



Impactos ambientais decorrentes da expansão da telefonia móvel

*Antônio Alex Pinheiro**

Liziane Paixão Silva Oliveira†

RESUMO O objetivo deste artigo é analisar possíveis impactos decorrentes da expansão da telefonia móvel nas últimas décadas no meio ambiente, incluindo na saúde humana. Para tanto, por meio de uma pesquisa bibliográfica, a pesquisa apresenta funcionalidades que possam explicar a grande aceitação da telefonia móvel pela sociedade contemporânea, com destaque para a evolução de sucessivas tecnologias móveis surgidas nas últimas décadas. O trabalho aponta que, em paralelo à expansão da telefonia móvel, diante de sua aceitação social, há o incremento de utilização de faixas adicionais de radiofrequência com potencial de intensificar possíveis efeitos sobre o meio ambiente, como pelo aumento do consumo de energia elétrica com o crescimento de dispositivos eletrônicos em funcionamento, bem como, sobre a saúde humana em face do aumento de dispositivos transmissores de radiofrequência com a telefonia móvel. Com essa análise, a pesquisa espera que possam surgir reflexões de possíveis ações estatais no sentido de minimizar possíveis efeitos negativos advindos da expansão da telefonia móvel.

PALAVRAS-CHAVE Telefonia móvel; Espectro de Radiofrequência; Radiação não-ionizante; Objeto de desejo.

* Doutor em Direito pelo Centro Universitário de Brasília, Mestre em Comunicação pela UnB, Bacharel em Direito e em Engenharia Elétrica pela UnB. Pesquisador do Grupo de Pesquisa Direito, Políticas Públicas e Inovação – CNPq. Ocupante do cargo de especialista em regulação da Anatel. OrcID: <https://orcid.org/0000-0003-0764-3044>

† Doutora em Direito pela Universidade d’Aix-Marseille III (França), Mestre em Direito pela UnB, Estágio Pós-doutoral na UnB (2017-2018), Professora do Programa de Mestrado e Doutorado em Direito do Centro Universitário de Brasília (Brasília, DF, Brasil), Professora do Programa de Mestrado em Direitos Humanos da Universidade Tiradentes (Aracaju, SE, Brasil), Líder do Grupo de Pesquisa Direito, Políticas Públicas e Inovação – CNPq, Pesquisadora do ITP, Advogada. OrcID: <https://orcid.org/0000-0003-0764-3044>

Introdução

A telefonia móvel surgiu no Brasil no ano de 1991, sendo que, desde então, os serviços de telefonia móvel vem se expandido de forma acentuada, acompanhando o desenvolvimento tecnológico que trouxe para o setor novas possibilidades de prestação de serviços e, conseqüentemente, um forte crescimento da necessidade de uso de maiores quantidades de espectro de radiofrequência, entretanto, a expansão da telefonia móvel provoca impactos no meio ambiente conforme será demonstrado pela pesquisa. Para alcançar os objetivos propostos, este artigo segue dividido em três partes.

A primeira delas trata do surgimento da telefonia móvel no Brasil, evidenciando a evolução tecnológica que permitiu o aprimoramento sucessivo de cada tecnologia, sendo que, desde então, houve a chegada ao Brasil de cinco diferentes tipos de tecnologias, com destaque para recente tecnologia de quinta geração (5G) que promete intensificar o processo de automação de tarefas com a interconexão de máquinas à rede mundial de computadores. Na segunda parte, o trabalho procura explicar por que o aparelho celular se tornou atualmente uma tecnologia tão aceita pela sociedade, principalmente pelos segmentos da população mais jovens. Neste sentido, será abordada a possibilidade de transformação do aparelho celular em uma base capaz de agregar diversas aplicações, sendo que a expansão da telefonia móvel vem incrementando o uso do em público espectro de radiofrequência, com a pesquisa tentando avaliar inclusive a possibilidade de que esse recurso possa se tornar o objeto de desejo do século XXI.

Na terceira parte, em face do crescimento da telefonia móvel no país, inclusive com crescimento exponencial em determinadas circunstâncias, a pesquisa apresenta que, em contrapartida, existem impactos diretos no meio ambiente evidenciados pelo crescimento do consumo de energia elétrica diante da quantidade de dispositivos eletrônicos conectados à rede mundial de computadores, bem como, também há um aumento de transmissores de radiofrequência que são fontes diretas sinais com radiação eletromagnética que podem afetar a saúde humana. Em face do exposto, inicialmente é importante conhecer o surgimento da telefonia móvel e sua evolução tecnológica para conhecer fundamentos da aceitação social dessa funcionalidade pela sociedade contemporânea.

1. Surgimento da telefonia móvel no Brasil

A telefonia celular apareceu no Brasil em 1991, com a chegada de um sistema tecnológico, ainda analógico,¹ operado por empresas estatais que constituíam a antiga empresa estatal TELEBRAS.² Entretanto, o primeiro regramento específico do setor de telefonia móvel só chegou

1 Sinais Analógicos podem ser entendidos como a informação, seja de sinais de vídeo ou áudio, transmitida por meio de pulsos elétricos, enquanto, sinais digitais representam a transmissão dessa informação por meio de sinais binários, ou seja, codificados pelos algarismos zero e um. Pesquisa realizada a partir da base de dados da Capes, acesso café, com ordenação descendente. CIRNE, L. O processo de transição para a TV digital no Brasil. *Compólitica*, 9(1), 107 - 130. <https://doi.org/https://doi.org/10.21878/compolitica.2019.9.1.181>, 2019, p. 107.

2 A Telebrás, empresa holding de um sistema empresarial constituído de 27 operadoras estaduais e de 1 operadora de longa distância, bem como de dois centros de treinamento (em Recife e em Brasília) e de 1 (um) Centro de Pesquisa e de Desenvolvimento, era a

com a aprovação da chamada Lei Mínima das Telecomunicações, Lei n.º 9.295/1996. A referida regulação criou o Serviço Móvel Celular (SMC), primeiro serviço de telefonia móvel do país, explorado mediante outorga do poder público por meio de concessão ofertada pela União por meio de licitação e pelo prazo de 15 anos, com possibilidade de renovação por igual período. Essa norma também previu um processo de preparação das empresas estatais até então operadoras de telefonia fixa e móvel com o objetivo de dividi-las em distintas outras empresas que vieram posteriormente a ser privatizadas. Em seguida, por meio do Decreto nº 2.056, em 4 de novembro de 1996 houve a aprovação do Regulamento do Serviço Móvel Pessoal, que substituiu a antiga nomenclatura do Serviço Móvel Celular para a telefonia móvel. A mudança mais significativa nesse novo documento legal consistiu na substituição da delegação do poder público de concessão para autorização,³ mudança que implicou, fundamentalmente, na modificação da existência de bens reversíveis⁴ nas regras que orientam a prestação do serviço de telefonia móvel no país. Com a outorga de serviço móvel pessoal sendo realizada sob a forma de autorização, não haveria mais reversão dos bens utilizados na prestação do referido serviço para União quando do fim do ato de delegação, tornando mais simples a prestação do serviço de telefonia móvel.⁵

Já no ano de 1997, houve a publicação da chamada Lei Geral de Telecomunicações (LGT), Lei nº 9.472/1997, que além de ser o principal marco legal do setor, após a privatização, trouxe a previsão de criação da ANATEL, autarquia pública, em regime especial, responsável pela regulação e fiscalização do setor de telecomunicações após as privatizações. Desde então, os serviços de telefonia móvel se expandiram de forma acentuada, acompanhando o rápido desenvolvimento tecnológico que trouxe para o setor novas possibilidades de prestação de serviços e, conseqüentemente, um forte aumento da necessidade de uso de mais espaços no espectro de radiofrequência. A partir da configuração desse novo ambiente, o processo de planejamento e reorganização do uso do espectro de radiofrequência ganha uma nova dimensão de importância e complexidade, que vem se intensificando na mesma proporção do desenvolvimento tecnológico e do crescimento do sistema de telefonia móvel. À medida que alguns serviços prestados atualmente caducam e são substituídos, a tecnologia disponibiliza novos recursos e velocidades para a transmissão de dados e voz, têm-se feito necessária a abertura de novos processos para reorganizar o espectro e reocupar as frequências para os novos serviços.

responsável por mais de 95% dos serviços públicos de telecomunicações do País. Em 29 de julho de 1998 o Sistema TELEBRAS foi privatizado. BRASIL. Ministério das Comunicações. Telebrás. Institucional. Telebrás. Brasília, 2022. Disponível em: http://www.telebras.com.br/inst/?page_id=41. Acessado em 25 de mai. 2022.

3 Conforme art. 48 da Lei nº 9.472/1997, a exploração de serviços de telecomunicações e de uso de radiofrequência pode ocorrer por meio de concessão, permissão ou autorização. Na concessão, os serviços de telecomunicações estão sujeitos às regras de regime público, com alta interferência estatal, existência de bens reversíveis, controle tarifário e os agentes econômicos estão sujeitos às obrigações de universalização de acesso dos referidos serviços. Conforme art. 118 da LGT, permissão de serviço de telecomunicações é o ato administrativo pelo qual se atribui a alguém o dever de prestar serviço de telecomunicações no regime público e em caráter transitório, até que seja normalizada a situação excepcional que a tenha ensejado. Conforme art. 131 da LGT, autorização de serviço de telecomunicações é o ato administrativo vinculado que faculta a exploração, no regime privado, de modalidade de serviço de telecomunicações, quando preenchidas as condições objetivas e subjetivas necessárias, com a mínima intervenção possível do Poder Público.

4 Equipamentos essenciais para prestação do serviço de telefonia fixa, compondo o patrimônio da União, os quais foram transferidas para o patrimônio das concessionárias com a privatização, devendo ser revertidos à União com o fim da concessão. PINHEIRO, Alexandre Pereira. A Reversibilidade de Bens na Concessão do Serviço Telefônico Fixo Comutado: uma Análise Crítica na Perspectiva da Teoria Responsiva da Regulação. 2017. Dissertação (Mestrado em Direito) – Faculdade de Direito, UnB, Brasília, 2017. p. 184.

5 SUNDFELD, C. A., & CÂMARA, J. A. Bens reversíveis nas concessões públicas: a inviabilidade de uma teoria geral. Revista da Faculdade de Direito – UFPR, Curitiba, vol. 61, n. 2, maio/ago, 2016, p. 149 – 174.

A partir do desenvolvimento da microeletrônica houve a transformação dos três principais componentes das redes de telecomunicações: as centrais de comutação, as redes de transmissão e os equipamentos terminais dos usuários, que possibilitaram o desenvolvimento de diferentes aplicações contribuindo para a expansão da telefonia móvel.⁶ A primeira tecnologia de telefonia móvel disponível comercialmente foi o sistema analógico conhecido como AMPS (Advanced Mobile Phone System), 1G (primeira geração), permitindo somente a transmissão de voz, inclusive sem criptografia.⁷ A tecnologia 1G fazia uso de apenas 25 MHz de espaço do espectro de radiofrequência, entre as frequências de subfaixa “A”.⁸ Diante de falhas de segurança, principalmente pela falta de criptografia, ou seja, possibilidade de audição da conversa por terceiros a partir de simples rádios receptores, e com o aumento do número de usuários, a tecnologia em questão chegou ao seu limite, abrindo caminho para a chegada de próximas gerações de telefonia móvel.⁹

Em face da necessidade de sistemas com maiores capacidades, a primeira geração de tecnologia de telefonia móvel foi substituída pela segunda geração de tecnologia de telefonia móvel (2G), sendo a primeira totalmente digital, implantada inicialmente nas faixas de frequência de subfaixa “B”, “D” e “E”.¹⁰ A tecnologia 2G substitui as transmissões analógicas pelas transmissões digitais, também permitiu a utilização de aparelhos celulares mais portáteis, com telas coloridas e com capacidade para ofertas de um novo serviço: envio de mensagens de texto, chamado de SMS (*Short Message Service*). Assim, em relação à geração anterior, a segunda geração apresentou inovações com a incorporação de criptografia, o envio de mensagens de texto, como possibilidade de comunicação, o início da navegação pela internet, permitindo, a transmissão de dados a taxas de até 384 Kbps. O acesso à internet via celular foi permitido pela mudança na forma de controle do tráfego de informação, antes realizada por circuitos, que exigia necessariamente uma conexão física entre o circuito de origem e o de destino da informação. Adotou-se o chamado controle por pacotes, a partir do desenvolvimento de conjunto de regras, chamadas de protocolos. O controle via pacotes divide a informação em pequenas unidades, transmitindo-as por diferentes caminhos, através de endereços pré-determinados, sem necessidade de uma conexão física entre a origem e o destino. Os pacotes, inclusive, podem chegar fora de ordem, pois ocorrerá a devida reconstrução da mensagem ao final,

6 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na revista especializada quadrimestral editada pela Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação (INTERCOM - PORTCOM), dirigida ao campo da Comunicação. SANTOS, Verlane. Dimensões e Implicações da Convergência Tecnológica no Macro-setor das Comunicações. XXXII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. Curitiba, 2009, p. 1-2.

7 Consiste no envio de uma mensagem codificada a partir de uma chave de emissão, sendo que o receptor possui a chave capaz de decifrar a referida mensagem. Tutoriais de Operação. Teleco. Disponível em: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialitil/pagina_4.asp. Acesso: em 06 de jul. 2023.

8 Subfaixa “A” representa a padronização de sinais de telecomunicação transmitidos a partir da estação radio base da rede de telefonia móvel nas frequências de 824-835/845-846,5 MHz e de sinais transmitidos a partir do aparelho de telefonia móvel do usuário nas frequências de 869-880/890-891,5 MHz. Padronização das subfaixas do espectro de radiofrequência de telefonia móvel. Teleco, 07 jan. 2022. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/licitacoes.asp>. Acesso: em 04 de jul. 2023..

9 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, utilizando a palavra chave “tecnologias de telefonia móvel”, com ordenação por data decrescente de pesquisas. VICENTIN, Diego Jair. A Reticulação da Banda Larga Móvel: definindo padrões, informando a rede. 2016. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp, Campinas, 2016, p. 46, 62.

10 Subfaixa “B”, “D” e “E” representam, respectivamente, a padronização de sinais de telecomunicação transmitidos a partir da estação radio base da rede de telefonia móvel nas frequências de 824-835/846,5-849 MHz; 910-912,5/1710-1725 MHz; 912,5-915/1740-1755 MHz e de sinais transmitidos a partir do aparelho de telefonia móvel do usuário nas frequências de 880-890/891,5-894; 955-957,5/1805-1820; 957,5-960/1835-1850 MHz; Frequências. Padronização das subfaixas do espectro de radiofrequência de telefonia móvel. Teleco. Disponível em https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialcelb/pagina_2.asp. Acesso: em 06 de jul. 2023.

permitindo maior otimização e eficiência na transmissão de informações.¹¹ Em seguida houve o surgimento da terceira geração de telefonia móvel (3G), inicialmente estabelecida nas faixas de frequência de subfaixas de “F”, “G”, “H”, “I”, “J”, “L”, “M” e Extensão,¹² sendo responsável pela consolidação do uso de serviços de internet móvel, intensificação do uso de modems portáteis para acesso à internet e iniciou a chamada era dos *smartphones* e *tablets*. A partir dos avanços dessa tecnologia de terceira geração passou a ser possível a realização de videoconferência, a conexão de internet de alta velocidade (taxas de até 10 Mbps) e o uso de baterias dos aparelhos celulares com maior autonomia.¹³

Quanto à tecnologia de telefonia móvel de quarta geração (4G), a mesma foi implementada no Brasil em duas etapas sucessivas: no ano de 2012, foi implementada nas subfaixas “P”, “W”, “V1”, “V2”, “X”¹⁴ e, no ano de 2014, houve a licitação das faixas de frequência de 708 a 748 MHz. A segunda etapa de implementação da tecnologia 4G constitui o objeto de estudo da presente pesquisa, isso porque, houve uma maior complexidade em face da desocupação da faixa de frequência de 698 a 806 MHz antes utilizada pelos canais de televisão, que foram reorganizados na faixa de frequência de 470 a 698 MHz, com posterior liberação da faixa de frequência de 698 a 806 MHz para utilização pelos serviços de telefonia móvel, no intervalo de 708 a 748 MHz. Diferentemente das tecnologias anteriores, que dividiam atenção entre a comunicação via voz e dados, o sistema já foi desenvolvido para privilegiar a comunicação via dados, para atender a crescente demanda mundial por acesso a serviços de banda larga, fornecendo taxas de transmissão de dados de até 100 Mbps. Essa tecnologia foi desenvolvida para permitir o acesso a serviços que, até então, eram acessíveis somente via banda larga fixa, como, por exemplo, chamadas de comunicação por meio de vídeo e distribuição de conteúdos televisivos.¹⁵

Avançando, houve o surgimento da tecnologia de telefonia móvel de quinta geração (5G), desenvolvida para aumentar o potencial de transmissão de informações das redes digitais móveis, intensificando a troca de dados com conexões também entre máquinas conectadas à internet,

11 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, utilizando a palavra chave “tecnologias de telefonia móvel”, com ordenação por data decrescente de pesquisas. VICENTIN, Diego Jair. A Reticulação da Banda Larga Móvel: definindo padrões, informando a rede. 2016. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp, Campinas, 2016, p. 47, 61, 62, 71 e 73.

12 Subfaixa “F”, “G”, “H”, “I”, “J”, “L”, “M” e “Extensão” representam, respectivamente, a padronização de sinais de telecomunicação transmitidos a partir da estação radio base da rede de telefonia móvel nas frequências de 1920-1935; 1.935-1.945; 1.945-1.955; 1.955-1.965; 1.965-1.975; 1.895-1.900; 1.755-1.765; 1.765-1770; 1770-1.775 MHz e de sinais transmitidos a partir do aparelho de telefonia móvel do usuário nas frequências de 2.110-2.125; 2.125-2.135; 2.135-2.145; 2.145-2.155; 2.155-2.165; 1.975-1.980; 1.850-1.860; 1.860-1.865; 1.865-1.870 MHz. Padronização das subfaixas do espectro de radiofrequência de telefonia móvel. Teleco, 07 jan. 2022. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/licitacoes.asp>. Acesso: em 04 de jul. 2023.

13 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, utilizando a palavra chave “tecnologias de telefonia móvel”, com ordenação por data decrescente de pesquisas. VICENTIN, Diego Jair. A Reticulação da Banda Larga Móvel: definindo padrões, informando a rede. 2016. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp, Campinas, 2016, p. 48, 49, 61 e 64.






14 Subfaixa “P”, “W”, “V1”, “V2”, “X” representam, respectivamente, a padronização de sinais de telecomunicação transmitidos a partir da estação radio base da rede de telefonia móvel nas frequências de 2.500-2.510; 2.510-2.530; 2.530-2.540; 2.540-2.550; 2.550-2.570 MHz de sinais transmitidos a partir do aparelho de telefonia móvel do usuário nas frequências de 2.620-2.630; 2.630-2.650; 2.650-2.660; 2.660-2.670; 2.670-2.690 MHz. Frequências. Padronização das subfaixas do espectro de radiofrequência de telefonia móvel. Teleco. Disponível em https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialcelb/pagina_2.asp. Acesso: em 06 de jul. 2023.

15 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, utilizando a palavra chave “tecnologias de telefonia móvel”, com ordenação por data decrescente de pesquisas. VICENTIN, Diego Jair. A Reticulação da Banda Larga Móvel: definindo padrões, informando a rede. 2016. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp, Campinas, 2016, p. 32, 38, 43, 50 e 52.

permitindo velocidades de transmissão de dados de dez a cem vezes mais que a tecnologia 4G, além de menores tempos de atrasos de pacotes de dados, conhecidos como prazos de latência. A tecnologia 5G promete intensificar o desenvolvimento da chamada internet das coisas, ou seja, conexão à internet de objetos físicos com capacidade de transmissão de dados, permitindo, por exemplo, que semáforos, postes, máquinas agrícolas, *drones* e carros se conectem à internet para execução de tarefas sem receber comandos humanos, enfim, intensificando processos e automação e, conseqüentemente, demandando mais uso de espectro de radiofrequência.¹⁶

Atualmente, no Brasil, já se discute os pilares iniciais para chegada da tecnologia de comunicação móvel de sexta geração (6G), quanto à utilização do espectro de radiofrequência, estudos apontam que a tecnologia 6 G continue a tendência das redes móveis de utilização de frequência mais altas e com maiores largura de faixa, com projeções de taxas de transmissão de dados por segundo da ordem de 100 Gpbs¹⁷ e redução do tempo latência, intervalo de atraso entre a transmissão e chegada de uma informação para 1 ms.¹⁸ Essa tecnologia promete fazer uma integração do mundo real com o virtual, acelerando o processo de sobreposição de realidades, chamada de metaverso, criando a sensação de que o indivíduo possa estar presente, virtualmente, em diferentes ambientes. Projeta-se que a inteligência artificial terá um papel fundamental para essas inovações, com a criação de interfaces cérebro máquina, com a possibilidade de transmissão de sensações e emoções, além da voz e toque já possível atualmente, para as máquinas, em que a rede amplia o seu papel de auxiliar para própria tomadora de decisões.¹⁹ Diante do exposto, mundialmente e no Brasil, quanto ao aspecto temporal, o surgimento das tecnologias de telefonia móvel pode ser entendido conforme exposto abaixo:

Figura 1 - Ilustração das gerações de tecnologias de telefonia móvel desenvolvidas nas últimas décadas

HISTÓRIA DA INTERNET MÓVEL				
1982	1992	2001	2012	2020
1G	2G	3G	4G	5G
				
2.4 kbps	64 kbps	2000 kbps	10000 kbps	1000000 kbps (1GB/s)
Voz	Texto	Internet	Vídeo	Internet das coisas

16 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na base de dados da Social Science Research Network, utilizando a palavra chave “5G”, com ordenação por relevância. ELDRED, Christopher; KENNEY, Martin; Kushida, KENJI; MURRAY, Jonathan; ZYSMAN, John, 5G: Revolution or Hype? (August 1, 2019). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3443740> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3443740>.

17 Em comparação com a plenitude do funcionamento da tecnologia de quinta geração (5G), trata-se de uma velocidade dez vezes maior.

18 Na tecnologia 4G, o atraso máximo no tempo de resposta é da ordem de 20 ms, enquanto no 5G esse número cai para 4 ms. No 6G, projeta-se a possibilidade de um tempo de atraso da ordem de 1 ms.

19 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na base de dados da Social Science Research Network, utilizando a palavra chave “6G”, com ordenação por relevância. BIN SULAIMAN, Rejwan; BIN SULAIMAN, Rejwan; KAREEM, Amer, A Review on Concepts and Technologies of 6G Cellular Network and Future Scope (November 16, 2020). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3731869> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3731869>, p. 36.

Fonte: *Oficinadanet*²⁰

Tabela 1 - História da Internet Móvel no Brasil

Tecnologia	1G	2G	3G	4G	5G	6G
Ano	1991	1996	2007	2012	2021	Expectativa

Fonte: *elaboração própria*²¹

Conforme exposto nos parágrafos anteriores, é possível inferir que a tecnologia de geração de telefonia móvel posterior, geralmente com identificação par, vem aprimorar alguma facilidade introduzida pela geração anterior, geralmente ímpar. A primeira geração criou a possibilidade de comunicação por meio de voz com mobilidade, mas foi a segunda geração que aprimorou e massificou essa aplicação. A terceira geração inseriu o acesso à internet por meio do aparelho celular, mas foi a quarta geração que aprimorou o ainda precário acesso à internet móvel e contribuiu para massificação do acesso à internet via dispositivos móveis. A quinta geração está inserindo a troca de dados com conexões entre máquinas conectadas à internet, mas a tendência sugere que a tecnologia de sexta geração será responsável por um passo além com a integração de máquinas e humanos conectados em rede, com a massificação da sobreposição de realidades.

2. O espectro de radiofrequência como objeto de desejo do século XXI

Nas últimas quatro décadas, vive-se um crescente e profundo processo de mutação tecnológica iniciada a partir das transformações promovidas pelo desenvolvimento da tecnologia digital e sua incorporação ao cotidiano social em suas diversas dimensões e práticas. De modo especial, a digitalização vem promovendo mudanças significativas em uma série de procedimentos, práticas e comportamentos relacionados ao processo de comunicação humana, em suas diversas instâncias e formas. Estas alterações adquiriram uma intensidade e abrangência de tal monta, que tem ido muito além das mudanças em processos e ações físicas que envolvem as pessoas no processo comunicativo e alcançado o espaço subjetivo que envolve as formas de sentir, as emoções e o próprio comportamento humano.

Novos paradigmas estabeleceram uma base técnica inovadora para o desenvolvimento da chamada computação e, logicamente, da informática. Essa evolução permitiu converter qualquer conteúdo definido como informação (texto, som e imagem) em uma linguagem que codifica conceitos e ideias sob a égide dos números binários. Por isso, tais expressões simbólicas adquirem sentido único e de referência universal, conformando os parâmetros de funcionamento da tecnologia digital.²² Dessa forma, a linguagem binária permitiu ainda, promover o uso integrado de toda uma infraestrutura de comunicação física (cabo) e/ou por intermédio dos denominados “meios sem fio”, terminando, em última instância, por conformar o que se denominou como a rede de redes, a

20 KINAST, Priscilla. Qual a diferença entre 3G, 3.5G, 4G LTE, 4G+, 4.5G e 5G? Veja a atual cobertura das redes no Brasil. OFICINA DA INTERNET, 05 jul. 2019. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/tecnologia/23058-qual-a-diferenca-entre-3g-4g-4g-5g-e-lte-conheca-os-tipos-de-internet-movel>. Acesso em: 04 jul. 2023.

21 Para tecnologia 1G foi considerada a instalação da telefonia móvel no Brasil. Já para as demais foi considerada a realização do leilão de reorganização do espectro de radiofrequência para alocação da respectiva tecnologia.

22 LEVY, Pierre. As Tecnologias da Inteligência. Tradução de Carlos Irineu da Costa. 1ª edição, São Paulo: editora 34, 1993, p. 101.

internet.

A possibilidade de fazer as informações codificadas (imagens, sons e textos) circularem pela rede/internet terminou impulsionando o processo de convergência de meios, fenômeno que marca a atualidade tecnológica na área da comunicação. Meios tradicionais como o rádio e a televisão, organizados a partir do antigo modelo analógico,²³ foram colocados à prova e vem passando por um período de profundas transformações buscando reinventarem-se e, conseqüentemente, sobreviverem perante o mercado e o público. O uso de uma mesma infraestrutura (física ou sem fio) para a transmissão de informações codificadas em suas distintas formas de apresentação vem influenciando, indistintamente, tanto aos setores industriais, de serviço e os de produção de conteúdos vinculados a comunicação eletrônica. Nesse cenário convergente, novas e tradicionais mídias convivem de modo cada vez mais integrado e complexo.

De modo específico, neste contexto de profunda inovação, a transformação digital também representou um novo paradigma para as telecomunicações. Ela trouxe vantagens para o processamento, armazenamento e transmissão de dados, voz e imagem, o que possibilitou um incremento na quantidade e na qualidade técnica dos conteúdos enviados pelas redes jamais imaginado e em volume cada vez mais crescente. No caso da telefonia celular, em especial, nas últimas duas décadas, presenciou-se o surgimento de uma grande quantidade de aplicativos que transformaram o conceito do “antigo telefone” em uma verdadeira “central de serviços”.²⁴ Esses equipamentos adquiriram tamanha importância a ponto de estudos sugerirem que se transformaram em uma verdadeira “extensão dos corpos humanos”,²⁵ passando a oferecer um amplo conjunto de comodidades aos usuários, modificando a vida social e o cotidiano, surpreendendo inclusive as projeções de McLuhan,²⁶ que já percebia a possibilidade dos meios de comunicação com uma extensão humana.

Através do celular é possível o acesso, em tempo real, de um número sem fim de informações que vão desde as condições do trânsito nas cidades, passando pela previsão do tempo e alcançando a possibilidade de realizar operações bancárias instantâneas. Além disso, conforme apresentado, o celular atual também é um depositário de aplicativos que permitem ao usuário acessar aos meios de comunicação tradicionais, como a televisão ou o rádio de sua preferência, exemplo representativo da

23 Sinais Analógicos correspondem na transmissão de sinais de vídeo ou áudio através de pulsos elétricos, enquanto, sinais digitais representam a conversão destes sinais em sinais binários, ou seja, representados por zero ou um. Pesquisa realizada a partir da base de dados da Capes, acesso café, com ordenação descendente. CIRNE, L. O processo de transição para a TV digital no Brasil. *Compólitica*, 9(1), 107 - 130. <https://doi.org/https://doi.org/10.21878/compolitica.2019.9.1.181>, 2019, p. 107.

24 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na revista especializada quadrimestral editada pela Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação (INTERCOM - PORTCOM), dirigida ao campo da Comunicação. BERTOLO, Mait. A rede de internet e o smartphone: a capilarização da informação e comunicação nas dinâmicas espaciais. XXXIX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. São Paulo, 2016, p. 5.

25 Para Couto: McLuhan (2001), possível e especulativamente, iria achar interessante esta resposta e, ainda especulando, estaria recebendo retorno sobre o seu conceito de que os meios de comunicação são extensões do homem e, arriscamos dizer, o celular seria hoje, talvez, bem mais que uma extensão, porém um órgão vital. Citação realizada a partir de pesquisa realizada na revista especializada quadrimestral editada pela Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação (INTERCOM - PORTCOM), dirigida ao campo da Comunicação. COUTO, G. H.. Celulares: A Tecnologia do Telefone Móvel Mediando Uma Nova Linguagem? Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 187-202. 2007, p. 14.

26 McLuhan entende que os meios de comunicação podem ser vistos, de certa forma, como uma extensão do homem: “Como a nova tecnologia elétrica não é uma extensão do corpo, mas do nosso sistema nervoso central, agora encaramos todas as tecnologias, incluindo a linguagem, como meio de armazenar e acelerar a informação. Nesta situação, toda tecnologia pode perfeitamente ser encarada como armamento”. MCLUHAN, Marshall. Os meios de comunicação como extensões do homem. São Paulo: Cultrix, 1969, p. 262.

convergência de meios que vivenciamos. Dentro do crescimento de uso do aplicativo, outro fator que impulsionou enormemente o uso da telefonia móvel foi a criação e massificação de aplicativos que promovem um modo distinto de comunicação interpessoal instantânea e alternativa à telefônica tida como tradicional. Programas como *WhatsApp*, *Instagram*, *Telegram*, *Twitter* entre outros, reforçaram ainda mais a importância da instantaneidade, e passaram a ser valorizados pelo baixo custo financeiro e pela capacidade que estes aplicativos oferecem aos usuários de se organizarem em grupos de contato e, poderem assim, se comunicarem entre si.²⁷ Some-se a isso outros fatores de crescimento do uso da telefonia móvel como o uso do aparelho celular para receber ou transmitir conteúdos diversos, consumir vídeos, jogar ou utilizar aplicativos fotográficos. Além disso, o uso do celular para acessar as redes sociais (como *Facebook*, *Instagram*, *Tik Tok*, *Orkut*), também contribuiu para promover uma inversão/alteração da ordem tradicional do processo comunicativo mediático, com o empoderamento do receptor, isso porque, a televisão, o rádio, o cinema, ou mesmo o livro ou o teatro apresentam um fluxo comunicacional unidirecional, ou seja, o receptor não consegue atuar enquanto emissor de conteúdo, somente como um “consumidor”.

O aparelho celular surgiu como uma extensão do telefone fixo, mas com a digitalização e a convergência tecnológica, o aparelho transformou-se em uma base capaz de agregar diferentes dispositivos: despertador, relógio, máquina fotográfica, calculadora, GPS, áudio, rádio, TV ou acesso à internet, e, por fim, permite até que se faça a costumeira ligação entre duas ou mais pessoas,²⁸ seja por meio da transmissão de voz ou de dados. Assim, esta capacidade de agregar diferentes funcionalidades também pode ser uma das justificativas que explicam por que o aparelho celular se tornou atualmente uma tecnologia tão aceita pela sociedade, principalmente pelos segmentos da população mais jovens. Uma aceitação que faz com que o aparelho celular, seja considerado como uma quase “extensão” do corpo humano²⁹ em face de suas capacidades tanto comunicativas como computacionais, que contribuem para expansão e massificação de seu uso.

Neste cenário, as sociedades contemporâneas incorporaram no seu devenir a chamada comunicação em rede, forma na qual a internet serve de base para que se estabeleça o processo comunicativo por meio de um conjunto de teias interligadas,³⁰ podendo assim, existir mais de uma fonte de informação que faz com que conteúdos transitem, de forma veloz, em diferentes direções. Esse novo modelo, permite que emissores e receptores possam interagir de modo conjunto e contínuo

27 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na revista especializada quadrimestral editada pela Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação (INTERCOM - PORTCOM), dirigida ao campo da Comunicação. BERTOLO, Mait. A rede de internet e o smartphone: a capilarização da informação e comunicação nas dinâmicas espaciais. XXXIX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. São Paulo, 2016, p. 9.

28 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na revista especializada quadrimestral editada pela Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação (INTERCOM - PORTCOM), dirigida ao campo da Comunicação. COUTO, G. H.. Celulares: A Tecnologia do Telefone Móvel Mediando Uma Nova Linguagem? Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 187-202. 2007, p. 14.

29 Para Couto, o aparelho celular se tornou “extensões do homem e, arriscamos dizer, o celular seria hoje, talvez, bem mais que uma extensão, porém um órgão vital”. Citação realizada a partir de pesquisa realizada na revista especializada quadrimestral editada pela Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação (INTERCOM - PORTCOM), dirigida ao campo da Comunicação. COUTO, G. H. Celulares: A Tecnologia do Telefone Móvel Mediando Uma Nova Linguagem? Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 187-202. 2007, p. 14.

30 Para Castells, a sociedade em rede é caracterizada por mudanças nas formas de organização social em decorrência do surgimento das tecnologias da informação, que necessariamente também provocam mudanças econômicas, conforme pode ser verificado pela globalização comercial e pelo aumento das movimentações financeiros. Essa sociedade em rede fundamenta-se na lógica das economias e fatores de produção interligados a nível global, possibilitada por inovações tecnológicas como o microprocessador, os satélites, a internet, relativizando a noção de espaço e tempo. CASTELLS, Manuel. Sociedade em Rede, Volume I. Lisboa: Paz e Terra, 1999.

para modificar conteúdos trocados entre eles. Dessa nova situação interacional emergem as condições para o estabelecimento de uma cultura participativa virtual que termina, potencialmente, por promover um maior empoderamento do receptor. Nesse contexto de expansão do uso do celular e aumento de serviços por ele ofertados de modo associado e convergente, demandando incremento no potencial de transmissão de dados pela telefonia móvel, o espectro de radiofrequência, que já tinha sua importância no passado, adquiriu ainda mais protagonismo se transformando em um recurso imprescindível para manutenção e expansão das telecomunicações contemporâneas, ao ponto de estudos sugerirem que, no século XXI, o espectro de radiofrequência estará para as telecomunicações, assim como as ferrovias e telégrafos estiveram para as indústrias no século XIX, constituindo o objeto de desejo do século XXI.³¹

O espectro de radiofrequência sempre foi um elemento fundamental para a existência e o funcionamento dos sistemas de rádio e de televisão, sejam eles baseados na tecnologia analógica ou agora na digital. Entretanto, as transformações ocorridas nas últimas décadas e a crescente necessidade de estabelecer e ocupar novos espaços no espectro que atendessem as demandas apresentadas pela telefonia móvel e pela internet de modo geral, evidenciaram a crescente importância que vem sendo dada às discussões e ao planejamento para a organização e o uso do espectro de radiofrequência para sustentar a transmissão que distintos meios de comunicação realizam nos tempos atuais como podem ser os satélites, as redes sem fio (*wi-fi*) e a expressiva quantidade de celulares cada vez mais conectados as redes. Portanto, em face da importância das comunicações para a manutenção do nosso modelo de vida atual e do incremento e massificação social do uso dos celulares e de seus serviços agregados, o planejamento e uso dos recursos disponíveis no espectro radioelétrico ganhou uma dimensão estratégica e econômica e precisa ser pensado também a partir do seu valor público e de sua importância para a cidadania.

No contexto dos processos de reorganização do espectro de radiofrequência, vem ocorrendo um processo de polarização envolvendo agentes dos serviços de radiodifusão e agentes ligados às operadoras de telefonia móvel em face da disputa por faixas de espectro de radiofrequência. Ocorre que os tradicionais serviços de radiodifusão são detentores de significativas faixas de frequência, inclusive com faixas que apresentam características de propagação de sinais para grandes distâncias, despertando o interesse dos serviços de telefonia móvel e assim afetando³² diretamente as operações dos tradicionais serviços de radiodifusão, com remanejamento e perda de faixas de frequência. Desde a implantação da telefonia móvel no Brasil, a quantidade de espectro de radiofrequência destinado às operadoras de serviço móvel vem aumentando de forma considerável, se apresentando como uma

31 Citação realizada a partir de pesquisa realizada na revista especializada quadrimestral editada pela Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação (INTERCOM - PORTCOM), dirigida ao campo da Comunicação. BELISÁRIO, A., & LARA, P. J. (2016). Comunicação, Vigilância e infraestrutura: tecnopolíticas do espectro radioelétrico. LIINC, 271-285, p. 273. Acesso em: 05 Fev. 2021.

32 No ano de 2014 ocorreu o sexto processo de reorganização do espectro de radiofrequência, com a desocupação da faixa de 698 MHz a 806 MHz, antes ocupada pelos serviços de radiodifusão de televisão aberta, ainda baseados na tecnologia analógica, para realocação destes canais na faixa de frequência de 470 MHz a 698 MHz, ou seja, canais de radiodifusão que antes ocupavam uma faixa de frequência mais alta, foram realocados na faixa de frequência de 470 a 698 MHz, com aceleração do processo de digitalização da televisão aberta. Após a liberação da referida faixa, o espectro disponível foi disponibilizado para o uso dos serviços móveis de telefonia. No ano de 2021 ocorreu o sétimo processo de reorganização do espectro de radiofrequência com a licitação das faixas de frequência de 3,5 GHz, 2,3 GHz e 26 GHz para implantação da tecnologia de quinta geração (5G), requerendo estudos e avaliações principalmente para a desocupação da faixa de 3,5 GHz, que concentrava a recepção dos sinais de televisão aberta por meio das chamadas antenas parabólicas, além de outras aplicações usufruídas a partir de serviços prestados por meio de satélites, que precisaram de reorganização.

verdade quase irrefutável em alguns momentos,³³ tornado mais complexo o processo de reorganização do espectro de radiofrequência. Daí, surgem argumentos contrários³⁴ ao fornecimento de faixas de frequência adicionais às operadoras de telefonia móvel, sob a alegação de que parte significativa do espectro de radiofrequência destinado às operadoras de telefonia móvel é utilizada de forma ineficiente, não justificando, assim, essa demanda adicional ou sob a alegação de que essa demanda adicional ocorre principalmente dentro de edificações, que poderia ser suprida por redes *wi-fi*, justificando assim a construção de redes cabeadas de alta capacidade para alimentação dessas redes *wi-fi*. E por outro lado, existem argumentos favoráveis, conforme estudos apontando que, desde 2011, ocorreu um crescimento de tráfego de dados móveis de 300%,³⁵ com incremento de 42% somente no terceiro trimestre do ano de 2021 e que haverá um crescimento global de dispositivos móveis conectados à internet de 8,8 bilhões em 2018 para 13,1 bilhões em 2023, com uma densidade de 3,6 dispositivos por pessoas e 10 por domicílio,³⁶ com forte expansão da internet das coisas, justificando assim a destinação de faixas adicionais de radiofrequência para suprir tais previsões.

Tabela 2 - Projeção de tráfego de dados de serviço móvel pessoal

UF	Projeção da demanda consolidada SMP (Mbps)								
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
AC	13.487.859	14.740.795	16.300.765	18.174.200	19.956.109	21.903.788	23.863.407	25.811.585	
AL	69.930.218	80.305.343	90.378.386	103.516.913	117.553.132	132.254.592	147.918.403	164.657.595	
AM	62.382.041	78.002.089	95.135.925	112.980.254	130.051.314	148.017.050	165.842.710	183.313.379	
AP	8.905.570	11.972.102	15.260.449	18.669.330	21.954.647	25.393.763	28.812.847	32.171.683	
BA	281.497.207	330.377.368	385.611.132	439.187.629	487.965.932	538.479.665	586.802.784	632.017.492	
CE	182.151.822	220.213.239	257.663.012	304.264.181	354.107.818	406.521.094	462.421.662	522.200.208	
DF	167.554.393	185.290.906	208.840.478	232.422.963	256.990.887	283.541.353	310.397.168	337.145.399	
ES	39.458.188	51.775.845	63.856.826	79.535.641	96.811.746	115.273.982	135.348.701	157.204.061	
GO	251.407.330	271.873.485	298.037.338	329.871.852	359.970.434	392.994.170	426.164.412	459.075.224	
MA	102.554.615	119.353.276	138.579.975	158.771.915	177.832.450	198.087.026	218.113.806	237.654.334	
MG	436.770.048	529.212.959	618.415.849	733.656.137	858.832.757	990.594.514	1.132.365.881	1.285.381.521	
MS	75.584.723	86.071.597	98.309.364	112.510.348	126.234.372	141.084.980	156.093.818	171.093.943	
MT	59.430.966	69.639.137	81.241.168	94.503.836	107.411.831	121.317.532	135.399.404	149.505.775	
PA	96.781.475	121.218.175	148.004.803	175.898.353	202.589.028	230.674.068	258.541.731	285.856.424	
PB	61.183.602	78.123.175	94.925.224	115.236.409	136.979.083	159.899.929	184.361.301	210.530.668	
PE	211.920.926	264.881.322	317.271.983	381.218.754	449.653.012	521.734.906	598.645.111	680.913.852	
PI	78.423.927	88.430.055	98.068.535	110.978.660	124.759.028	139.161.908	154.499.277	170.883.683	
PR	220.292.011	280.256.499	339.977.201	427.814.331	526.554.424	634.408.536	753.337.370	884.112.279	
RJ	438.271.855	529.273.554	616.684.865	736.910.581	869.089.586	1.009.403.301	1.161.599.100	1.326.970.572	
RN	63.964.290	80.990.781	97.862.332	118.330.963	140.239.868	163.328.705	187.967.402	214.325.084	
RO	25.948.550	29.799.482	34.253.665	39.396.837	44.378.837	49.761.889	55.205.885	60.650.890	
RR	6.923.680	9.241.051	11.730.418	14.311.971	16.798.509	19.402.540	21.990.860	24.533.382	
RS	259.422.335	307.740.587	362.241.472	436.013.595	512.175.196	596.227.251	684.904.802	777.636.720	
SC	179.435.609	213.923.032	247.651.149	300.820.248	360.159.526	424.397.465	494.841.278	571.943.860	
SE	32.743.581	39.022.058	46.038.492	52.854.801	59.075.071	65.523.032	71.687.331	77.465.930	
SP	1.324.245.890	1.618.418.399	1.909.546.705	2.434.297.908	3.035.141.438	3.698.815.632	4.438.136.882	5.257.410.778	
TO	31.941.751	33.815.027	36.405.848	39.673.799	42.713.658	46.083.707	49.453.210	52.778.132	
Total (soma)	4.782.614.462	5.743.951.339	6.728.291.391	8.121.812.411	9.635.779.594	11.274.286.359	13.044.716.337	14.953.244.443	

33 Para Sousa, “no Brasil, o apelo da indústria de telefonia móvel para o uso do dividendo digital é muito forte e baseia-se numa realidade quase irrefutável da crescente demanda por serviços de dados e vídeo com mobilidade, embora alguns argumentem que não haveria necessidade do aumento da quantidade de espectro se o uso fosse otimizado.”

34 Para Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão (ABERT), não há necessidade de atribuição de faixas de frequência adicionais para os serviços de telefonia móvel porque parte significativa do espectro já destinado é utilizado de forma ineficiente. Além do mais, há necessidade de estudos para avaliarem a participação das redes *wi-fi*, isso, porque o aumento do consumo de dados ocorre principalmente dentro de edificações, não justificando faixas de frequência adicionais, mas sim na construção de redes de alta capacidade por meio de meios confinados.

35 ERICSSON. Ericsson Mobility Report. Novembro de 2021. Disponível em: <https://www.ericsson.com/4ad7e9/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2021/ericsson-mobility-report-november-2021.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2022

36 CISCO. Cisco Annual Internet Report (2018–2023). Relatório Anual da Internet da Cisco. 08 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/annual-executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>. Acesso em: 03 jun. 2022.

Fonte: Anatel³⁷

No total do país, percebe-se que o tráfego móvel de dados vem apresentando um crescimento médio anual superior a 15% nos últimos anos, com projeções de expansão em todas as unidades da federação do país. No total geral, verifica-se uma possibilidade de crescimento de quase 70% para o período compreendido entre 2018 a 2025.

3. Impactos ambientais decorrentes da expansão da telefonia móvel

Nas duas consultas públicas estudadas, uma temática reiterada de forma regular por diversos participantes é em relação ao aumento do número de antenas para a cobertura de telefonia móvel com a implantação das novas tecnologias de telefonia móvel. Conforme apresentado pela pesquisa, já vem ocorrendo um aumento natural de demanda por serviços móveis por parte da sociedade, além do mais, tecnicamente também foi apresentado que progressivamente a telefonia móvel vem utilizando cada vez mais faixas de frequência localizadas em posições mais altas do espectro de radiofrequência, sendo que apresentam maior capacidade para transmissão de informações, mas em contrapartida se propagam para menores distâncias. Uma exceção corresponde à utilização da faixa de 700 MHz, objeto de estudo pela pesquisa, que embora esteja numa posição mais baixa do espectro de radiofrequência e era historicamente ocupada pelos serviços de televisão aberta no país, mas despertou interesse por parte das operadoras de telefonia móvel diante de sua capacidade de propagação para grandes distâncias, contribuindo para a complementação de redes construídas a partir de frequências mais altas. Assim, com a expansão da telefonia móvel, também vem ocorrendo um aumento de antenas para suprir essa demanda adicional de comunicação.

Conforme dados pelo Sinditelebrasil,³⁸ o Brasil possui atualmente 92 mil torres para suporte de antenas para o serviço de telefonia móvel, mas com uso cada vez maior de serviços de vídeo e a crescente demanda por novos serviços, será necessário um número cada vez maior de antenas, sendo que, para a consolidação do 5G, estipula-se a necessidade de um número de cinco a dez vezes mais antenas, acompanhadas de uma infraestrutura de fibra ótica. Portanto, se as projeções se confirmarem, o número de antenas transmissoras de sinais de telefonia móvel podem saltar de 92 mil para 920 mil, sem excluir a existência de antenas transmissoras de radiofrequência de outros serviços, como a radiodifusão, radioamador, sinais de internet etc. Adicionalmente, estudos apontam que desde 2011, houve um crescimento de tráfego de dados móveis de 300%,³⁹ com incremento de 42% somente no terceiro trimestre do ano de 2021 e que haverá um crescimento global de dispositivos móveis conectados à internet de 8,8 bilhões em 2018 para 13,1 bilhões em 2023, com uma densidade

37 BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações – PERT – 2019 a 2024 - PROCESSO SEI Nº 53500.010470/2021-40. Anatel, Brasília, 2019, p. 74. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/agenda-regulatoria>. Acesso em: 29 jun. 2023.

38 BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. Sistema de Acompanhamento de Consulta Pública. Consulta Pública nº 09/2021, id nº 91719. Anatel, 2021. Disponível em: <https://sistemas.anatel.gov.br/SACP/?SISQSmodulo=0>. Acesso em: 21 Jun. 2022.

39 ERICSSON. Ericsson Mobility Report. Relatório de Mobilidade Ericsson. Novembro de 2021. Disponível em: <https://www.ericsson.com/4ad7e9/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2021/ericsson-mobility-report-november-2021.pdf>. Acesso em: 03 jun 2022.

de 3,6 dispositivos por pessoas e 10 por domicílio,⁴⁰ com forte expansão da internet das coisas, justificando assim a destinação de faixas adicionais de radiofrequência para suprir tais previsões. Ou seja, a densidade de dispositivos conectados à internet está chegando ao número de 3,6 dispositivos por pessoa ou dez dispositivos por domicílio, os quais, somados às antenas transmissoras de sinais de telefonia móvel, também são fontes emissoras de sinais de radiofrequência, aumentando os níveis de radiação não ionizantes⁴¹ em que a sociedade brasileira e mundial se expõe, podendo haver consequências quanto à saúde da população.

Os efeitos sobre o corpo humano decorrentes da exposição aos níveis de radiação não ionizante passaram a ser uma preocupação de comunidades científicas mundiais, isso porque, a interação entre o corpo humano e as ondas eletromagnéticas tem o poder de alterar a absorção natural de radiação, principalmente de frequências mais elevadas, pois diante da dimensão do comprimento de onda do sinal que pode atingir o tamanho da estrutura da pele humana, além do fato de que os canais de suor da pele podem ser enxergados como bobinas, essa estrutura do corpo pode operar como antenas e potencializar a irradiação de sinais de radiofrequência e, assim, o processo de absorção de irradiação pelo corpo humano se torna possível. Diante dessa complexidade do corpo humano, podem existir diferentes frequências que sejam consideradas ideais para o processo de absorção de radiação pelo corpo humano, dificultando processos de estudo, fazendo com que a exposição prolongada de sistemas biológicos a essas emissões possa ocasionar danos à saúde, como riscos cancerígenos.⁴²

Em relação a possíveis ocorrências na saúde humana, cabe salientar uma pesquisa realizada⁴³ sobre um levantamento de artigos, dissertações e teses para o período de 2009 a 2020, redigidos em português ou inglês, contendo relatos, estudos de casos ou ensaios clínicos que utilizassem como amostras seres humanos sobre possíveis consequências advindas de exposição à radiação não ionizante. A partir de uma amostra inicial de 2.130 trabalhos, com a redução para 1.158 trabalhos após a aplicação de filtros, com outra redução para 102 trabalhos a partir de uma análise dos resumos e títulos, que, logo em seguida, foram submetidos a uma análise por pares, selecionando, ao fim, onze trabalhos como relevantes para detalhamento dos trabalhos.

A partir dos resultados levantados pela pesquisa em questão, a mesma sugere que os principais

40 CISCO. Cisco Annual Internet Report (2018–2023). Relatório Anual da Internet da Cisco. 08 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>. Acesso em: 03 Jun. 2022.

41 Conforme art. 1º da Resolução nº 700/2018 da ANATEL, a radiação não ionizante pode ser entendida uma modalidade de radiação de baixa frequência e baixa energia decorrente de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (CEMRF), associados à operação de estações transmissoras de radiocomunicação. Cabe ressaltar ainda que radiação não ionizante pode ser proveniente de fontes naturais ou não naturais. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Eletromagnetic fields (EMF). What are electromagnetic fields?* Geneva: WHO, 2019.

42 SERAFINI, Felipe. Análise dos efeitos das ondas milimétricas no corpo humano. CIPPUS. Canoas, v. 10, n. 1, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.18316/cippus.v10i1.989>, p. 8-9.

43 A pesquisa foi realizada nas bases de dados SciELO (Scientific Electronic Library Online), LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), PubMed, Cochrane Library e BVS Fiocruz (Biblioteca Virtual em Saúde Fiocruz). A fim de aumentar o leque de possibilidades do mapeamento dos estudos relacionados ao tema no Brasil, ampliou-se o processo de busca com a BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações), o Oasisbr (Portal Brasileiro de Publicações Científicas em Acesso Aberto), o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a NDLTD (Networked Digital Library of Theses and Dissertations). CUNHA, Moisés da Costa; BARBOZA, Kevin Lucas Oliveira; GIL BORGES, Larissa Suellen; MARTINS, João Marcos de Sousa; GONZALES, Eliéverson Guerchi. Estado da arte brasileira sobre os efeitos da radiação não ionizante na saúde humana. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.8, p. 80876-80893 aug. 2021, ISSN: 2525-8761.

efeitos apontados como consequência da exposição de seres humanos à radiação não ionizante se referem à inflamação crônica de determinados componentes do plasma sanguíneo, irritabilidade, ansiedade, dificuldade de concentração, sonolência ao longo do dia, formigamento manual, zumbido auditivo, dores de cabeça, perda de audição, perda de sensibilidade nas mãos, perturbações visuais (catarata, opacidade do cristalino e melanoma ocular), esquecimentos de memória e tontura. Adicionalmente a pesquisa sugere o risco de desenvolvimento de tumores associados por exposição em longo prazo a radiação não ionizante. Outros sintomas foram descartados quanto a possíveis consequências de exposição à radiação não ionizante, como depressão, sinais oculares (ardência, cansaço, lacrimejamento), fadiga, problemas cardiovasculares (infarto, palpitação, infarto agudo do miocárdio, hipertensão arterial sistêmica, AVC e varizes), distúrbios endócrinos (diminuição de libido, diabetes), problemas gestacionais (aborto e natimorto), infertilidade e vermelhidão na pele.⁴⁴

A pesquisa acrescenta ainda que, para a Organização Mundial de Saúde (OMS), a radiação não ionizante tem o potencial de causar estresses térmicos no corpo humano ou até mesmo danos em tecidos, mas dependem do nível de exposição que o indivíduo se submete. Todavia, os limites humanos para esses tipos de danos ainda são desconhecidos e também não se conhece o limiar a partir de que ponto a radiação não ionizante causa prejuízos de importância clínica aos indivíduos expostos. Embora já exista uma vasta literatura sobre o assunto, as conclusões relacionadas com os efeitos clínicos da radiação não ionizante no corpo humano ainda são inespecíficas e não possuem clareza quanto aos seus argumentos. Assim, por mais que exista um perigo associado aos efeitos da radiação não ionizante, o que já sabe sobre o assunto ainda é insatisfatório e pouco esclarecido, fazendo com que a população tenha que conviver cotidianamente com um risco desconhecido e ainda pouco estudado, considerando principalmente a recente expansão das telecomunicações no planeta.⁴⁵

Ocorre que em função da expansão de equipamentos que são fontes de radiação não ionizante ao longo do último século, principalmente de equipamentos de telefonia móvel, mesmo ainda não existindo unanimidade do quanto essa radiação possa causar prejuízos à saúde humana, com o despertar da comunidade científica foram estabelecidos limites para a exposição humana. Assim, sistemas de telecomunicações e de radiodifusão passaram a se submeter a regulamentações recomendadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS), com destaque para normas elaboradas pelas organizações internacionais *International Commission on Non Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) e da *International Radiation Protection Association* (IRPA). No Brasil, no ano de 2002, seguindo as diretrizes dessas organizações internacionais da OMS, a ANATEL editou sua primeira regulamentação sobre a temática,⁴⁶ estabelecendo limites para a exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, vinculados à operação de estações transmissoras de radiocomunicação de serviços de

44CUNHA, Moisés da Costa; BARBOZA, Kevin Lucas Oliveira; GIL BORGES, Larissa Suellen; MARTINS, João Marcos de Sousa; GONZALES, Eliéverson Guerchi. Estado da arte brasileira sobre os efeitos da radiação não ionizante na saúde humana. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.8, p. 80876-80893 aug. 2021, ISSN: 2525-8761, p. 80889.

45CUNHA, Moisés da Costa; BARBOZA, Kevin Lucas Oliveira; GIL BORGES, Larissa Suellen; MARTINS, João Marcos de Sousa; GONZALES, Eliéverson Guerchi. Estado da arte brasileira sobre os efeitos da radiação não ionizante na saúde humana. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.8, p. 80876-80893 aug. 2021, ISSN: 2525-8761, p. 80876, 80879

46 BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. Resolução nº 303, de 2 de julho de 2002. Aprova o Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/17-2002/128-resolucao-303>. Acesso em 01 ago. 2023.

telecomunicações, bem como definindo métodos de avaliação e procedimentos a serem observados quando do licenciamento de estações de radiocomunicação, no que diz respeito a aspectos relacionados à exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na referida faixa de radiofrequências. O regulamento em questão trouxe limites de níveis máximos de exposição para exposição ocupacional, situações em que pessoas são expostas à radiação em consequência de seu trabalho, cientes do potencial de exposição e podendo exercer o controle de sua permanência no local, e também para da população em geral, situações em que as pessoas não têm ciência do risco e não podem adotar medidas preventivas para mitigar possíveis consequências. Com a publicação do regulamento pela ANATEL em 2002, foi estabelecido um prazo de dois anos, para que os responsáveis pela operação de estações transmissoras de radiocomunicação, efetuassem a avaliação de suas estações, no sentido de verificar o atendimento aos níveis máximos de radiação não ionizante.

Avançando, no ano de 2009, o Congresso Nacional aprovou a Lei nº 11.934, de 5 e maio de 2009, para dispor especificamente sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos. O marco legal em questão estabeleceu que o Brasil deveria seguir os limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde - OMS para a exposição ocupacional e da população em geral a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos originados a partir estações transmissoras de radiocomunicação, por aparelhos de usuários e por conjuntos de energia elétrica que operam na faixa até 300 GHz. Se porventura não forem estabelecidos limites pela OMS, o país deve adotar os níveis máximos definidos pela Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP). Definiu também que as estações transmissoras de radiocomunicação, os aparelhos de usuário e os conjuntos de energia elétrica em operação no território nacional deverão atender aos limites de exposição humana aos campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos definidos em regulamentação expedida pela ANATEL. A ANATEL também foi definida como responsável pela fiscalização dos níveis de radiação não ionizante, devendo, dentre outras obrigações, implementar, manter e tornar público um sistema de monitoramento dos níveis de radiação não ionizantes para o território nacional em tempo real, realizar medições prévias dos níveis de radiação não ionizante em locais contendo mais de uma estação transmissora de sinal (chamado de locais multiusuários) e realizar medições de conformidade, sessenta dias após a expedição de novas licenças de funcionamento, no entorno de estação instalada em solo urbano e posicionada em área crítica, instalada até cinquenta metros de hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos.

Para se adequar ao novo marco legal, a ANATEL editou um novo regulamento para controle dos níveis de radiação não ionizante no país, com a publicação da Resolução ANATEL nº 700, de 28 de setembro de 2018, que basicamente manteve a estrutura da regulamentação anterior, mas incorporou as novas obrigações para a agência reguladora com a publicação do marco legal dos níveis de radiação não ionizante por meio da Lei nº 11.934, de 5 e maio de 2009. Adicionalmente, em face da importância do tema para a saúde da sociedade brasileira, a ANATEL criou um plano específico para cuidar da fiscalização dos níveis de radiação não ionizantes no país, o Plano de Monitoração de Radiação Não Ionizante (PM – RNI), para acompanhamento, controle e medições de campos eletromagnéticos de radiofrequência, garantido que a exposição humana a campos eletromagnéticos de radiofrequência esteja abaixo dos limites máximos recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

O Plano de Monitoração de Radiação Não Ionizante é estruturado sobre três fases,⁴⁷ de forma anual, sendo que diante do alto quantitativo de estações de radiodifusão e telecomunicações é humanamente impossível realizar medições individuais, fazendo com que a ANATEL adote medições por meio de amostras estatísticas representativas do total de estações transmissoras de radiocomunicação. A primeira fase consiste em medições realizadas em áreas pré-definidas pela agência, por meio de equipamentos instalados em carros, que capturam as contribuições de níveis de radiação não ionizantes de diversas estações. Os dados recolhidos dessas medições são submetidos a uma análise criteriosa, com a identificação de possíveis estações que possam estar descumprido os limites máximos de níveis de radiação não ionizante estabelecidos. Em seguida, tem início a segunda fase, com a utilização de equipamentos com maior precisão, servidores da agência realizam uma avaliação mais detalhada dessas possíveis estações irregulares. Se mantido os níveis elevados, há início de uma terceira fase, com a utilização de equipamentos com precisão ainda maior, inclusive com capacidade de avaliação de contribuições individualizadas de cada estação, para constatação de níveis de radiação não ionizante elevados. Havendo confirmação de níveis que extrapolem aos valores máximos definidos pela regulamentação, a ANATEL adota medidas administrativas cautelares, como diminuição de potência ou até o desligamento de estações de radiocomunicação, no sentido de viabilizar a operação de estações abaixo dos níveis máximos permitidos pela regulamentação.

Em face do exposto, em que pese a existência de uma regulamentação específica para o controle dos níveis de radiação não ionizante, avaliando as políticas públicas de telecomunicações estudadas em confronto com as devidas prescrições legais, percebe-se a ausência de prescrições no âmbito dos principais diplomas legais para minimizar o impacto dos serviços de telecomunicações sobre o meio ambiente de forma geral. Para ilustrar a necessidade de maior envolvimento das políticas públicas de telecomunicações com o meio ambiente, registrando inclusive a falta de estudos específicos e recentes sobre o assunto, no ano de 2005, com número superior de um bilhão de computadores, milhões de *Data Center* e quatro bilhões de telefones fixos e móveis e redes de telecomunicações consumiu aproximadamente 8% da energia total do mundo. Atualmente, aproximadamente quatro bilhões de pessoas nunca usaram um computador ou aparelho celular, cujo impacto no meio ambiente pode aumentar ainda mais com a incorporação desses indivíduos excluídos. No ano de 2007, 1,5% de toda energia dos EUA era consumida por *data center*, além do mais, o total de *data center* pode estar gerando significativas quantidades de gás carbônico, com impacto direto no efeito estufa.⁴⁸ Desta forma, os efeitos ao meio ambiente decorrentes da crescente utilização em massa de dispositivos eletrônicos para conexão à internet, bem como, a necessidade de mais *Data Center* não podem ser ignorados, necessitando de mais atenção por parte do Poder Público de questões ambientais afetas ao setor de telecomunicações.

47 BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. Plano de Ação para Avaliação da Exposição Humana à Campos Eletromagnéticos de Radiofrequência (PAE). - PROCESSO SEI Nº 53500.024426/2018-11. Anatel, Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/leilao-da-tecnologia-de-quinta-geracao-alcanca-r-47-2-bilhoes>. Acesso em: 29 jun. 2023.

48 SCHULZ, Murilo Alexandre; SILVA, Tania Nunes. TI Verde e eficiência energética em Data Centers. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 6, n. 2, p. 121-133, 2012.

Considerações finais

A telefonia móvel é uma tecnologia atualmente muito aceita pela sociedade contemporânea, com sua aceitação podendo ser explicada pelas facilidades advindas de permitir a comunicação entre dois pontos, mas de forma móvel. Entretanto, a aceitação da telefonia móvel também pode ser explicada por outros fatores como pelo fato de que o aparelho celular tenha se tornado um verdadeiro computador, permitindo assim que diversas aplicações sejam de fácil alcance para qualquer indivíduo a partir da simples instalação de um aplicativo no aparelho celular.

Entretanto, diante do crescimento da telefonia móvel, fica evidenciado o surgimento de possíveis impactos negativos sobre o meio ambiente, com destaque principalmente pelo aumento das fontes emissoras de radiação não ionizante que podem comprometer a saúde humana. Em que pese os estudos sobre os possíveis efeitos da radiação não ionizante sejam recentes e tomando como referência as últimas décadas, trata-se de um assunto que requer muita atenção por parte do Poder Público no sentido de tomar decisões administrativas para manter os níveis de radiação em limites aceitáveis conforme recomendações da Organização Mundial de Saúde. E quanto aos possíveis impactos diretos ao meio ambiente, com destaque para o aumento do consumo de energia elétrica diante da expansão de dispositivos móveis, deve ser destacada a falta de estudos mais aprofundados e atuais para qualificar esses efeitos e nortear decisões do Poder Público.

Referências

BELISÁRIO, A., & LARA, P. J. (2016). Comunicação, Vigilância e infraestrutura: tecnopolíticas do espectro radioelétrico. **LIINC**, 271-285, p. 273

BERTOLO, Mait. A rede de internet e o smartphone: a capilarização da informação e comunicação nas dinâmicas espaciais. XXXIX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. **Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação**. São Paulo, 2016

BIN SULAIMAN, Rejwan; BIN SULAIMAN, Rejwan; KAREEM, Amer, A Review on Concepts and Technologies of 6G Cellular Network and Future Scope (November 16, 2020).

Available at

SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3731869> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3731869>

BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações – PERT – 2019 a 2024 - PROCESSO SEI Nº 53500.010470/2021-40. **Anatel**, Brasília, 2019

BRASIL. Ministério das Comunicações. Telebrás. Institucional. **Telebrás**. Brasília, 2022.

Disponível em: http://www.telebras.com.br/inst/?page_id=41

BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. **Resolução nº 303, de 2 de julho de 2002**. Aprova o Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz.

Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/17-2002/128-resolucao-303>

CIRNE, L. O processo de transição para a TV digital no Brasil. **Compólitica**, 9(1), 107 - 130. <https://doi.org/https://doi.org/10.21878/compolitica.2019.9.1.181>, 2019

CISCO. Cisco Annual Internet Report (2018–2023). **Relatório Anual da Internet da Cisco**. 08 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>.

COUTO, G. H.. Celulares: A Tecnologia do Telefone Móvel Mediando Uma Nova Linguagem? **Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação**, 187-202. 2007

CUNHA, Moisés da Costa; BARBOZA, Kevin Lucas Oliveira; GIL BORGES, Larissa Suellen; MARTINS, João Marcos de Sousa; GONZALES, Eliéverson Guerchi. Estado da arte brasileira sobre os efeitos da radiação não ionizante na saúde humana. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.8, p. 80876-80893 aug. 2021, ISSN: 2525-8761

ELDRED, Christopher; KENNEY, Martin; Kushida, KENJI; MURRAY, Jonathan; ZYSMAN, John, 5G: Revolution or Hype? (August 1, 2019). **Available at SSRN**: <https://ssrn.com/abstract=3443740> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3443740>

ERICSSON. Ericsson Mobility Report. **Relatório de Mobilidade Ericsson**. Novembro de 2021. Disponível em: <https://www.ericsson.com/4ad7e9/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2021/ericsson-mobility-report-november-2021.pdf>

KINAST, Priscilla. Qual a diferença entre 3G, 3.5G, 4G LTE, 4G+, 4.5G e 5G? Veja a atual cobertura das redes no Brasil. **OFICINA DA INTERNET**, 05 jul. 2019. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/tecnologia/23058-qual-a-diferenca-entre-3g-4g-4g-5g-e-lte-conheca-os-tipos-de-internet-movel>.

LEVY, Pierre. **As Tecnologias da Inteligência**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. 1ª edição, São Paulo: editora 34, 1993

MCLUHAN, Marshall. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Cultrix, 1969

Padronização das subfaixas do espectro de radiofrequência de telefonia móvel. **Teleco**, 07 jan. 2022. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/licitacoes.asp>

PINHEIRO, Alexandre Pereira. **A Reversibilidade de Bens na Concessão do Serviço Telefônico Fixo Comutado: uma Análise Crítica na Perspectiva da Teoria Responsiva da Regulação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Direito) – Faculdade de Direito, UnB, Brasília, 2017

SANTOS, Verlane. Dimensões e Implicações da Convergência Tecnológica no Macro-setor das Comunicações. XXXII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. **Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação**. Curitiba, 2009

SCHULZ, Murilo Alexandre; SILVA, Tania Nunes. TI Verde e eficiência energética em Data Centers. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 121-133, 2012

SERAFINI, Felipe. Análise dos efeitos das ondas milimétricas no corpo humano. **CIPPUS**. Canoas, v. 10, n. 1, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.18316/cippus.v10i1.989>

SOUSA, Renan Martins de. O Dividendo Digital e a atuação do TCU para a melhoria da oferta de serviços de banda larga móvel à população brasileira. **Revista do Tribunal de Contas da União – Brasil** - ano 44- número 125 • Setembro/Dezembro 2012. Disponível em: <https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCUCU/issue/view/>

SUNDFELD, C. A., & CÂMARA, J. A. Bens reversíveis nas concessões públicas: a inviabilidade de uma teoria geral. **Revista da Faculdade de Direito – UFPR**, Curitiba, vol. 61, n. 2, maio/ago, 2016

VICENTIN, Diego Jair. **A Reticulação da Banda Larga Móvel: definindo padrões, informando a rede**. 2016. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp, Campinas, 2016

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Eletromagnetic fields (EMF). What are electromagnetic fields?** Geneva: WHO, 2019

Environmental impacts resulting from the expansion of mobile telephony

ABSTRACT The objective of this article is to analyze possible impacts resulting from the expansion of mobile telephony in recent decades on the environment, including human health. Therefore, through a bibliographical review, the research presents features that can explain the great acceptance of mobile telephony by contemporary society, with emphasis on the evolution of successive mobile technologies that have emerged in recent decades. The work points out that, in parallel with the expansion of mobile telephony, given its social acceptance, there is an increase in the use of additional radio frequency bands with the potential to intensify possible effects on the environment, such as the increase in electricity consumption with the growth of electronic devices in operation, as well as on human health in view of the increase in radiofrequency transmitting devices with mobile telephony. With this analysis, the research hopes that reflections of possible state actions may arise in order to minimize possible negative effects arising from the expansion of mobile telephony. **KEYWORDS** *Mobile telephony; Radio Frequency Spectrum; Non-ionizing radiation; Object of desire.*