universidade Mackenzie conforme Tabela 8.

**Tabela 8: Valores de ACS de referência representativo dos televisores**

Sistema de recepção de TV (470-698 MHz)	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)	Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)
PR medido para canal 51 (dB)	-41	-37
ACLR do setup Mackenzie (dB)	98	100
ACS calculado (dB)	54	49

O valor do ACS pode ser melhorado com a utilização de um filtro na recepção de TV. A Tabela 9 indica a atenuação requerida do filtro para os receptores de TV Digital na banda de guarda prevista, para rejeição de interferência e manutenção da qualidade de recepção de TV Digital em cada um dos tipos de recepção considerados pela Universidade Mackenzie.

**Tabela 9: Atenuação exigida do filtro para os receptores de TV Digital para os casos de uso considerados**

Sistema de recepção de TV (470-698 MHz)	Atenuação do filtro em 5 MHz (dB)	Atenuação do filtro em 60MHz (dB)
	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)	Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)
Residência com antena externa	11	35
Residência com antena externa e Booster	27	51
Residência com antena interna passiva	32	13
Residência com antena interna amplificada	57	38
Edifício com antena de TVD Coletiva, co-localizada com a antena do BS LTE	-	74

Idealmente, a atenuação provocada pela inserção do filtro de recepção de TV sobre a faixa de 470-698 MHz deve ser limitada a 1 dB de forma a não degradar de forma significativa a cobertura de TV. Note-se que, no caso de sistemas de recepção amplificados, tal filtro deveria ser inserido antes da amplificação do sinal da antena, implicando, portanto na substituição das antenas de recepção com amplificação integrada.

Como contra medida adicional em sistemas de TV pode-se considerar a adição de um filtro antes do amplificador para evitar sua saturação, e adicionar mais um filtro entre o amplificador e o receptor de TV.



#### 5.4 Atenuação de emissão fora de faixa para os terminais móveis e estações base LTE

Por outro lado, o valor de ACLR de referência dos sistemas LTE está definido na Resolução N° 625/2013 da ANATEL conforme Tabela 10.

**Tabela 10: Valores de ACLR de referência definido na resolução N° 625/2013 da ANATEL**

Sistema de recepção de TV (470-698 MHz)	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)	Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)
Potência máxima (dBm)	23	46
Emissões indesejáveis (dBm/6 MHz)	-26	-18
ACLR da resolução (dB)	49	64

A Tabela 11 indica a atenuação requerida das emissões indesejáveis dos sinais LTE, OOBE - *Out of Band Emission*, para melhoria do ACLR necessária à manutenção da qualidade de recepção de TV Digital.

**Tabela 11: Atenuação exigida nas emissões indesejáveis dos transmissores LTE para os casos de uso considerados**

Sistema de recepção de TV (470-698 MHz)	Atenuação OOBE em 5 MHz (dB)	Atenuação OOBE em 60MHz (dB)
	Terminal Móvel LTE (703-748 MHz)	Estação Rádio Base LTE (758-803 MHz)
Residência com antena externa	16	20
Residência com antena externa e Booster	32	36
Residência com antena interna passiva	37	0
Residência com antena interna amplificada	62	23
Edifício com antena de TVD Coletiva, co-localizada com a antena do BS LTE	-	59

#### 5.5 Mitigação de interferências

A introdução de filtros como técnica de mitigação de interferência busca reduzir as emissões fora de banda melhorando o desempenho dos respectivos sistemas de transmissão e de recepção. Note-se que, como a relação de proteção depende simultaneamente dos valores de ACS e ACLR, as filtragens definidas nas subseções 5.4 e 5.5 são complementares e devem ser aplicadas simultaneamente para viabilizar a convivência nos cenários considerados.

Nos casos críticos, além de filtros medidas de mitigação que reduzem a relação de proteção requerida e, portanto, reduzem também os requisitos de ACS e ACLR, devem ser também consideradas. As Tabelas 9 e 11 mostram que os casos mais graves de interferência são oriundos (i) das estações rádio base nas recepções com amplificação do sinal de televisão, especialmente antenas coletivas e (ii) dos terminais móveis LTE nos sistemas de recepção interna de TV digital.



### 5.6.1 Estação base LTE x recepções com amplificação do sinal de televisão

A especificação de filtros para permitir a convivência dos serviços considerados deve levar em conta o que é factível em tamanho e custo fabricação. Os estudos do Japão que constam da Parte B do Relatório ITU-R BT.2247 apresentam como limite prático de filtros para as TVs a atenuação máxima de 30 dB.

Embora a adição de filtros no receptor seja uma medida de mitigação necessária tem impacto negativo na recepção de TV, principalmente: (i) atenuação do sinal de TV em função da perda de inserção dos filtros e (ii) degradação da MER, *Modulation Error Ratio*, ou seja, da qualidade do sinal. Por estar no limite da faixa o canal 51 (692 a 698 MHz) é o mais afetado, devendo ser preservado pela especificação de filtros de recepção que assegurem seu uso para a radiodifusão sem redução da cobertura.

Caso a filtragem das emissões fora de faixa, OOB da estação rádio base destacado em vermelho na Tabela 11 não sejam viáveis, técnicas adicionais de mitigação devem ser empregadas. Ao contrário da filtragem essas técnicas buscam reduzir os níveis de sinal LTE na entrada do receptor de TV através de intervenções nos respectivos sistemas irradiantes.

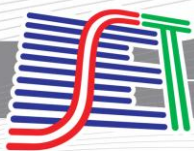
Para obter tal resultado pode-se alterar a posição, altura, diagrama e apontamento das antenas de transmissão LTE. Analogamente, podem ser aplicadas medidas similares nas residências afetadas. Entretanto, esse processo é mais custoso e demorado, pois implica em uma análise caso a caso do cenário de interferência podendo envolver troca de antenas ou substituição de todo o sistema de recepção.

Um recurso adicional de efeito similar é a redução de potência do sinal de banda larga móvel e o aumento da potência de transmissão de TV digital. Como a convivência sem interferência prejudicial depende da relação entre a potência do sinal de TV e do sinal de banda larga móvel, nos locais com sinal de TV fraco, o limite tolerável de interferência também é menor.

### 5.6.2 Terminal móvel LTE x Recepção com antena interna

A interação entre o terminal móvel e a recepção de televisão baseada em antena interna representa um desafio à convivência. Os resultados das relações de proteção medidos pela Universidade Mackenzie, bem como as especificações de filtros e emissões fora de faixa calculadas pela SET mostram que não é possível estabelecer um ambiente livre de interferência prejudicial dentro de residências que dependem de antena interna amplificada para a recepção do sinal de televisão. O nível de sinal do terminal LTE varia de acordo com diversos fatores e, especialmente, em função da potência do sinal recebido da estação radio base podendo impactar de forma dinâmica a recepção do sinal de TV.

Por outro lado, os estudos apresentados pelo Japão a comissão de estudos 6, SG6, da ITU-R a obtenção de filtros com mais de 10 dB de atenuação em 703MHz, ou seja, na banda de guarda de 5MHz, não é prático. Assim, uma alternativa possível é uma revisão completa do sistema de recepção, eliminando a recepção de antena interna, e transformando-a em recepção externa nas residências ou antena coletiva nos edifícios afetados, sabendo de antemão que isso é complexo e custoso, pois demanda um estudo especializado caso-a-caso, além da preparação de uma infraestrutura e cabeamento muitas vezes inexistente.



De maneira complementar é necessário endereçar também a redução de ACLR dos terminais LTE. Recentemente a CEPT decidiu limitar as emissões fora de faixa dos terminais de usuário entre -40 e -46 dBm/8MHz para canais IMT de 10MHz, com o uplink iniciando em 703MHz. Discussões adicionais sobre o impacto em custo e desempenho de limitar as emissões fora de faixa dos terminais de usuário a luz das atividades de pesquisa e desenvolvimento em andamento será objeto de discussão na próxima reunião da CEPT sobre o tema, prevista para o final de abril.

Porém, reconhecendo que existe um limite de desempenho factível para o terminal, propõe-se também o aumento da banda de guarda, a qual permite reduzir a potência de sinal interferente em frequências abaixo de 698 MHz e melhorar a viabilidade técnica e comercial de filtros para os televisores com a rejeição necessária.