



INFORME Nº 502/2020/ORER/SOR

PROCESSO Nº 53500.026313/2020-75**INTERESSADO: PRESTADORAS DE SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES****1. ASSUNTO**

1.1. Requisitos técnicos e operacionais de faixas de radiofrequências para o serviço fixo acima de 2GHz.

2. REFERÊNCIAS

- 2.1. Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, que aprova a Lei Geral de Telecomunicações (LGT);
- 2.2. Resolução nº 723, de 10 de março de 2020, que aprova as destinações e as condições de uso das faixas de radiofrequências associadas ao Serviço Fixo;
- 2.3. Resolução nº 671, de 3 de novembro de 2016, que aprova o Regulamento de Uso do Espectro (RUE);
- 2.4. *Report ITU-R F.2323-1: Fixed service use and future trends;*
- 2.5. Recomendação ITU-R F.758: *System parameters and considerations in the development of criteria for sharing or compatibility between digital fixed wireless systems in the fixed service and systems in other services and other sources of interference ;*
- 2.6. Recomendação ITU-R F.2086: *Deployment scenarios for point-to-point systems in the fixed service;*
- 2.7. Recomendação ITU-R F.1098: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems in the 1 900-2 300 MHz band;*
- 2.8. Recomendação ITU-R F.382: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 2 and 4 GHz bands;*
- 2.9. Recomendação ITU-R F.1099: *Radio-frequency channel arrangements for high- and medium-capacity digital fixed wireless systems in the upper 4 GHz (4 400-5 000 MHz) band;*
- 2.10. Recomendação ITU-R F.383: *Radio-frequency channel arrangements for high-capacity fixed wireless systems operating in the lower 6 GHz (5 925 to 6 425 MHz) band;*
- 2.11. Recomendação ITU-R F.384: *Radio-frequency channel arrangements for medium- and high- capacity digital fixed wireless systems operating in the the 6 425-7 125 MHz band;*
- 2.12. Recomendação ITU-R F.385: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 7 110-7 900 MHz band;*
- 2.13. Recomendação ITU-R F.386: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 8 GHz (7 725 to 8 500 MHz) band;*
- 2.14. Recomendação ITU-R F.747: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless system operating in the 10.0-10.68 GHz band;*
- 2.15. Recomendação ITU-R F.387: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 10.7-11.7 GHz band;*
- 2.16. Recomendação ITU-R F.497: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 13 GHz (12.75-13.25 GHz) frequency band;*
- 2.17. Recomendação ITU-R F.636: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 14.4-15.35 GHz band;*
- 2.18. Recomendação ITU-R F.595: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 17.7-19.7 GHz frequency band;*
- 2.19. Recomendação ITU-R F.637: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 21.2-23.6 GHz band;*
- 2.20. Recomendação ITU-R F.748: *Radio-frequency arrangements for systems of the fixed service operating in the 25, 26 and 28 GHz bands;*
- 2.21. Recomendação ITU-R F.1520: *Radio-frequency arrangements for systems in the fixed service operating in the band 31.8-33.4 GHz;*
- 2.22. Recomendação ITU-R F.749: *Radio-frequency arrangements for systems of the fixed service operating in sub-bands in the 36-40.5 GHz band;*
- 2.23. Recomendação ITU-R F.1497: *Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the band 55.78-66 GHz;*
- 2.24. Recomendação ITU-R F.2006: *Radio-frequency channel and block arrangements for fixed wireless systems operating in the 71-76 and 81-86 GHz bands;*
- 2.25. Recomendação ITU-R F.2004: *Radio-frequency channel arrangements for fixed service systems operating in the 92-95 GHz range;*
- 2.26. Recomendação ITU-R P.525: *Calculation of free-space attenuation;*
- 2.27. Recomendação ITU-R P.526: *Propagation by diffraction;*
- 2.28. Recomendação ITU-R P.1546: *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 4 000 MHz;*
- 2.29. Recomendação ITU-R P.530: *Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems;*
- 2.30. Recomendação ITU-R P.838: *Specific attenuation model for rain for use in prediction methods;*
- 2.31. Recomendação ITU-R PN.837: *Characteristics of precipitation for propagation modelling;*
- 2.32. ETSI EN 302 217-2 V3.2.0 (2019-03): *Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas; Part 2: Digital systems operating in frequency bands from 1 GHz to 86 GHz; Harmonised Standard for access to radio spectrum;*
- 2.33. Recomendação ITU-R SF.765: *Intersection of radio-relay antenna beams with orbits used by space stations in the fixed-satellite service;*
- 2.34. Recomendação ITU-R SM.1540: *Unwanted emissions in the out-of-band domain falling into adjacent allocated bands;*
- 2.35. Recomendação ITU-R SM.1541: *Unwanted emissions in the out-of-band domain; e,*
- 2.36. Recomendação ITU-R SM.329: *Unwanted emissions in the spurious domain.*

3. ANÁLISE**INTRODUÇÃO**

3.1. O artigo 4º da Resolução nº 723, de 10 de março de 2020, estabelece que "Os requisitos técnicos e operacionais, incluindo canalização, limites de potência, distância mínima de enlace, quando aplicável, e demais especificações técnicas complementares das faixas de radiofrequências objetos desta Resolução, serão estabelecidos por Ato da Superintendência responsável pela administração do uso do espectro de radiofrequências." Assim, este Informe tem por objetivo apresentar proposta de Ato contendo as condições de uso das faixas abrangidas pela Resolução nº 723, de 10 de março de 2020.

3.2. Como referência para a elaboração do trabalho, serão utilizadas as recomendações da série F da União Internacional de Telecomunicações (*International Telecommunications Union*) - UIT, que tratam do serviço fixo e estabelecem, entre outras coisas, o arranjo de canais.

3.3. A figura abaixo mostra a tendência no uso de faixas de frequência pelo serviço fixo, onde são observados, também, os anos de aprovação das Recomendações ITU-R da série F, sobre arranjos de frequência. Em 2012, as Recomendações ITU-R da série F para arranjos de canais e blocos de radiofrequências foram aprovadas para as faixas 71-76 GHz e 81-86 GHz (Recomendação ITU-R F.2006) e para a faixa 92-95 GHz (Recomendação ITU-R F.2004).

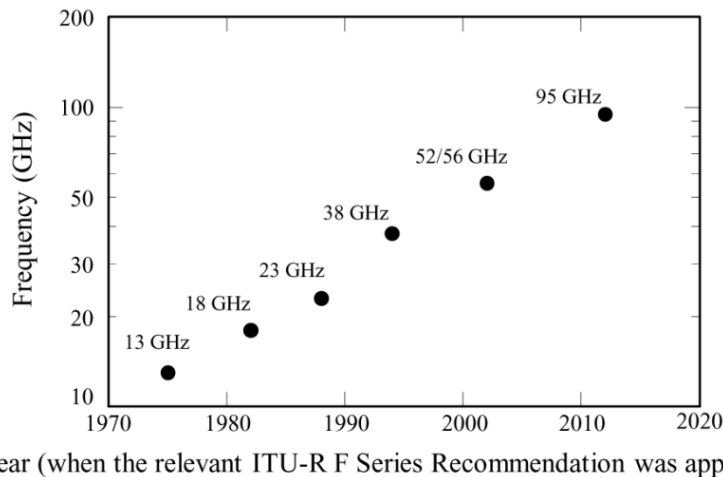


Figura 1 – Faixa de frequência e ano de aprovação das Recomendações ITU-R da série F (Rep. ITU-R F.2323-1)

3.4. Essa tendência indica que estudos feitos pela UIT-R em faixas de frequências acima de 100 GHz, provavelmente serão brevemente necessários. As denominadas Banda W (92 a 114,5 GHz) e Banda D (130 a 174,8 GHz) ainda não estavam destinadas ao serviço fixo e receberam essa destinação na Resolução 723/2020, já em antecipação a essa tendência.

3.5. Outro fator interessante a ser observado é a evolução das larguras de faixas utilizadas pelas canalizações, fato compatível com o crescente aumento das taxas de transmissão necessárias para o *backhaul* de sistemas contemporâneos. A figura abaixo, também extraída do *Report* ITU-R F.2323-1, mostra a tendência da largura de faixa do serviço fixo e o respectivo ano de aprovação das Recomendações ITU-R da série F, sobre arranjos de frequência de RF. Antes de 2002, o máximo de largura de faixa por canal e largura de faixa total em 18 GHz foram de 220 MHz e de 2000 MHz, respectivamente. Em 2012, a Recomendação da série F para arranjos de canais e blocos de radiofrequência nas faixas 71-76 GHz e 81-86 GHz (Recomendação ITU-R F.2006) fornece uma largura de faixa por canal de até 5 GHz, permitindo a transmissão de dados de até 10 Gbit/s. A distância máxima de transmissão dos enlaces nas faixas 71-76 GHz e 81-86 GHz é de apenas alguns quilômetros (dependendo da largura de faixa do canal, intensidade da chuva, modulação, etc). Assim sendo, espera-se que a eficiência da reutilização de frequências seja muito elevada no caso de enlaces em 71 a 76 GHz e 81 a 86 GHz.

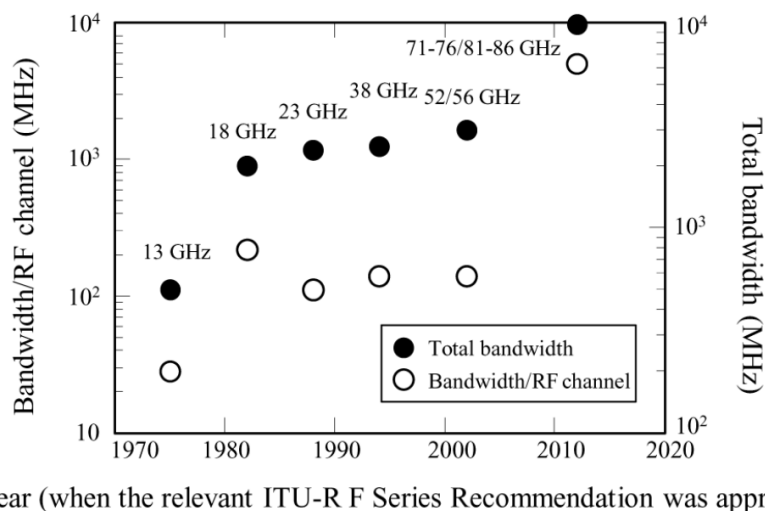


Figura 2 – Largura de banda por canal e largura de banda total / ano de aprovação das Recomendações ITU-R da série F (Rep. ITU-R F.2323-1)

ARRANJO DE CANAIS

3.6. No que diz respeito ao arranjo de canais, a ideia proposta na minuta de Ato anexa é preservar a canalização das normas atuais e também incorporar novos arranjos de canais propostos nas recomendações de série F da UIT-R, por se tratar de referência internacional seguida pela indústria, operadoras, etc.

3.7. Os arranjos de canais previstos nas recomendações da série F da UIT-R, tomam sempre como base a divisão das faixas em padrões homogêneos, com *slots* elementares que podem ser utilizados de forma agregada. Na normatização brasileira também se observa a divisão das faixas em padrões homogêneos, variando a forma como é tratada a canalização: em algumas normas os canais são fixados e em outras são definidos *slots* elementares que podem ser utilizados de forma agregada. Na proposta de Ato anexa, optou-se pela definição de *slots* elementares que estavam previstos nos instrumentos normativos substituídos pela Resolução nº 723, de 10 de março de 2020, permitindo que possam ser utilizados de forma agregada, ficando aderente às recomendações de série F da UIT-R, além de preservar as configurações atuais de canalização. Para as faixas ainda não canalizadas por normas Brasileiras, optou-se pela adoção da canalização prevista pela respectiva recomendação da série F da UIT-R, conforme Tabela 1, abaixo, definindo o principal slot elementar com utilização de forma agregada.

3.8. O termo "*slot* elementar" pode se referir tanto a um canal (portadora pre-fixada) quanto a um bloco de radiofrequência. Conforme já mencionado em outras partes do presente processo (Informe 115 SEI nº 3258786), não existe uniformidade nos instrumentos normativos substituídos pela Resolução nº 723, de 10 de março de 2020, considerando-se que em algumas normas optou-se pelo estabelecimento de tabelas com as portadoras dos canais de radiofrequências, enquanto em outras definiu-se uma regra (fórmula) de formação. Contudo a questão mais importante que emerge no momento, é que alguns dispositivos normativos definem portadoras e outros definem blocos de radiofrequência. Numa consulta na coleção de recomendações da série F (<https://www.itu.int/rec/R-REC-F/en>), observa-se que também não há uniformidade, existindo recomendações contendo o arranjo de canais (portadoras) e outras contendo o arranjo de blocos. Na proposta de Ato anexa, essa peculiaridade para cada faixa foi considerada.

3.9. Ao se pensar em parametrizar os arranjos de canais ou blocos, a primeira ideia seria simplesmente criar um documento cujos anexos trariam as tabelas ou regras de formação (fórmulas) para cada faixa, transpondo essas informações de cada instrumento normativo revogado para o Ato de condições de uso.

3.10. Contudo, há forma mais eficiente e concisa de fazê-lo, especificando apenas os parâmetros mínimos para definir toda a canalização a partir de um slot elementar. Parâmetros esses que são: Frequência da primeira portadora ou frequência inicial do primeiro bloco, Largura de Faixa de Canal/Bloco, Quantidade de Canais/Blocos e Espaçamento Duplex entre Canais/Blocos. Tal proposição se coaduna ainda aos parâmetros de entrada do sistema Mosaico ao se incluir uma nova canalização, conforme figura abaixo.

Figura 3 – Tela do sistema Mosaico para inclusão de novas canalizações

3.11. Das faixas objeto da Resolução 723/2020, faz-se mister um comparativo das especificações brasileiras com a respectiva recomendação da UIT, conforme tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Comparação das normas brasileiras com as recomendações ITU por faixa

Faixa(GHz)	Intervalo de Frequências	Referência ITU-R	Larguras de canal/bloco(MHz) ITU	Larguras de canal/bloco(MHz) Brasil
2	2.025 MHz a 2.110 MHz e 2.200 MHz a 2.300 MHz	F.1098	1,75; 3,5; 7; 10; 14 e 28	14
4	3.800 MHz a 4.200 MHz	F.382	29	29
5	4.400 MHz a 5.000 MHz	F.1099	20, 28, 40	40
6L	5.925 MHz a 6.425 MHz	F.383	5; 10; 20; 28; 29,65 e 40	29,65
6U	6.430 MHz a 7.110 MHz	F.384	3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 30 e 40	5, 10, 20, 30 e 40
7,5	7.425 MHz a 7.725 MHz	F.385	1,75; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28 e 56	3,5; 7; 14; 28
8	7.725 MHz a 7.975 MHz e 8.025 MHz a 8.275 MHz	F.386	1,25; 2,5; 5; 10; 20; 29,65; 30 e 40	29,65
8,5	8.275 MHz a 8.500 MHz	F.386	7, 14, 28 e 56	7, 14 e 28
10,5	10,15 GHz a 10,30 GHz e 10,50 GHz a 10,65 GHz	F.747	3,5; 7; 14 e 28	3,5 e 7
11	10,70 GHz a 11,70 GHz	F.387	5, 7, 10, 14, 20, 28, 40, 60 e 80	40
13	12,70 GHz a 13,25 GHz	F.497	3,5; 7; 14; 28 e 56	28 e 56
15	14,50 GHz a 15,35 GHz	F.636	2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 30; 40; 50 e 56	3,5; 7; 14; 28 e 56
18	17,70 GHz a 18,14 GHz, 18,58 GHz a 18,82 GHz, 18,92 GHz a 19,16 GHz e 19,26 GHz a 19,70 GHz	F.595	1,75; 3,5; 7; 7,5; 13,75; 27,5; 55; 110 e 220	5; 10; 13,5; 27,5 e 55
23	21,20 GHz a 23,6 GHz	F.637	2,5; 3,5; 5; 7; 7,5; 10; 10,5; 14; 15; 20; 28; 30; 40; 50; 56 e 112	3,5; 5; 7; 10; 10,5; 14; 20; 28; 40; 50 e 56
26	25,35 GHz a 27,9 GHz	F.748	3,5; 7; 14; 28; 40; 56; 60; 80; 112 e 120	75, 125
29	29,10 GHz a 29,25 GHz	F.748	3,5; 7; 14; 28; 40; 56; 60; 80; 112 e 120	75, 125
31	31 GHz a 31,30 GHz	-	-	75, 125
32	31,8 GHz a 33,4 GHz	F.1520	3,5; 7; 14; 28; 56; 112 e 168	-
38	37 GHz a 39,50 GHz	F.749	3,5; 7; 14; 28; 50; 56; 60; 100; 112 e 120	3,5; 7; 14; 28 e 56
47	47,2 GHz a 50,2 GHz	-	-	-
60	57 GHz a 66 GHz	F.1497	3,5; 7; 14; 28; 30; 50 e 56	-
80	71 GHz a 76 GHz e 81 GHz a 86 GHz	F.2006	125 e 250	62,5
90	92 GHz a 94 GHz e 94,1 GHz a 95 GHz	F.2004	50 e 100	-

3.12. Na tabela 1, as faixas constam agrupadas e há duas colunas com as larguras de canal/bloco, visando uma comparação das normas brasileiras com as recomendações da UIT.

3.13. Nas faixas cujas canalizações e condições de uso serão tratadas no presente instrumento normativo e que estão listadas na tabela 1, observa-se de maneira geral que as larguras de canal/bloco presentes na regulamentação Brasileira estão amparadas pela respectiva recomendação da série F da UIT-R.

3.14. Baseado numa análise comparativa das canalizações da tabela 1 e na regulamentação brasileira, foram identificadas algumas peculiaridades, cabendo as seguintes observações:

3.14.1. Para a faixa de 26 GHz (25,35 GHz a 27,9 GHz), deve ser observado que foi realizada a Consulta Pública nº 9, de 14 de fevereiro de 2020, encerrada em 17 de abril de 2020, sobre Edital de Licitação para a disponibilização de espectro de radiofrequências para a prestação de serviços de telecomunicações, inclusive por meio de redes ditas de quinta geração (5G), em áreas de abrangência regionais ou nacional. A minuta de edital submetida a Consulta Pública tem como um dos objetos Blocos de 200 MHz e 400MHz, entre 24,3 GHz e 27,5 GHz. Assim, optou-se por não estabelecer no momento a canalização e demais requisitos técnicos para aplicações ponto a ponto do serviço fixo.

3.14.2. Quanto a faixa de 29 GHz (29,1 GHz a 29,25 GHz) também optou-se por não estabelecer no momento a canalização e demais requisitos técnicos para aplicações ponto a ponto do serviço fixo, pois essa é uma faixa que seria utilizada pelo LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*), tecnologia de aplicação ponto-multiponto, que não foi implementada no Brasil. Assim, considerando que a faixa de 28,5 - 29,5 GHz possui atribuição para serviços Fixo e Móvel, e levando em conta que existe destinação no PDFF para "Todos os Serviços de Telecomunicações - observada a atribuição", então será proposto o uso dessa faixa para outras aplicações em outro Ato específico.

3.14.3. Para a faixa de 31 GHz não foi encontrada recomendações de série F da UIT-R contendo os arranjos de canais. Assim, na minuta de Ato anexa serão preservadas as configurações das normas brasileiras.

3.14.4. Para a faixa de 38 GHz a Resolução nº 374/2004 previa em sua canalização para sistemas ponto a ponto e ponto-multiponto. Contudo, na prática se observa que existem apenas sistemas ponto a ponto licenciados. Aliado a isso, a subfaixa 37 GHz a 43,5 GHz foi identificada para IMT na WRC-19. Assim, optou-se por não estabelecer, no momento, a canalização e demais requisitos técnicos para aplicações ponto a ponto para a faixa de 38GHz.

3.14.5. Para a faixa de 47 GHz não existem recomendações de série F da UIT-R com os arranjos de canais e nem há norma Brasileira. Além disso, a subfaixa 47,2 GHz a 48,2 GHz foi identificada para IMT na WRC-19. Assim, optou-se por não estabelecer, no momento, a canalização e demais requisitos técnicos para aplicações ponto a ponto do serviço fixo para essa faixa.

3.14.6. Para a faixa de 60 GHz (57 GHz a 66 GHz), existe recomendação da série F da UIT-R com os arranjos de canais, porém não existe ainda norma Brasileira. No Brasil temos dispositivos de radiação restrita previstos para operação entre 57 GHz e 64 GHz, conforme disposto na Resolução 680/2017, inclusive que permitem a utilização de enlaces ponto a ponto. Assim, optou-se por não estabelecer, no momento, a canalização e demais requisitos técnicos para aplicações do serviço fixo, tendo em vista a dificuldade de mitigação de interferências prejudiciais provenientes de dispositivos de radiação restrita.

3.14.7. Para as faixas 33 GHz e 90 GHz existem recomendações de série F da UIT-R com os arranjos de canais, porém não existe ainda norma Brasileira. Será adotado, assim, um slot elementar baseado na respectiva recomendação, permitindo a utilização de forma agregada.

3.15. Ainda com relação aos arranjos de canais, importante salientar que na minuta de Ato anexa, consta a especificação de que os canais ou blocos poderão ser utilizados de forma agregada (neste caso as portadoras devem estar centralizadas) e que podem ser autorizados sistemas que utilizem técnicas de duplexação por divisão na frequência (FDD) ou duplexação por divisão no tempo (TDD), esta última aplicável para sistemas ponto-multiponto. No caso do emprego de TDD por sistemas ponto-multiponto, quando for solicitado mais de um sentido de transmissão, serão consignados ambos os sentidos de transmissão do mesmo canal ou bloco, sucessivamente, até completar o número total de canais ou blocos a serem consignados. Medidas que visam dar flexibilidade (pela agregação) e manter o uso eficiente do espectro (uso dos sentidos de transmissão do mesmo canal ou bloco quando for utilizado TDD).

LIMITES DE POTÊNCIA

3.16. Na coleção de recomendações da série F, observa-se que as mesmas especificam os arranjos de canais mas sem abordar a questão dos limites de potência. As únicas referências encontradas nesse sentido no âmbito da UIT são as notas de rodapé do Regulamento de Rádio (*Radio Regulations*) e a Recomendação ITU-R F.758. A Recomendação ITU-R F.758 traz valores em seus anexos 2 e 3, contudo especifica que na maioria das faixas os parâmetros do sistemas mostrados não são representativos de qualquer sistema fixo real, e sim representam uma média ou uma faixa esperada de valores adequados para estudos de compartilhamento / compatibilidade.

3.17. Na minuta de Ato anexa optou-se por preservar os limites de potências constantes nos normativos substituídos pela Resolução nº 723, de 10 de março de 2020, visando afetar minimamente os sistemas em funcionamento. Estes valores foram adotados como referência para os cálculos para determinar a distância mínima, conforme seção a seguir. Todavia, a Consulta Pública poderá propor novos limites de potência superiores, que poderá ensejar a revisão desses valores.

DISTÂNCIA MÍNIMA DE ENLACES

3.18. A Anatel já possui regulamentação a respeito de distância mínima de enlaces, trata-se da Portaria nº 600, de 2 de julho de 2012. A Portaria teve como objetivo tratar situação específica, visando mitigar as interferências causadas por radioenlaces em sistemas de recepção de sinais de satélite na faixa de frequências de 10,7 GHz a 11,7 GHz (Banda Ku). Assim, foi estabelecida orientação técnica para uso de radiofrequências na faixa de 10,7 GHz a 11,7 GHz, fixando como valores de referência para implantação de radioenlaces ponto a ponto, por sistemas digitais terrestres, a **distância mínima de 12 km por enlace**.

3.19. A ideia de definição de distância mínimas de enlaces tem por base uma forma de incentivar o uso eficiente do espectro para porção nobre do espectro radioelétrico utilizados em enlaces ponto a ponto. Diversos países como: Reino Unido, Irlanda, Indonésia, Índia, Alemanha, Austrália, Nova Zelândia, Colômbia, Arábia Saudita, África do Sul, Míamar, etc adotam, há vários anos, esse tipo de critério para direcionar um bom uso das faixas de frequências de rádio ponto a ponto. Fazendo um Benchmark internacional, observa-se que na regulamentação de outros países diversas faixas utilizáveis por radioenlaces possuem especificação para distância mínima por enlace. A listagem abaixo contém alguns exemplos:

3.19.1. FCC: 47 CFR § 101.143 - Minimum path length requirements. (<https://www.law.cornell.edu/cfr/text/47/101.143>)

3.19.2. CEPT: ECC Report 173: Fixed Service in Europe Current use and future trends post 2016 (<https://www.ecodocdb.dk/download/Archive/6fd0de6b-f796/bab4810a-e978/ECCRep173.PDF>).

3.19.3. New Zealand: Radio Spectrum Management (<https://www.rsm.govt.nz/assets/Uploads/documents/pibs/3eadde74f8/radio-licence-certification-rules-pib-38.pdf>).

3.19.4. Colômbia: Ministerio De Tecnologías de LI Información y Las Comunicaciones (https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_mintic_2734_2019.htm).

3.19.5. Irlanda: Guidelines to Applicants for Point to Point Radio Link Licences (https://www.comreg.ie/media/dlm_uploads/2017/06/ComReg-0989R2.pdf).

3.20. No âmbito da UIT, a Recomendação ITU-R F.2086 traz informações a respeito da distância dos enlaces. A recomendação contém estatísticas dos países que contribuíram, são países com localização, tamanhos e topografias distintos. No tocante a distância de enlaces, a tabela abaixo ilustra os dados extraídos da citada Recomendação.

Tabela 2 – Média de distância de enlace (Km) vs frequência(GHz) da Recomendação ITU-R F.2086

	Band	Number of records	Median	Standard deviation
	(GHz)			
France	1.375-1.400/	1 614	20	16.8
	1.427-1.452			
Canada	2.025-2.110/	6 350	47	42
	2.200-2.285			
Canada	3.7-4.2	1 580	39	42
Canada	5.925-6.425	31 423	40	18
Canada	6.425-6.930	21 126	30	20
France	5.925-6.425	1 937	28	12.6
France	6.425-7.125	2 756	21.7	12.5
Poland	6	1 262	33.3	10.08
Poland	7	1 280	21.2	9.06
Canada	7.125-7.725	20 684	38	23
Canada	7.725-8.275	7 772	22	17

Japan	7.425-7.75	8 570	14.8	14.684
France	8.025-8.500	2 257	17.43	14.9
Poland	8	1 856	33.4	9.91
Canada	10.55-10.68	1 272	13	6.41
Canada	10.7-11.7	24 571	13	14
France	10.7-11.7	2 491	12.51	6.71
Japan	10.7-11.7	11 724	6.994	3.666
Poland	10	78	6.9	10.97
Poland	11	1 431	21.3	9.70
France	12.75-13.25	8 323	12.7	8.08
Poland	13	7 136	17.7	7.26
France	14.25-14.5	186	10.7	7.13
Canada	14.5-15.35	16 152	9	11
Japan	14.4-15.23	5 158	4.211	1.878
Poland	15	5 836	46.0	12.9
France	17.7-19.7	7 127	7.3	5.1
Canada	17.8-18.3/ 19.3-19.7	19 448	6	10
Japan	17.82-18.72	7 944	2.7	1.882
Poland	18	9 137	11.4	4.95
Canada	21.6-22.4/ 23.0-23.6	13 345	3	17.69
Japan	22.4-22.6/ 23.0-23.2	592	2.2	2.436
France	22.2-23.6	13 303	6.2	3.58
Poland	23	24 344	7.4	3.74
France	25.053-25.431/ 26.061-26.439	3 582	3.06	2.12
Poland	26	626	3.3	2.63
Poland	28	8	7.1	3.08
France	31.871-32.543/ 32.683-33.355	122	2.5	1.43
Poland	32	7 587	2.0	2.15
France	38	7 554	2.29	1.38
Poland	38	30 437	1.7	1.35
France	71-76/81-86	61	1.87	0.95
Poland	75	176	1.0	0.66

3.21. Com base em um levantamento feito a partir da base de dados de estações licenciadas da Anatel, constatou-se um total de 141.060 radioenlaces. A tabela abaixo ilustra o percentual de enlaces e suas respectivas distâncias por faixa de frequência.

Tabela 3 – Distribuição dos radioenlaces no Brasil por frequência (GHz) vs distância(Km).

	4, 5, 6	7, 8	11	15	18	23	38	80	
distâncias km	Frequência	Frequência	Frequência	Frequência	Frequência	Frequência	Frequência	Frequência	
1	103	215	16	482	1748	4214	1682	372	
2	138	355	91	960	4811	7378	1207	406	
4	327	1017	428	2847	8418	5183	671	31	
8	1382	5128	611	4581	4730	2588	33	9	
10	834	2798	127	1827	618	145	5	1	
15	2102	6547	476	3292	567	79	7	4	
20	2871	6138	296	1743	151	44	4	5	
25	3021	4920	121	765	50	17	2	0	
30	3301	4221	59	295	20	6	3	0	
35	3094	3496	45	60	22	13	3	0	
40	2881	2989	55	16	12	13	2	0	
45	2504	2206	13	13	5	8	0	2	
50	2288	1784	8	4	5	10	1	0	
55	1697	1174	15	10	6	7	1	1	
60	1390	898	4	7	5	2	2	0	
65	776	573	11	5	6	2	0	0	
Mais	1734	1037	8	136	164	146	29	18	
									total
Brasil	30443	45496	2384	17043	21338	19855	3652	849	141060

3.22. Os valores assinalados em vermelho são aqueles que mais se destoam das médias apresentadas na tabela 2 e também das referências internacionais citadas no parágrafo 3.19.

3.23. Levantamento feito na Base da Anatel apontam vários casos de uso de enlaces em distâncias curtas, na faixa de 4 a 6 GHz onde, por exemplo, quase 10 % do total dos enlaces tem menos de 11 km, conforme figura 4 abaixo. Tais enlaces poderiam ser feitos utilizando faixa de frequência superior demonstrando uma necessidade real de adoção do critério de distância mínima. Situação similar ocorre para outras faixas de frequência.

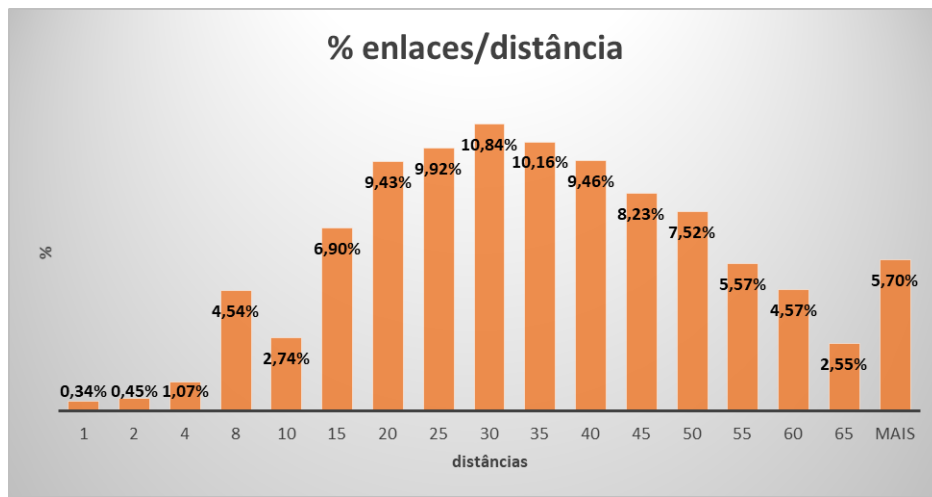


Figura 4 – distribuição dos enlaces entre as faixa de 4 a 6 GHz em função da distância.

3.24. Conforme consta dos autos do processo nº 53500.011462/2020-30, foi feita uma consulta via ofício aos principais players relacionados a radioenlaces ponto a ponto no Brasil. Não obstante ao fato de que a minuta de Ato anexa será submetida à Consulta Pública, a intenção dos ofícios era a coleta de informações prévias para subsidiar o trabalho de definição destas distâncias mínimas, harmonizadas, por faixa. Foram solicitadas informações técnicas detalhadas relacionadas aos equipamentos utilizados nos radioenlaces ponto a ponto acima de 2 GHz, contendo no mínimo:

- 3.24.1. Ganho mínimo, médio e máximo de antenas utilizadas, por faixa de frequências;
- 3.24.2. Potências típicas utilizadas e variação do ATPC (*Automatic Transmit Power Control*), por faixa de frequências;
- 3.24.3. Comprimento dos radioenlaces, por faixa de frequências;
- 3.24.4. Disponibilidade considerada no planejamento de radioenlaces (ex.: 99,9% para enlaces do tipo A, 99,999% para enlaces do tipo B).

3.25. Foram recebidas respostas de 5 empresas. Analisando os dados pontualmente foi possível identificar enlaces abaixo de 11GHz em distâncias muito curtas, sobretudo para 99,999% de disponibilidade, o que inclusive já havia sido identificado anteriormente pela análise da base de dados da Anatel (Tabela 3).

3.26. Para se ter uma visão estatística, as respostas foram reunidas em uma Tabela que consta como anexo a esse Informe (Documento SEI nº 5637948), sendo inserida restrição de acesso por conter Informações Operacionais de Empresa (Art. 39, parágrafo único da Lei nº 9.472/1997). Os valores apresentam uma noção ao órgão regulador sobre os enlaces que estão instalados em campo, servindo ainda como balizamento para que os valores a serem estabelecidos na minuta de Ato anexa não sejam excessivamente rigorosos.

3.27. Para calcular a distância em quilômetros que um radioenlace ponto a ponto pode cobrir, com níveis de qualidade adequados, nas diferentes faixas de frequência, é necessário levar em consideração os diferentes fenômenos radioelétricos que podem ocorrer.

3.28. Com o devido arcabouço teórico, é possível entender os diferentes fenômenos de propagação existentes em um radioenlace para estimar o valor da distância que pode ser alcançado e assim determinar as distâncias mínimas.

3.29. Fundamentalmente essas distâncias são calculadas com base nas perdas sofridas pelo sinal no caminho entre transmissor e receptor.

3.30. As perdas dependem do ambiente de propagação e usualmente os seguintes fatores são levados em consideração nos cálculos:

- 3.30.1. Atenuação em espaço livre: A recomendação ITU-R P.525 estabelece o modelo para calcular este tipo de atenuação.
- 3.30.2. Perfil de terreno: Algoritmos baseados nos métodos descritos na Recomendação ITU-R P.526, para a qual são necessárias informações topográficas
- 3.30.3. Deve se levar em consideração ainda as perdas por múltiplos percursos e atenuação por gotas de chuva (Recomendações ITU-R P.530 e ITU-R PN.837-1).

3.31. O cálculo de distância mínima tomou por base diversos parâmetros que têm efeito na disponibilidade devido à chuva nos sistemas rádio ponto a ponto, tais como: frequência de operação, largura de faixa, modulação, polarização, limiar de BER para a taxa de erro de bit de 10^{-6} , taxa de chuvas e ganho das antenas. A metodologia de cálculo utilizada foi baseada nas recomendações ITU-R P.530-17 e ITU-R P.838-3. As especificações de limiar de BER@ 10^{-6} para diferentes modulações e larguras de faixa ocupada foram retiradas do documento ETSI EN 302 217-2 V3.2.0 (2019-03). A máxima taxa de modulação considerada foi de 2048 QAM e largura de faixa de 56 MHz.

3.32. A taxa de chuva considerada, para o Brasil regiões P e N, está de acordo com a Recomendação ITU-R PN.837-1 região P com taxa de chuva de 145 mm/h, pois foi adotado o critério de pior caso.

3.33. Para frequências abaixo de 6 GHz o efeito da chuva é desprezível. Para frequências entre 6 GHz e 13 GHz foi feito o cálculo da distância levando em conta os diversos parâmetros elencados nos parágrafos acima. Considerando que atualmente existem soluções para radioenlaces que agregam 2 faixas de frequências distintas operando como um único enlace ponto a ponto, tipicamente na faixa de 15-23 GHz com a faixa de 70-80 GHz (E-band), enlaces com agregação de faixa, que maximizam a capacidade de transmissão, serão limitados em distância pela maior faixa de frequência, o que pode corresponder na prática a não se ter um limite mínimo de distância. Por isso que a partir de 15 GHz não foi definido distâncias mínimas para enlaces.

3.34. A potência de transmissão utilizada nos cálculos foi de a máxima potência na saída do transmissor prevista na minuta de Ato anexa, conforme a faixa. Conforme mencionado na seção anterior, esses valores de máxima potência na saída do transmissor foram preservados dos normativos substituídos pela Resolução nº 723, de 10 de março de 2020. Para as antenas foram utilizados os valores máximos de ganhos informados pelas empresas consultadas nos autos do processo nº 53500.011462/2020-30, conforme a faixa.

3.35. Feitas estas considerações, o resultado dos cálculos consta em anexo ao presente informe (SEI nº 5637954). A planilha fornece a disponibilidade a medida que se varia largura de faixa(BW), limiar de BER@10⁻⁶(dBm) e modulação, assim obtém-se as disponibilidades conforme as características do enlace. A pergunta que emerge ao examinar essa questão é sobre a adoção de um valor único para a distância mínima de enlaces ou um valor variável dependendo das características do enlace.

3.36. Sob o ponto de vista prático (controle via sistema no licenciamento) traria muitas dificuldades para o controle por parte da Anatel. Observa-se também a adoção de valores únicos nas referências internacionais acima citadas.

3.37. Além disso, os sistemas contemporâneos possuem ATPC (*Automatic Transmit Power Control*) e ACM (*Automatic Coding and Modulation*), fatores que permitem manter o mesmo nível de BER quando as condições de atenuação no enlace se modificam (gotículas de chuva, interferência, etc).

3.38. Os sistemas com ATPC e ACM variam dinamicamente a modulação e potência, de maneira a maximizar o rendimento conforme as condições de propagação. Em outras palavras, um sistema pode operar com *throughput* máximo em condições de céu limpo e diminuí-lo gradualmente conforme as

condições de atenuação no enlace se modificam (gotículas de chuva, interferência, etc). Por exemplo, em um enlace com modulação 2048 QAM, em caso de chuva forte, o link continuará funcionando mas terá que se adaptar, ajustando a modulação para, por exemplo 1024QAM, 512QAM, 128QAM, etc.

3.39. Os modernos sistemas utilizados em enlaces ponto-a-ponto que possuem ATPC e ACM aliados com técnicas de MIMO (*multiple input multiple output*), podem fazer uso das diferentes polarizações para aumentar a vazão de dados. Logo, não faz sentido definir modulação mínima, nem requisitos de não utilizar determinadas polarizações.

3.40. Posto isso, na minuta de Ato anexa optou-se pela adoção de um valor único para distância mínima de enlaces. Os valores de distância mínima para enlaces foram inseridos na minuta de Ato anexa baseando-se nos cálculos efetuados, nas referências internacionais estudadas e nas respostas das operadoras consultadas.

3.41. Foi inserido ainda item prevendo que estações fixas que não fizerem uso do ATPC não têm direito à proteção contra interferências prejudiciais, considerando o fato de que o ATPC é um dos mecanismos importantes na mitigação de interferências.

3.42. Comparando as faixas abrangidas pela minuta de Ato anexa com a Resolução 688/2017 (dispõe sobre canalização e condições de faixas para uso de SARC e RpTV), foi identificado que as faixas abaixo estão presentes, tanto minuta de Ato anexa, quanto na Resolução 688/2017:

- 3.42.1. 2.025 MHz a 2.110 MHz
- 3.42.2. 2.200 MHz a 2.300 MHz
- 3.42.3. 6.430 MHz a 7.110 MHz
- 3.42.4. 10,15 GHz a 10,30 GHz
- 3.42.5. 10,50 GHz a 10,65 GHz
- 3.42.6. 12,70 GHz a 13,25 GHz
- 3.42.7. 17,70 GHz a 17,80 GHz
- 3.42.8. 19,26 GHz a 19,36 GHz
- 3.42.9. 21,2 GHz a 21,8 GHz
- 3.42.10. 22,4 GHz a 23 GHz

3.43. O SARC (todas as modalidades exceto Reportagem Externa) e RpTV, apesar de serem serviços fixos, possuem a Resolução 688/2017 requisitos dispostos sobre estes serviços, neste caso com potências maiores e sem restrição de distância mínima. Assim sendo, foi inserido artigo prevendo que as disposições do Ato não se aplicam para estações do Serviço Auxiliar de Radiodifusão e Correlatos – SARC, no quesito distância mínima.

3.44. Adicionalmente, merece destaque o fato de quando em uma faixa de frequências existe destinação para "TODOS os SERVIÇOS de TELECOMUNICAÇÕES (Observada a atribuição da faixa)", combinada com a atribuição para o serviço fixo, assim como condições de uso de radiofrequências compatíveis com enlaces ponto-a-ponto, essas faixas também poderão ser utilizadas pelo SARC (todas as modalidades exceto Reportagem Externa) e RpTV.

3.45. Por fim, cumpre ressaltar que o quesito distância mínima também não seria aplicável para sistemas ponto-multiponto. Para sistemas ponto-multiponto a terminação do enlace possui comprimento variável, na maior parte das vezes utilizado para atender assinantes, onde cada enlace tem características próprias, além do fato de que o downlink pode ser compartilhado no espaço e no tempo para vários assinantes, quando do uso de antenas omnidirecionais ou setorizadas.

GANHOS MÍNIMOS DE ANTENA

3.46. Visando primar ainda mais pelo uso eficiente do espectro e seguindo também as referências internacionais estudadas, optou-se por adicionar o Ganho mínimo de antena como um dos requisitos técnicos previstos na Minuta de Ato proposta, para enlaces ponto-a-ponto. Dos resultados da consulta realizada no autos do processo 53500.011462/2020-30, é possível extrair os valores de ganho de antena que vem sendo utilizados nas faixas compreendidas entre 2 GHz e 38 GHz. Os menores valores médios informados pela consulta realizada serviram de referência para os valores ganho mínimo de antena previstos na Minuta de Ato anexa. Para as faixas acima de 38 GHz, na ausência de informação mais precisa, limitou-se a 38 dBi.

3.47. Há que se ponderar também que tais valores não podem ser excessivamente rigorosos, o que implicaria em antenas maiores. Aumentando assim o custo dos enlaces ponto a ponto. Tal premissa vai ao encontro de discussão recente da FCC (<https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-364812A1.pdf>), nesse sentido:

"The Notice of Proposed Rulemaking seeks comment on various proposals for expanded use of the 70/80/90 GHz bands for a myriad of innovative services by commercial industry, while protecting incumbent users of the band including federal users. The item approved today proposes changes to the Commission's antenna rules for the 70/80/90 GHz bands that would allow for smaller antennas in these bands. This could lower costs, facilitate network densification, and help support the provision of backhaul for emerging 5G services. The item also seeks comment on amending existing rules or establishing new rules that would allow for the use of the 70/80/90 GHz bands for the delivery of broadband internet access aboard aircraft in flight and ships at sea."

COEXISTÊNCIA ENTRE OS SERVIÇOS FIXO E FIXO POR SATÉLITE NA FAIXA DE 10,7GHz E 11,7GHz

3.48. A faixa de frequências de 10,7 GHz a 11,7 GHz é compartilhada, em caráter primário, entre os serviços Fixo e Fixo por Satélite. Historicamente, para prestação do serviço de DTH (*Direct to Home*) eram utilizados satélites de alta potência, operando nas faixas atribuídas ao Serviço de Radiodifusão por Satélite (BSS). Entretanto, há alguns anos os satélites operando nas faixas do FSS também são capazes de transmitir com altas potências e têm sido utilizados para prestação do serviço de DTH.

3.49. Assim, as sub-faixas 10,7 – 10,95 GHz e 11,2 – 11,45 GHz, pertencentes ao Plano do Apêndice 30B (Plano do Serviço Fixo por Satélite), também começaram a ser utilizadas por satélites provendo serviços que utilizam antenas de pequeno diâmetro, para atender o mercado em expansão do serviço de DTH.

3.50. Como resultado, desde 2006, com o crescimento do número de estações terrenas receptoras de pequeno porte do DTH e de estações dos radioenlaces terrestres, têm sido reportados à Anatel casos de interferências prejudiciais.

3.51. Nesse sentido, em maio de 2006, a então Gerência Geral de Satélites e Serviços Gerais (PVSS) enviou o Memorando Circular nº 001/2006-PVSSR/PVSS sugerindo em seu item 9, como solução para reduzir a interferência prejudicial, evitar a sobreposição de canais utilizados pelas estações dos sistemas terrestres com as sub-faixas utilizadas pelas estações terrenas receptoras de pequenos porte. Ainda sugeria que, nos grandes centros, o licenciamento dos radioenlaces ocorresse preferencialmente nos canais 4 e 6, enquanto que, nas demais regiões, o licenciamento ocorresse nos canais de 1 a 5, conforme a Norma nº 16/94, aprovada pela Portaria MC nº 605/1994

3.52. Com o agravamento do problema, a Anatel publicou a Portaria SRF nº 600, de 2 de julho de 2012, que aprova as orientações técnicas para implantação de radioenlaces ponto-a-ponto por sistemas digitais na faixa de 11 GHz, estabelecendo como valores de referência para implantação de radioenlaces ponto-a-ponto por sistemas digitais terrestres na subfaixa de 10,7 GHz a 11,7 GHz a distância mínima de 12 km por enlace.

3.53. A partir de um estudo de caso feito no Distrito Federal, foi avaliada a Eficiência de Uso do Espectro (EUE) de 72 enlaces, em que 64 deles possuem distâncias inferiores a 12 km. Tal estudo consta no Informe nº 21/ORDER, de 6 de julho de 2015, anexado ao Processo SEI nº 53500.003278/2011-25. O referido Informe conclui que mesmo após a publicação da Portaria nº 600/2012 e as medidas adicionais tomadas, as interferências prejudiciais ainda são recorrentes, o que resultou na publicação do Ato nº 4.492, de 10 de julho de 2015, determinando que os radioenlaces ponto-a-ponto de sistemas digitais terrestres operando na faixa de 10,7 GHz a 11,7 GHz em desacordo com a Norma nº 16, aprovada pela Portaria MC nº 605, de 17 de agosto de 1994, e Portaria Anatel nº 600, de 02 de julho de 2012, passem a operar em caráter secundário.

3.54. Na 27ª Reunião do Comitê Consultivo Permanente II (CCP II) da Comissão Interamericana de Telecomunicações (CITEL) ocorrida em Bogotá em junho de 2016, foi aprovada a Recomendação 51 (XXVII-16) que recomenda que os países membros da CITEL, entre eles o Brasil, atualizem a sua regulamentação estabelecendo condições para aplicações de televisão por satélite na faixa de 10,7 GHz a 12,2 GHz, ou partes dessa, levando em consideração que essas aplicações não restrinjam outros serviços operando nessas faixas.

3.55. Visando dar continuidade as medidas acima mencionadas, e considerando que os casos de interferências prejudiciais entre os receptores de DTH e os radioenlaces operando nas faixas de 10,7 a 11,7 GHz são mais frequentes em grandes centros, a minuta de Ato anexa prevê como requisito técnico que em municípios acima de 200 mil habitantes os radioenlaces ponto a ponto só poderão utilizar os canais 4 e 6 da faixa de 11GHz.

3.56. Adicionalmente serão revogadas a Portaria nº 600/2012 e o Ato nº 4.492/2015, já que os estabelecido por estes instrumentos está sendo atualizado pela presente proposta de Ato.

PRAZOS

3.57. Por fim, deve ser levado em consideração que a Resolução nº 671, de 3 de novembro de 2016, que aprovou o Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências (RUE), fixou em seu art. 12, prazo não inferior a 6 meses e não superior a 8 anos para a para a efetivação de alterações em condições de uso de radiofrequências utilizadas por estações regularmente autorizadas e licenciadas. Tal prazo está previsto art. 10 da Resolução nº 723/2020, no caso 180 dias. Assim, não há impedimento que o Ato, quando publicado, entre em vigor junto com a Resolução nº 723/2020, cuja previsão é para 7 de setembro de 2020.

3.58. Ainda com fulcro no art. 12 do RUE, foi necessária inserção de artigo na minuta de Ato anexa prevendo a data em que os requisitos técnicos e operacionais irão vigorar e ainda condições transitórias para os sistemas do serviço fixo existentes, regularmente autorizados.

4. DOCUMENTOS RELACIONADOS/ANEXOS

4.1. Tabela consolidação das respostas das operadoras (5637948).

4.2. Tabela resultado cálculo distâncias mínimas (5637954).

4.3. Consulta Pública nº 53/2020 (SEI nº 5680937).

4.4. Minuta de Ato estabelecendo os requisitos técnicos e operacionais de faixas de radiofrequências para o serviço fixo acima de 2GHz (SEI nº 5680962).

5. CONCLUSÃO

5.1. No presente Informe foram avaliados diferentes aspectos para o uso eficiente do espectro por sistemas de radiocomunicação do serviço fixo, visando estabelecer a canalização e seus requisitos técnicos e operacionais, com fulcro no previsto no art. Artigo 8º da Resolução nº 723, de 10 de março de 2020.

5.2. Em vista ao exposto, submetemos à deliberação do Superintendente de Outorga e Recursos à Prestação, a proposta de Ato estabelecendo os requisitos técnicos e operacionais, incluindo canalização, limites de potência e distância mínima de enlace. Antes, porém, propõe-se submeter o texto do Ato para comentários da sociedade, por meio de Consulta Pública, ao que se seguirá o procedimento administrativo necessário à sua publicação.



Documento assinado eletronicamente por **Agostinho Linhares de Souza Filho, Gerente de Espectro, Órbita e Radiodifusão**, em 23/06/2020, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 23, inciso II, da [Portaria nº 912/2017](#) da Anatel.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Evangelista da Silva Junior, Especialista em Regulação**, em 23/06/2020, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 23, inciso II, da [Portaria nº 912/2017](#) da Anatel.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Aparecida Muniz Fidelis da Silva, Coordenador de Processo**, em 23/06/2020, às 16:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 23, inciso II, da [Portaria nº 912/2017](#) da Anatel.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Tapajoz de Arruda, Especialista em Regulação**, em 23/06/2020, às 17:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 23, inciso II, da [Portaria nº 912/2017](#) da Anatel.



A autenticidade deste documento pode ser conferida em <http://www.anatel.gov.br/autenticidade>, informando o código verificador **5637768** e o código CRC **F2E190FB**.