

ESTRATÉGIA BRASILEIRA DE REDES DE QUINTA GERAÇÃO (5G)

Versão para consulta pública

Versão: 25/06/2019

CONSULTA PÚBLICA

Ministério da Ciência, Tecnologia,
Inovações e Comunicações
Secretaria de Telecomunicações
Departamento de Serviços de Telecomunicações

Índice

INTRODUÇÃO	2
1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	3
A. Aspectos gerais sobre a tecnologia 5G.....	3
B. Experiência Internacional	5
2. EIXOS DE ATUAÇÃO.....	9
A. Radiofrequência	9
B. Outorga e Licenciamento	14
C. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.....	19
Fomento à PD&I em 5G no Brasil e principais resultados	22
FUNTTEL.....	22
Lei de Informática	23
Lei do Bem.....	24
Projetos e parcerias em 5G no Brasil	25
Tecnologias desenvolvidas no Brasil	25
Projeto 5G Brasil.....	25
Acordo Multilateral 5G.....	26
D. Aplicações.....	27
E. Segurança.....	33

INTRODUÇÃO

A tecnologia das redes de quinta geração (redes 5G) possui papel central no processo de transformação digital da economia e da sociedade. Em todo o mundo, é esperada uma ampliação significativa no número de dispositivos móveis conectados à internet e da conexão máquina a máquina baseada em Internet das Coisas (IoT). Além de permitir que mais dispositivos acessem a internet móvel ao mesmo tempo, a tecnologia 5G promoverá mais velocidade, maior capacidade de banda e maior conectividade entre dispositivos com menor tempo de resposta. Com isso, será possível executar serviços críticos e que requerem alta confiabilidade de comunicações. Aplicações como cidades inteligentes, veículos autônomos, procedimentos de saúde realizados à distância e a automação e uso de robótica na produção e nos serviços se tornarão parte do nosso dia a dia.

Nesse contexto, o objetivo deste documento é apresentar um diagnóstico de desafios ainda a serem enfrentadas, uma visão das potencialidades e um mapeamento das oportunidades propiciadas pela tecnologia 5G no Brasil. Esta é uma iniciativa que encontra eco na Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital), dedicada a lidar com desafios e oportunidades no impacto das tecnologias digitais, e cujas prioridades incluem um maior engajamento em prol da definição de padrões internacionais e de faixas de radiofrequência a serem estabelecidos para 5G. Assim, são identificadas ações que, se empreendidas, permitirão ao país inserir-se na quinta geração de serviços móveis alinhado às melhores práticas mundiais, de forma a aproveitar todas as oportunidades de crescimento econômico e de melhorias para a qualidade de vida da população propiciadas pela tecnologia.

O documento está estruturado da seguinte forma: uma contextualização, que busca trazer aspectos gerais das redes 5G e algumas iniciativas internacionais já em andamento, e cinco eixos temáticos de atuação, os quais envolvem aspectos relativos à implantação de infraestruturas de redes de nova geração e ao desenvolvimento do ecossistema 5G como um todo. Portanto, são identificados os seguintes eixos de atuação nesta Estratégia Brasileira de Redes de Quinta Geração (5G): (i) radiofrequência; (ii) outorga e licenciamento; (iii) pesquisa, desenvolvimento e inovação; (iv) aplicações; e (v) segurança no ambiente 5G.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A. Aspectos gerais sobre a tecnologia 5G

As duas principais entidades mundiais responsáveis pela padronização das redes móveis de quinta geração (5G) são a União Internacional de Telecomunicações - UIT e o *3rd Generation Partnership Project* - 3GPP. Em linhas gerais, o papel da primeira entidade é definir os requisitos e diretrizes que servirão de base para o desenvolvimento da tecnologia, enquanto a atribuição da segunda é definir e manter padrões técnicos das diversas tecnologias de comunicações móveis que servirão de suporte para o atendimento dos requisitos da próxima geração de redes móveis. Na UIT, a padronização dos requisitos do 5G foi denominada *International Mobile Telecommunications-2020*, ou IMT-2020.

Ao longo do desenvolvimento da visão sobre a tecnologia 5G, surgiu o consenso de que a próxima geração de sistemas de comunicação celular será impulsionada por novos usos das tecnologias digitais, gerando a necessidade de ampla largura de banda para permitir maior desempenho. Até então, as gerações anteriores de sistemas celulares foram projetadas com foco em maior eficiência espectral e baixa latência. Assim, pode-se entender que o 5G não é apenas uma evolução do 4G: sua proposta vai além do simples aumento da capacidade de vazão do transporte de dados, como ocorreu nas mudanças de geração anteriores. As redes móveis 5G proporcionarão serviços avançados de banda larga móvel, com taxas de dados mais altas, menor latência e mais capacidade, que possibilitarão enorme potencial para novos serviços sem fio de valor agregado. Há diversos desafios para o desenho da tecnologia 5G tendo em vista o suporte para o fornecimento de serviços do futuro, tais como:

- **eMBB (Enhanced mobile broadband ou “Banda larga móvel aprimorada”)**: acesso à internet de alta largura de banda, adequado para navegação na web, *streaming* de vídeos e realidade virtual.
- **URLLC (Ultra-reliable low latency communication ou “Comunicação de baixa latência ultra confiável”)**: serviços para dispositivos sensíveis à latência, tais como as aplicações de automação de fábrica, a direção autônoma de veículos e a cirurgia remota.
- **mMTC (Massive machine type communication ou “Comunicação do tipo máquina massiva”)**: suporte a um número muito grande dispositivos, em áreas restritas ou mais abrangentes, como exemplificado nos diferentes casos de uso da Internet das Coisas (IoT).

Além das categorias acima, sobre as quais já há amplo consenso e estão bastante difundidas, ainda há espaço para a introdução de outros tipos de serviços a serem suportados pela tecnologia 5G. Um exemplo compatível com a realidade brasileira seria uma possível introdução de funcionalidade destinada à cobertura da rede de dados em grandes distâncias, com foco em áreas rurais ou regiões com baixa densidade populacional.

O gráfico a seguir indica, em resumo, as possíveis aplicações que advirão do uso da tecnologia 5G:

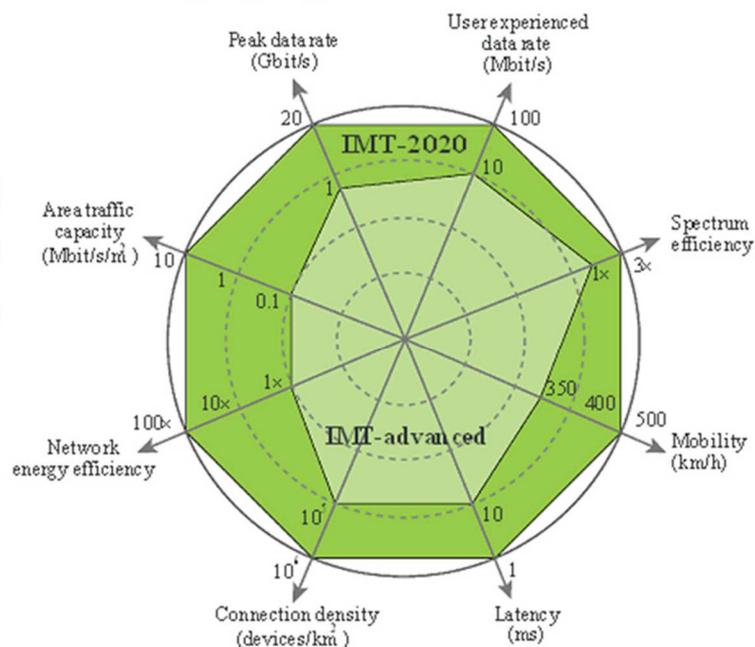
Figura 1: Perspectiva de aplicações 5G



Fonte: Qualcomm. *Paving the path to narrowband 5G with LTE IoT*

Alguns requisitos mínimos já foram definidos para o IMT-2020. Eles incluem, por exemplo, o aumento em 10 vezes da taxa de dados experimentada pelo usuário (de 10 Mbps para acima de 100 Mbps, podendo atingir um pico de 20 Gbps); latência de 4 milissegundos em comparação com os 10ms atuais (podendo chegar a 1 milissegundo para aplicações ultraconfiáveis); e a capacidade para conectar até 1 milhão de dispositivos por quilômetro quadrado. Os requisitos estão ilustrados na figura abaixo:

Figura 2. Requisitos IMT-2020 para 5G



M.2083-03

Fonte: UIT, *Setting the scene for 5G: opportunities and challenges*

B. Experiência Internacional

Embora em alguns países já existam planos e ações concretas para a implantação da tecnologia 5G, observa-se que a maior parte dos países encontra-se nas fases iniciais deste processo, em particular na realização de estudos e de leilões para a disponibilização de espectro a ser utilizado pelas redes de quinta geração. É possível observar também a movimentação de países como EUA, assim como China, Coreia do Sul e outros países asiáticos, na busca da liderança na implantação de redes 5G, com foco em impulsionar mercados para sua própria indústria de equipamentos de infraestrutura de redes e de terminais e de telecomunicações móveis. Destacam-se a seguir algumas das iniciativas de países que já adotaram ações para 5G.

Alemanha

A estratégia alemã para 5G¹ está focada em cinco ações fundamentais: (i) iniciar imediatamente o lançamento das redes, com vistas a vencer o desafio de implementar o alto número de células necessárias para o funcionamento das futuras redes; (ii) disponibilizar faixas de frequência com base na demanda, de modo a evitar a escassez de espectro para a tecnologia; (iii) promover cooperação entre a indústria de telecomunicações e usuários; (iv) incentivar a pesquisa direcionada e coordenada; e (v) iniciar o uso do 5G nas cidades, de modo a aproveitar a infraestrutura de *backhaul* e redes de acesso já existentes.

Quanto à disponibilização de espectro para 5G, o regulador de telecomunicações alemão *Bundesnetzagentur* (BNetzA) licitou, no primeiro semestre de 2019, as faixas de 2 GHz e 3,5 GHz. O leilão, finalizado em 12 de junho, arrecadou mais de 6,5 bilhões de euros sob críticas de que o alto valor poderá prejudicar os futuros investimentos em redes. Além das operadoras tradicionais (Telekom Deutschland², Vodafone³ e Telefónica⁴), a nova entrante Drillisch também adquiriu blocos, totalizando 2x10 MHz na faixa de 2GHz e 50 MHz na faixa de 3,5 GHz. As obrigações propostas incluem cobertura de 98% dos domicílios, disponibilização de cobertura a 100 Mbps em ferrovias com mais de 2.000 passageiros/dia, instalação de 500 estações rádio base (ERB) com pelo menos 100 Mbps de capacidade em localidades sem cobertura, e instalação de pelo menos 1.000 ERBs com serviços em 5G.

China

Os planos de governo chineses almejam a liderança na comunicação móvel 5G. Para tal, planejam investimentos no valor de US\$ 411 bilhões para a próxima década⁵. Já existem orientações às três operadoras de telefonia móvel do país (China Mobile, China Telecom e China Unicom) para a implantação de redes de teste 5G em dezenas de cidades, incluindo Pequim, Xangai e Shenzhen. São

¹ Governo Federal Alemão: *5G Strategy for Germany* (julho de 2017). Disponível em https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/5g-strategy-for-germany.pdf?__blob=publicationFile

² 2x20MHz na faixa de 2 GHz e 90 MHz na faixa de 3,5 GHz

³ 2x20MHz na faixa de 2 GHz e 90 MHz na faixa de 3,5 GHz

⁴ 2x10MHz na faixa de 2 GHz e 70 MHz na faixa de 3,5 GHz

⁵ Fonte: <https://www.scmp.com/tech/china-tech/article/2098948/china-plans-28-trillion-yuan-capital-expenditure-create-worlds>

previstos, ainda, incentivos ao desenvolvimento de aplicativos baseados em 5G relacionados à telemedicina e à infraestrutura urbana. Quanto ao espectro, já foram disponibilizadas para *trials* em 5G as faixas de 3,5 GHz (China Unicom e China Telecom receberam 100 MHz cada) e 2,6 GHz (160 MHz para a China Mobile)⁶.

Colômbia

A ANE (*Agencia Nacional del Espectro*), regulador colombiano, abriu consulta pública em abril de 2019 sobre as bandas de frequência a serem disponibilizadas para o 5G no país. Além de comentários acerca das faixas de frequências apontadas, a proposta busca insumos para aspectos diversos, tais como: priorização de ações para o lançamento de redes, indicação de tecnologias, possíveis incentivos para o desenvolvimento e adoção do 5G e indicação de que caso de uso teria mais impacto no país.

Quanto às faixas de frequência, grande parte das bandas identificadas encontra-se na parte alta do espectro. As faixas baixas e intermediárias foram apenas as bandas de 600 MHz, 700 MHz e 3,5 GHz. Nas faixas altas, as bandas apontadas na consulta pública (em grande parte já livres para uso) são, a saber: 26 GHz, 28 GHz, 32 GHz, 38 GHz, 42 GHz, 45-50 GHz, 50-52 GHz, 66-76 GHz e 81-86 GHz.

México

O regulador de telecomunicações mexicano, IFT (*Instituto Federal de Telecomunicaciones*), publicou estudo⁷ identificando possíveis bandas para a oferta de serviços em 5G no país. Além das faixas de 700 MHz e 2,5 GHz, já utilizadas para o 4G, o estudo identificou a banda de 600 MHz (que já estaria livre) na parte baixa do espectro, a banda de 3,5 GHz na parte intermediária e as bandas de 26 GHz, 37 GHz, 42 GHz, 47 GHz e 50-52 GHz na parte alta do espectro. De acordo com o estudo, na faixa alta do espectro, apenas a banda de 37 GHz seria hoje reservada a radioenlaces, estando as demais livres para destinação a sistemas em 5G.

Coreia do Sul

Primeira nação a lançar redes comerciais 5G em nível nacional⁸, por meio dos esforços conjuntos das operadoras SK Telecom, LG Uplus e KT, que concordaram em criar uma única infraestrutura e promover coletivamente os recursos 5G ao invés de despender esforços competitivos de marketing. Como incentivo ao desenvolvimento da tecnologia, o governo disponibilizou um total de 280 MHz na faixa de 3,5 GHz e 2.400 MHz na banda de 28 GHz.

⁶ Fonte: <https://www.scmp.com/tech/gear/article/2177280/china-moves-ahead-5g-mobile-development-plans-despite-huaweis-legal-woes>

⁷ IFT: *Panorama del espectro radioeléctrico en México para servicios móviles de quinta generación* (março de 2019). Disponível em: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/panoramadelespectroradioelectricoenmexicopara5g.pdf>

⁸ 5G Observatory: <https://5gobservatory.eu/south-korea-wins-final-sprint-for-5g/>

Estados Unidos

A estratégia norte americana⁹ baseia-se na liberação de espectro e na retirada de barreiras regulatórias para infraestrutura, de modo a estimular o investimento por parte do setor privado. Neste contexto, a *Federal Communications Commission* (FCC) anunciou planos de realizar o maior leilão de espectro da história do país, visando disponibilizar 3.400 MHz de banda em três diferentes faixas (37 GHz, 39 GHz e 47 GHz), em adição aos 1.550 MHz que já foram destinados ao 5G em 2018 (28 GHz¹⁰ e 24 GHz¹¹). Ademais, são consideradas para serviços 5G as faixas intermediárias de 2,5 GHz, 3,5 GHz e 3,7-4,2 GHz, as faixas baixas de 600 MHz, 800 MHz e 900 MHz, além de estudos para espectro não-licenciado nas bandas de 6 GHz e acima de 95 GHz. Outra medida da estratégia é a facilitação de instalação de infraestrutura, especialmente relacionada a *small cells*, com a liberação de licenças em até 90 dias.

Itália

Na Itália¹², ainda em 2018, foi realizada a licitação de várias faixas de radiofrequência, incluindo as bandas de 3,5 GHz e de 26 GHz. A modelagem dessa licitação visou assegurar condições favoráveis para novos entrantes, assim como aspectos concorrenciais (*spectrum caps*) e compromissos de cobertura em 3,5 GHz.

Reino Unido

O estudo da Ofcom¹³, regulador de telecomunicações do Reino Unido, identifica possíveis bandas para a oferta de serviços em 5G no país, em especial a faixa de 3,5 GHz com potencial de utilização a curto prazo. O estudo coloca ênfase na necessidade de que os processos licitatórios contemplem aspectos concorrenciais (*spectrum caps*) e de exigência de compromissos de cobertura. Estima-se que a licitação dessa faixa possa ocorrer no primeiro trimestre de 2020.

Japão

O Ministério das Comunicações do Japão disponibilizou espectro¹⁴ nas faixas de 3,7 GHz, 4,5 GHz e 28 GHz às operadoras NTT Docomo (3,6 - 3,7 GHz; 4,5 - 4,6 GHz; e 27,4 – 27,8 GHz), KDDI (3,7 - 3,8 GHz; 4,0 - 4,1 GHz; e 27,8 – 28,2 GHz), Softbank (3,9 - 4,0 GHz; e 29,1 – 29,5 GHz) e Rakuten (3,8 -

⁹ FCC: *5G FAST Plan* (setembro de 2018), disponível em <https://www.fcc.gov/document/fccs-5g-fast-plan>

¹⁰ Dois blocos de 425 MHz oferecidos em âmbito municipal (condado), arrecadando mais de 700 milhões de dólares. As principais vencedoras foram Verizon Wireless (34% das licenças), US Cellular (13% das licenças) e T-Mobile (28% das licenças).

¹¹ Sete blocos de 100 MHz oferecidos em âmbito de conjuntos de municípios (*Partial Economic Area - PEA*), arrecadando 2 bilhões de dólares. As principais vencedoras foram AT&T (28% das licenças), T-Mobile (46% das licenças) e US Cellular (9% das licenças)

¹² https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/Disciplinare_Gara_multibanda2018.pdf

¹³ Ofcom: *Enabling 5G in the UK*, disponível em https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0022/111883/enabling-5g-uk.pdf

¹⁴ <https://5gobservatory.eu/japan-assigns-5g-spectrum-to-four-operators/>

3,9 GHz; e 27,0 – 27,4 GHz). Os compromissos associados à disponibilização de espectro incluem requisitos de segurança, a cobertura de percentual populacional mínimo (90% para NTT Docomo e KDDI, 64% para Softbank e 56% para Rakuten) e a realização de investimentos mínimos na rede 5G que totalizam US\$ 14,6 bilhões para as quatro operadoras.

CONSULTA PÚBLICA

2. EIXOS DE ATUAÇÃO

A. Radiofrequência

Tornar disponíveis as frequências necessárias para inserir o Brasil na 5ª geração de serviços móveis.

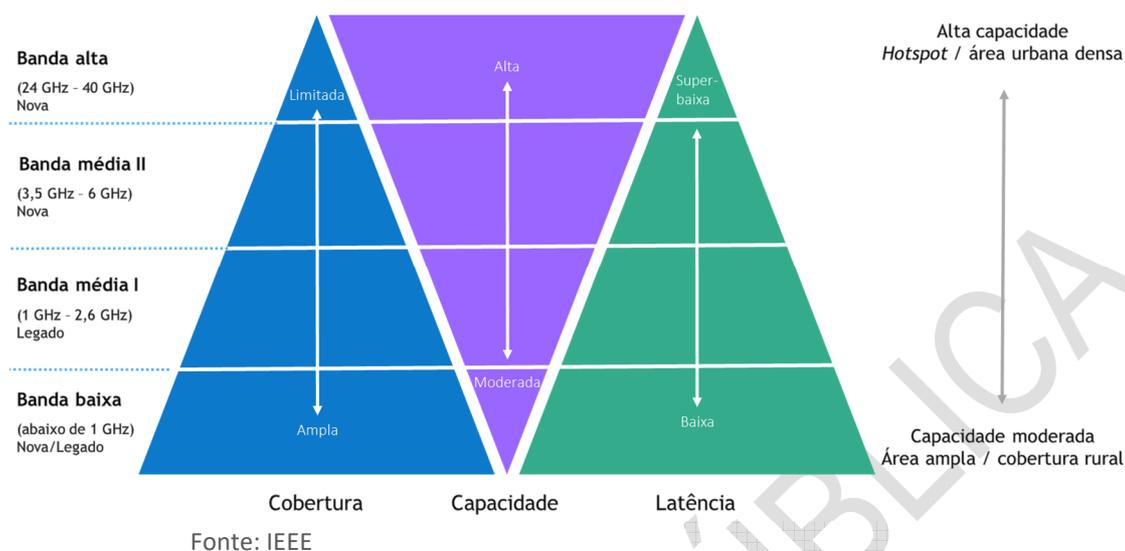
Diagnóstico

Diferentemente das gerações de tecnologias móveis anteriores, direcionadas basicamente ao aperfeiçoamento da rede de acesso unicamente para a conexão de telefones e *smartphones*, a tecnologia 5G está sendo desenvolvida para enfrentar um ambiente muito mais desafiador. O objetivo da tecnologia será atender às crescentes demandas de dados em dispositivos móveis de uso pessoal e, ao mesmo tempo, fornecer conectividade de alta confiabilidade para diversas aplicações, como veículos autônomos. A tecnologia também deverá lidar com um número massivo de dispositivos IoT com necessidades diversas, que podem variar desde o baixíssimo uso de energia até a ampliação significativa da área de cobertura.

De acordo com a Recomendação ITU-R M.2083.0 (*IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*), a necessidade de espectro contíguo disponível para o funcionamento de sistemas em 5G (e também para banda larga móvel aprimorada, MIoT e comunicações ultra confiáveis e em baixa latência) está casa das centenas de MHz, podendo ultrapassar 1 GHz. Sendo assim, torna-se inevitável a utilização de espectro em faixas de frequências acima de 6 GHz, considerada alta para sistemas móveis.

Nesse contexto, diferentes faixas de radiofrequências devem atender a múltiplos requisitos, focando nas qualidades da faixa para cada aplicação: faixas de frequências mais baixas oferecem possibilidade de ampla cobertura, porém com baixa disponibilidade de largura de banda, enquanto faixas de frequências mais altas permitem grandes taxas de transmissão, mas em uma menor área de cobertura.

Figura 3: Diagrama de capacidade e cobertura de rede segundo faixa de espectro



Para o atendimento desse desafio, tem sido realizados grandes esforços em diversos países no sentido de identificar as faixas mais adequadas ao funcionamento harmônico da tecnologia 5G em todo o globo. Nesse sentido, faixas já destinadas para sistemas 5G em países como Estados Unidos, Japão, Coreia do Sul, Canadá e Índia, os quais selecionaram a faixa de 28 GHz, devem ser consideradas no âmbito da CMR-19¹⁵. Em contraposição, a União Europeia e outros países alinhados deverão destinar a faixa de 26 GHz. Para o Brasil, um estudo¹⁶ da GSMA apontou como relevantes as frequências de 3,5 GHz, 26 GHz, 40 GHz e 66-71 GHz.

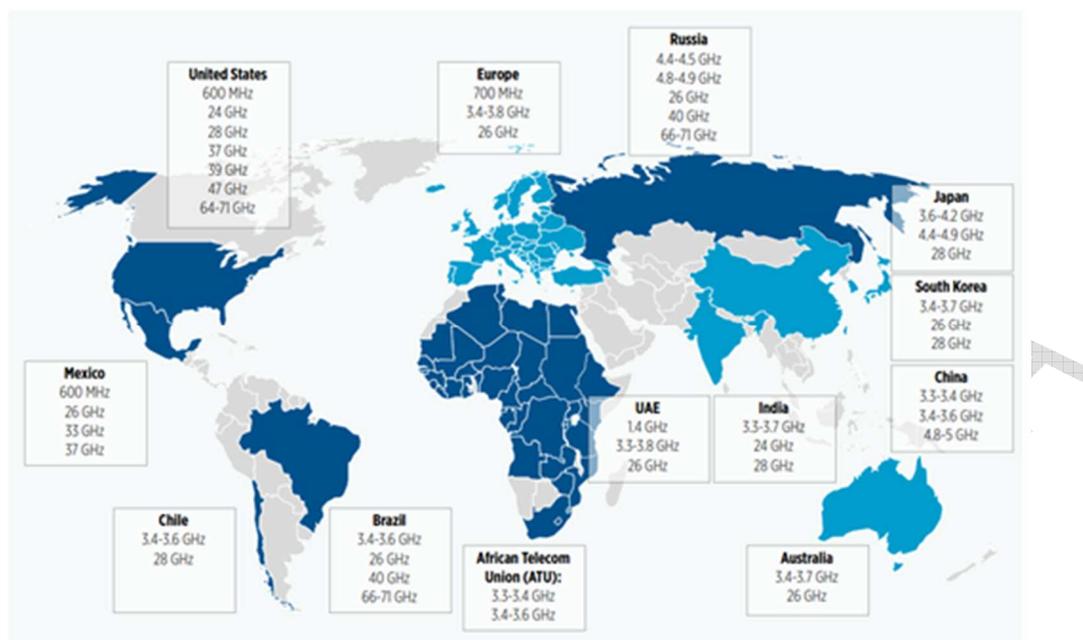
De toda forma, será necessário repensar o uso do espectro no Brasil, tanto por meio do rearming de faixas já utilizadas para o SMP (como as faixas de 700 MHz e 2,5 GHz), como por meio da limpeza e destinação de outras faixas para o uso de serviços móveis (como as faixas de 1,5 GHz, 2,3 GHz e 4,8 GHz). De forma complementar à disponibilização convencional de espectro, práticas de flexibilização de seu uso poderão contribuir positivamente para as futuras redes, como é o caso do uso de faixas não-licenciadas e isentas de autorização de uso (como a de 5 GHz), a exemplo da tecnologia *Licensed Assisted Access* – LAA (tecnologia considerada de transição entre redes 4G e 5G), e do uso de *White Spaces*.



¹⁵ CMR: Conferência Mundial de Radiocomunicações, realizada pela União Internacional de Telecomunicações (UIT).

¹⁶ GSMA: *The WRC Series - Study on Socio-Economic Benefits of 5G Services Provided in mmWave Bands* (dezembro de 2018).

Figura 4: Sumário das faixas de frequência prioritárias para 5G em países selecionados



Fonte: GSMA - The WRC Series - Study on Socio-Economic Benefits of 5G Services Provided in mmWave Bands

Conforme já mencionado, alguns países já destinaram faixas de radiofrequências para aplicações em 5G. Nos Estados Unidos, a faixa de 28 GHz foi dividida em dois blocos de 425 MHz e licitada no início de 2019 em âmbito local, nos condados. Até o final de 2019, a FCC pretende licitar também as faixas de 37 GHz, 39 GHz e 47 GHz. A União Europeia destinou a faixa de 3,4 a 3,8 GHz em TDD (*Time Division Duplex*) para o 5G (com alternativa de reserva de parte da faixa para LTE). Reino Unido e Itália realizaram duas licitações de espectro em 2018: faixas de 2,3 GHz e 3,4 GHz pela primeira e faixas de 700 MHz, 3,7 GHz e 26 GHz pela segunda.

No Brasil, já se encontra em estágio avançado a disponibilização das faixas de 700 MHz (bloco remanescente de 10+10 MHz – ainda possível de ser direcionado a 5G), 2,3 GHz (bloco de 90 MHz – idem) e 3,5 GHz para licitação, prevista para ser realizada em 2020 pela Anatel, necessariamente precedida de Consulta Pública. No caso específico da faixa de 3,5 GHz (bloco de 300 MHz), cuidados especiais devem ser tomados com relação a eventuais interferências na recepção de sinais de radiodifusão na Banda C adjacente. Conjuntamente a estas faixas, espera-se nesse mesmo edital de licitação a disponibilização da faixa de 26 GHz, que depende de Regulamentação específica.

Quanto à faixa de 3,5 GHz, a mais prontamente disponível especificamente para serviços em 5G no Brasil, sua licitação deverá abranger 300 MHz de espectro (3,3 GHz a 3,6 GHz), disponibilizados em 3 blocos de 80 MHz nacionais e um bloco de 60 MHz (possibilitando 4 ou mais *players*). A solução permitiria, em caso de não haver interessados no bloco de 60 MHz, sua “quebra” em faixas de 20 MHz, que poderiam ser adquiridas pelas vencedoras dos demais blocos (limitado a 100 MHz por operadora). Neste caso, os canais resultantes seriam redistribuídos para formarem blocos contíguos. Tal modelo traria a vantagem tanto de permitir a disponibilização exclusiva de espectro a todas as operadoras nacionais, o que seria benéfico do ponto de vista competitivo, quanto de ser flexível em caso de desinteresse em um dos blocos, permitindo a alocação de canais de até 100 MHz e, portanto, aplicações de alto desempenho em 5G. Por outro lado, a necessidade de haver um canal de apenas 60 MHz traria à detentora desta faixa a desvantagem de não poder oferecer serviços em velocidade similar à que

poderá ser disponibilizada pelas detentoras de canais de 80 MHz (considerada a banda mínima para atender aos requisitos de velocidade do 5G na faixa). Compromissos de abrangência da faixa viriam na forma de construção de *backhaul* em fibra óptica em municípios desprovidos desta tecnologia. 

Ademais, para além da licitação da faixa de 3,5 GHz e em função das aplicações pretendidas, futuras licitações de espectro com foco no 5G poderão considerar diferentes abordagens, como compartilhamento (infraestrutura passiva, *backhaul*, *RAN sharing*), roaming entre operadoras, condições assimétricas para pequenos prestadores, alocação dinâmica de espectro, requisitos para limpeza de faixa e abordagem integrada em várias faixas, dentre outros.

Em linha com o estudo da GSMA, algumas das faixas de radiofrequências consideradas para 5G no Brasil incluem 2,3 GHz, 3,5 GHz (que no plano internacional se estende até 3,8 GHz), 4,8 GHz, 26 GHz (24,3 GHz - 27,5GHz, em linha com o adotado na Europa), 42 GHz (com necessidade de limpeza da faixa, por ser atualmente destinada a radioenlaces), e possivelmente em faixa milimétrica mais alta entre 70-80 GHz. 

É importante também destacar o papel dos enlaces via satélite na implantação dos serviços de 5G, em especial no atendimento de áreas remotas, bem como na oferta do serviço a bordo de aeronaves. Também são identificadas oportunidades para a oferta de serviços satelitais e terrestres em 5G. Nesse sentido, por exemplo, a faixa de 1,5 GHz (Banda L) será relevante para os serviços 5G via satélite. Ademais, o aumento da demanda pelo uso de satélites para redes 5G, com requisitos de altíssima capacidade de transmissão de dados, trará a necessidade de preparação de novas faixas de frequências para aplicações satelitais, notadamente na parte alta do espectro, e do uso de novas posições orbitais, inclusive na órbita baixa (*Low Earth Orbit – LEO*). Destaca-se, neste contexto, o sucesso de experiências que buscam demonstrar a viabilidade do uso de satélites LEO para implementação de *backhaul* para operadoras móveis¹⁷. Desta forma, propostas como a de utilização da banda Q/V (40/50 GHz) para enlaces satelitais de alta capacidade em 5G devem ser avaliadas.

Paralelamente, a implantação de Estações Rádio Base (ERB) em larga escala, demandando alta capacidade de escoamento de tráfego, exigirá investimentos complementares em capacidade de *backhaul* e *backbone*. Nesse sentido, os investimentos em redes de fibra óptica tornam-se essenciais. Estudo recente da UIT estima que de 25% a 30% dos investimentos em uma ERB 5G correspondem à instalação de um *backhaul* em fibra¹⁸  a viabilizar tais investimentos, a inclusão no processo licitatório de condicionantes que induzam ao compartilhamento de infraestrutura, notadamente de torres e de *backhaul*, está alinhada às melhores práticas internacionais¹⁹. É importante notar que outros tipos de requisitos, tais como cobertura das redes móveis 5G, qualidade do sinal fornecido, bem como acesso de terceiros às redes implantadas, têm sido utilizadas nas recentes licitações de espectro 5G tanto na Europa como nos EUA. Isso não ocorre necessariamente em todas as faixas de radiofrequência licitadas. A prática tem sido de impor mais condicionantes nas faixas de maior atratividade comercial no curto

¹⁷ <https://www.retailnews.asia/telesat-completes-5g-backhaul-demo-over-leo-satellite/>

¹⁸ ITU - Setting the Scene for 5G: Opportunities & Challenges (2018). Ver: https://www.itu.int/en/ITU-D/Documents/ITU_5G_REPORT-2018.pdf

¹⁹ BEREC Report on infrastructure sharing (2018). Ver: https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/download/0/8164-berec-report-on-infrastructure-sharing_0.pdf

prazo, ou seja, aquelas em que o ecossistema de equipamentos de rede e estações terminais já está maduro, com produtos comercialmente disponíveis.

Visão

No tocante ao espectro, é essencial garantir a disponibilidade de faixas de frequências, de forma harmônica aos padrões internacionais, em largura de banda adequada e em tempo hábil para a implantação de sistemas 5G. Nesse sentido, serão crescentes as demandas não apenas pelo uso de faixas licenciadas, como também por faixas isentas de autorização e pelo uso secundário de espectro ocioso, de modo a ampliar a eficiência no uso do espectro disponível. Quanto a isso, observa-se que a atuação da Anatel na pronta disponibilização de espectro está em linha com o cronograma de padronização do 5G e com as práticas internacionais, ficando atrás somente dos países que se adiantaram às conferências mundiais sobre o tema, com a intenção de disputar a liderança comercial da tecnologia, como EUA, Coreia do Sul e China. A título de comparação, destaca-se que, para a faixa de 3,5 GHz, países como Alemanha e China disponibilizaram um total de 300 MHz, Coreia do Sul disponibilizou 280 MHz, Itália licitou 200 MHz, e o Japão concedeu 400 MHz (300 MHz a serem licitados no Brasil). Já para as faixas de 24 a 28 GHz, Coreia do Sul disponibilizou 2.400 MHz (28 GHz), EUA já licitou 1.550 MHz (em 24 GHz e 28 GHz), Itália já licitou 1.000 MHz (26 GHz) e Japão já concedeu 1.200 MHz a quatro operadoras (28 GHz), enquanto deverá ser licitado um total de 3.200 MHz em 26 GHz no Brasil.

No mais, é essencial que a canalização do espectro disponibilizado para o 5G seja capaz tanto de atender às necessidades de largura de banda inerentes à tecnologia como também de alocar todas as operadoras nacionais, de maneira a evitar perdas nos níveis de competição atuais para o setor. Não obstante, será fundamental o compartilhamento de infraestruturas entre operadoras, seja por meio de acordos privados, seja por obrigações regulamentares ou por edital, para permitir a racionalização dos investimentos realizados na construção das redes futuras e garantir a abrangência e a qualidade dos serviços.

Da perspectiva do cidadão, é preciso garantir que a implantação das redes 5G seja instrumento de ganhos sociais e econômicos para a sociedade como um todo, elevando os níveis de inclusão digital e servindo como plataforma de funcionamento de aplicações para saúde, educação, acesso aos serviços públicos, entre outros. Para tanto, é preciso que os instrumentos licitatórios e as demais políticas do setor estabeleçam regras e compromissos capazes de fortalecer a sociedade do futuro, provendo meios de reduzir as desigualdades digitais hoje existentes. Nesse sentido, é importante que as metas que venham a ser estabelecidas na licitação de espectro para serviços em 5G esteja alinhada com o disposto no Decreto nº 9.612, de 2018, que estabelece as prioridades de política pública para o setor de telecomunicações.

Oportunidades

- Licitar as faixas de 2,3 GHz, 3,5 GHz e 26 GHz no primeiro semestre de 2020 e prosseguir com os estudos com vistas à identificação e disponibilização de novas faixas para 5G. 
- Assegurar equilíbrio competitivo no mercado nacional:

- (i) garantindo que haja disponibilidade adequada de canais para prestação de serviços em quinta geração, inclusive por meio do estabelecimento de regras de compartilhamento de espectro ou da rede de acesso.
- (ii) garantindo, como regra geral, que a distribuição de canais nas diferentes faixas de radiofrequências propicie a competição entre operadoras na oferta de serviços.
- Estimular o compartilhamento de infraestrutura ativa e passiva entre os prestadores, incluindo postes, torres, dutos e condutos. 
- Estabelecer, o tanto quanto possível e em determinadas faixas de frequência, compromissos de abrangência do serviço nos editais de licitação (incluindo cobertura de localidades, estradas e áreas rurais, ainda que independentemente da faixa de radiofrequências), bem como compromissos complementares de prazo de ativação dos serviços e de oferta de acesso a essa infraestrutura: 
 - (i) deverão ser priorizadas iniciativas de implantação de redes de transporte em fibra óptica, decorrentes das demandas de capacidade inerentes à tecnologia 5G.
 - (ii) deverão ser estabelecidos compromissos de cobertura das regiões Norte e Nordeste do Brasil, assegurando abrangência nacional dos serviços em 5G.
- Garantir opções para a disponibilização de espectro para o uso privado (empresas, indústrias e *utilities*), contemplando o uso de faixas específicas para o Serviço Limitado Privado de forma regionalizada, ou por meio de instrumentos mais adequados. 
- Identificar e assegurar a futura disponibilização de faixas de frequência específicas para redes de transporte satelitais para 5G.
- Realizar estudos para avaliação da compatibilidade de diferentes faixas de frequência para a utilização da tecnologia de *White Spaces* para a prestação de serviços de telecomunicações.

B. Outorga e Licenciamento

Abriu caminhos para a construção de redes e da sociedade digital.

Diagnóstico

Conforme já mencionado, os requisitos de desempenho da tecnologia 5G exercerão pressão direta sobre o uso de espectro, tanto nas faixas de frequência tradicionais para os serviços móveis quanto nas faixas mais altas, as quais trazem a possibilidade de uma maior disponibilidade de canais. Apesar de serem propícias para comunicações em alta velocidade, as faixas altas do espectro não permitem oferecer tal velocidade a grandes áreas de cobertura. De fato, para o atingimento dos parâmetros de qualidade previstos para o 5G, será necessário que as estações rádio base localizem-se cada vez mais próximas dos usuários, reduzindo o tamanho das células e aumentando consideravelmente o número de estações necessárias à cobertura de uma área específica.

Diante deste contexto, a necessidade de atender diferentes regras de licenciamento em cada um dos mais de 5 mil municípios brasileiros traz um grande risco ao desenvolvimento das redes 5G no Brasil. Muito embora a Lei Geral de Antenas (Lei nº 13.116, de 20 de abril de 2015) esteja publicada há quatro anos, grande parte dos municípios brasileiros ainda não adequou sua legislação às regras federais, especialmente no que diz respeito ao atendimento de prazos, simplificação de procedimentos e duplicidade de exigências (em particular quanto à emissão de radiações não-ionizantes, um tema já regulamentado em âmbito federal pela Anatel). Ainda, permanecem em vigor diversos normativos estaduais e municipais contrários ao disposto no art. 12 da Lei Geral de Antenas, que estipula a regra de não-exigência de contraprestação pelo direito de passagem em vias públicas, faixas de domínio e outros bens públicos, onerando desnecessariamente o lançamento de redes.

Panorama da Lei Geral de Antenas e a atuação do MCTIC

A Lei Geral de Antenas, Lei nº 13.116/2015, estabelece diretrizes para harmonizar normas que regulam a implantação de infraestrutura de redes de telecomunicações em todo o país, particularmente de torres de antena para a banda larga móvel, com vistas a ampliar a cobertura das redes, melhorar a qualidade dos serviços prestados aos usuários e simplificar as regras de implantação de infraestrutura. A lei busca dirimir as patentes dificuldades presentes neste setor, já excessivamente onerado.

O art. 12 da Lei veda a exigência de contraprestação em razão do direito de passagem em vias públicas, em faixas de domínio e em outros bens públicos de uso comum do povo. No entanto, ainda ocorre em muitos municípios brasileiros a cobrança pelo direito de passagem, seja pelo Poder Público, seja por concessionárias de exploração de infraestrutura e área públicas. Este fato encarece o preço do serviço para o usuário final, quando não inviabiliza a expansão de redes de telecomunicações para o acesso à Internet em banda larga nas áreas urbana e rural.

Apesar da vigência do normativo federal, ainda existem mais de 200 leis estaduais e municipais em 2019, as quais limitam e encarecem a instalação de infraestrutura e comprometem a qualidade dos serviços. Nesse sentido, o MCTIC tem colaborado com a regulamentação da Lei em nível municipal por meio da participação em diversos fóruns de debate, bem como na atuação de um grupo multi-organizacional que se reúne com as prefeituras para conscientizar as administrações municipais da necessidade de expandir a infraestrutura de telecomunicações no País.

Atualmente, o MCTIC está preparando uma proposta de regulamentação de diversos pontos da Lei com o objetivo de viabilizar soluções conjuntas entre Governo Federal, Estados e Municípios, para evitar atrasos na implantação de infraestrutura de telecomunicações. A proposta inclui regulamentação em: hipóteses de dispensa de licenciamento ambiental, instalação de infraestruturas de pequeno porte, compartilhamento de infraestrutura, obras de interesse público, relatório de conformidade de estações, disponibilização de informações georreferenciadas de rede, previsão de prazo máximo para resposta (silêncio positivo), entre outros assuntos.

Outro risco associado ao desenvolvimento das redes 5G é o grande volume de investimentos necessários à sua implantação. Assim, é essencial evitar que a pesada incidência de impostos e taxas restrinja os modelos de negócios de serviços futuros, e que a arrecadação tributária sobre o setor aumente em descompasso com o aumento de receitas auferidas pelas prestadoras. Portanto, é desejável que taxas de licenciamento, como a Taxa de Fiscalização de Instalação/Funcionamento (TFI e TFF), hoje incidentes sobre a estação, passem a incidir sobre a receita auferida com os serviços, evitando que o aumento do número de estações inviabilize os modelos de negócio futuros (especialmente em um contexto de grande quantidade de equipamentos de IoT de baixa complexidade, com pouca geração de tráfego e, portanto, baixa capacidade individual de geração de receita). Em outras palavras, a manutenção do modelo atual inviabilizará diversos tipos de aplicações e modelos de negócio para IoT e 5G, notadamente os que dependerem de número massivo de estações, deixando o país em patamar defasado em relação ao restante do mundo. Neste contexto, há iniciativas relevantes em discussão no Congresso Nacional, a exemplo do PL nº 7.656/2017.

O volume de recursos a ser investido pelas operadoras na implantação das redes 5G, notadamente em localidades cujo atendimento é de baixa viabilidade econômica, poderia ser parcialmente amenizado pela aplicação dos recursos do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações – FUST. Nesse sentido, encontram-se em discussão algumas propostas de alteração da legislação vigente, de maneira a permitir o aporte de recursos do fundo em serviços de suporte à banda larga, os quais incluem o Serviço Móvel Pessoal (SMP) e a tecnologia 5G. O Plano Estrutural das Redes de Telecomunicações – PERT, atualmente em elaboração pela Anatel, poderá se constituir um instrumento útil para tal finalidade, uma vez que permitirá a elaboração do diagnóstico de atendimento com banda larga no país para identificar a existência de infraestrutura capaz de atender às demandas em cada região.

Outro fato agrava a situação tributária nos serviços de telecomunicações: a incidência elevada de ICMS sobre serviços de comunicação, variando de 25% a 35%²⁰ a depender do Estado, representa risco às redes de próxima geração, prejudicando a capacidade das operadoras em auferir receitas e consequentemente limitando o investimento na implantação das redes em escala nacional com ampla cobertura territorial. A incidência de impostos federais (PIS/Cofins), embora em alíquota menor, contribui para a gravidade do problema.

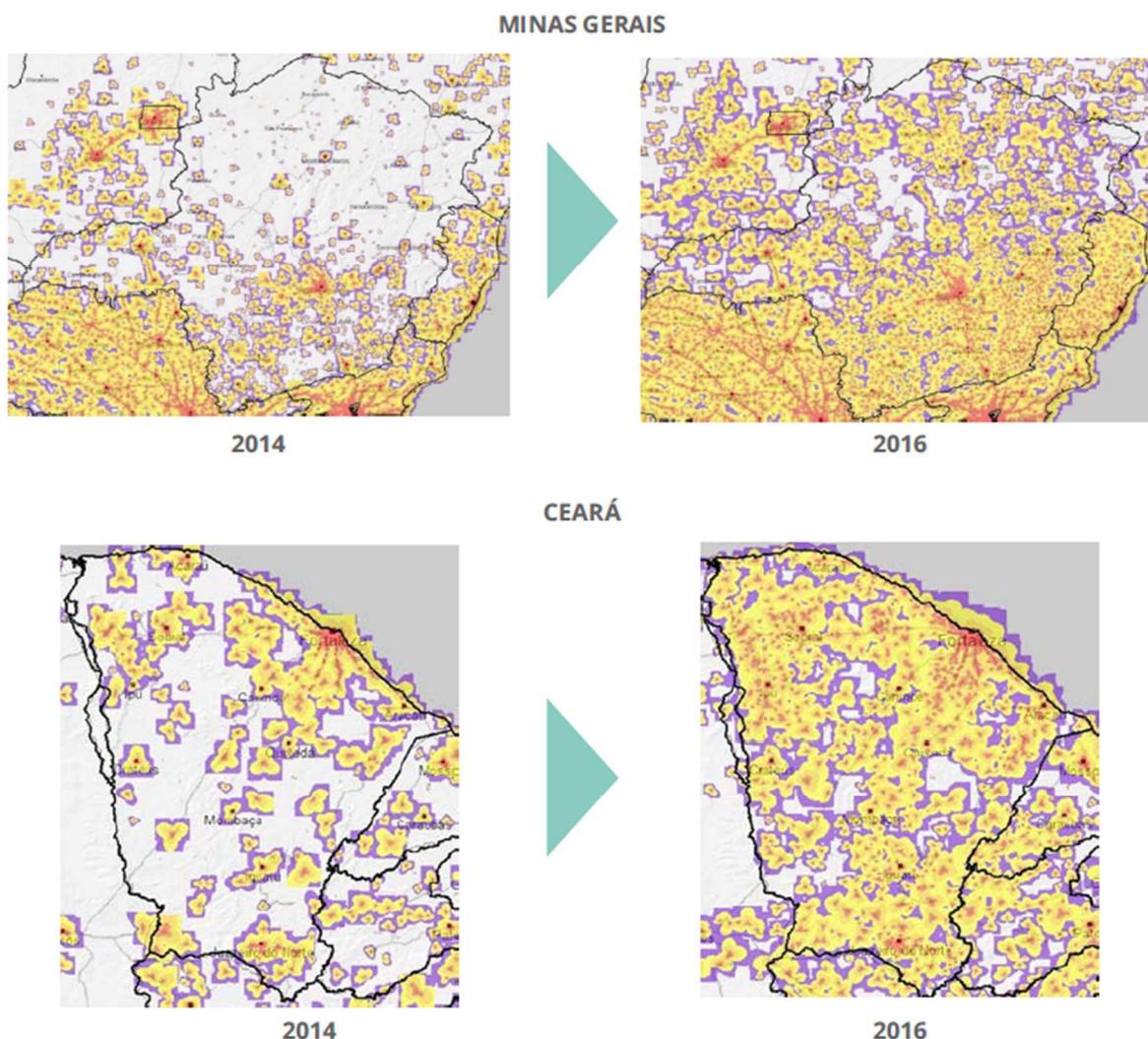
Outro obstáculo relativo ao ICMS é o fato de que eventuais acordos com o intuito de uniformizar ou reduzir alíquotas incidentes sobre serviços de telecomunicações dependem de pactuação com cada Unidade da Federação envolvida, por meio do Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ. Trata-se de uma tarefa bastante árdua, principalmente porque a receita advinda dos serviços de telecomunicações constitui parcela relevante da arrecadação de impostos estaduais e a saúde financeira de grande parte das Unidades da Federação vem sendo restritiva. Ainda assim, é preciso que os Estados se empenhem em estudar formas de transferir a carga tributária imposta aos serviços de telecomunicações para produtos e serviços de menor impacto social, de forma a não prejudicar os serviços nem reduzir significativamente a arrecadação.

Neste contexto, é importante destacar o sucesso de iniciativas estaduais para a ampliação das redes de telefonia móvel por meio de incentivos fiscais, concedidos na forma de créditos de ICMS. É o

²⁰ Fonte: Teleco. Disponível em <http://www.teleco.com.br/ICMS.asp>.

caso de programas realizados em Minas Gerais e no Ceará, que obtiveram sucesso principalmente na interiorização dos serviços de telefonia móvel, conforme pode-se observar na figura a seguir.

Figura 5. Evolução da cobertura em 3G nos estados de MG e CE



Fonte: Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital). MCTIC, 2018.

De qualquer modo, é preciso lembrar que o sucesso de iniciativas baseadas em créditos de ICMS ocorre justamente em função das altas alíquotas impostas pelos Estados aos serviços de telecomunicações, de modo que o volume de arrecadação é suficiente, inclusive, para financiar a custosa interiorização do serviço móvel. O excesso de tributação também dificulta o acesso das parcelas mais vulneráveis da população ao serviço. O ideal, portanto, seria a adoção de alíquota de ICMS compatível com a relevância social dos serviços de telecomunicações, de modo a estimular – e não a reprimir – seu uso por toda a população.

Visão

Com o objetivo de promover a efetiva instalação de Estações Rádio Base (ERB) em quantidade suficiente para o atendimento aos requisitos de qualidade da tecnologia 5G, sugere-se a redução dos entraves burocráticos hoje existentes. O primeiro passo nesta direção é a conscientização dos municípios brasileiros quanto à importância da adequação das regras de licenciamento de estações de telecomunicações e de direito de passagem àquelas já definidas pela Lei Geral de Antenas. Neste processo, a atuação e o apoio do Congresso Nacional seria um importante catalisador, dada a proximidade natural dos parlamentares com os diversos municípios brasileiros. 

A edição de regulamentação em âmbito federal para a Lei Geral de Antenas também possui caráter fundamental, em particular na definição de uma regra de “silêncio positivo” – isto é, a previsão de prazo máximo para que, não havendo resposta por parte da autoridade municipal, considera-se aceito o pedido de licenciamento da estação. Neste sentido, ressalta-se que a Medida Provisória nº 881, de 30 de abril de 2019, estabeleceu em seu art. 3º-IX uma regra que prevê aprovação tácita de solicitações de atos públicos de liberação da atividade econômica. De forma complementar a esta regra, seria desejável considerar o estabelecimento de prazos específicos para o licenciamento de estações de telecomunicações em âmbito federal, de modo a uniformizar tal processo nos diferentes municípios.

Com relação ao FISTEL, é preciso mudar a lógica de cobrança da TFI e TFF, hoje incidentes sobre cada estação de telecomunicações, de modo a não inviabilizar modelos de negócios baseados na multiplicidade de estações móveis e a desobstruir a difusão de *small cells* nas redes 5G, cujo uso será cada vez mais exigido à medida que as redes de nova geração forem sendo implantadas. 

Deve-se, ainda, viabilizar o uso do FUST para complementar os investimentos a serem realizados pelas operadoras na construção de redes 5G em áreas cujo atendimento seria inviável à iniciativa privada. O uso do FUST, portanto, seria um instrumento importante de interiorização dos serviços 5G e de redução do hiato digital, levando serviços à população mais vulnerável.

Por fim, deve-se repensar o modelo de incidência do ICMS sobre os serviços móveis e de banda larga, cuja massificação do acesso possui grande interesse social. É importante que os Estados se empenhem em avaliar alternativas para a redução de alíquotas de ICMS ou, ao menos, oferecer outros incentivos para complementar as políticas federais de ampliação do acesso. Assim, o apoio do Congresso Nacional, por meio de seus parlamentares, e do CONFAZ na interlocução com as diversas Unidades da Federação, constituiria numa ferramenta essencial para viabilização das discussões sobre o tema. 

Oportunidades

- Aprimorar a legislação federal referente à implantação de infraestrutura de telecomunicações, complementando a regra de “silêncio positivo” presente no art. 3º-IX da Medida Provisória nº 881, de 30 de abril de 2019, de modo a prever prazos específicos para o setor de telecomunicações.
- Promover a revisão da estrutura de arrecadação de tributos federais destinados a fundos setoriais, de modo que o tributo incida sobre a receita da operadora e não sobre as estações de telecomunicações.

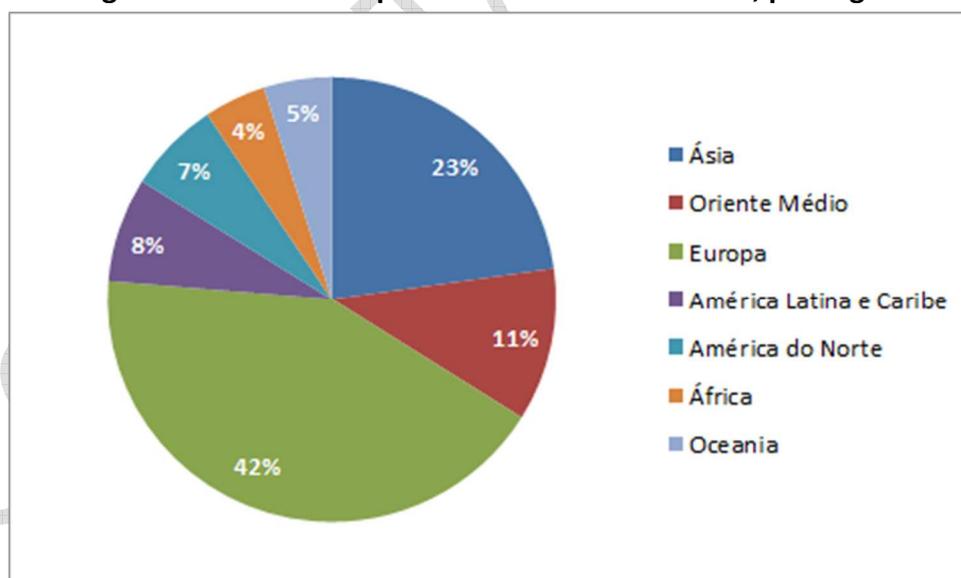
- Encaminhar ao Congresso Nacional proposta de revisão da lei do FUST e do FISTEL, viabilizando seu uso para a implantação de novas redes.
- Incentivar os governos estaduais a implantar políticas de desoneração tributária para comunicações máquina a máquina.

C. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Desenvolver infraestrutura e aplicações em 5G na fronteira do conhecimento.

O reconhecimento do papel do 5G tem levado a aumentos em investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação em infraestrutura e aplicações baseadas nesta tecnologia em todo o mundo. Dados do relatório da GSA²¹ referentes a abril de 2019 mostram que há atualmente 224 operadoras em 88 países investindo em redes 5G na forma de testes, ensaios, pilotos e aplicações diversas. A maior parte das operadoras investindo em tecnologia 5G é proveniente da Europa (95) e da Ásia (51), regiões que juntas respondem por 65% do total de empresas (figura 6).

Figura 6. Número de operadoras investindo em 5G, por região



Fonte: GSA (2019).

No que tange aos principais players mundiais, dados do relatório da GSA para março de 2019²² mostram que cinco fabricantes já desenvolveram chipsets para 5G: Huawei, Qualcomm, Samsung, Intel

²¹ Global Mobile Suppliers Association (GSA). *LTE and 5G Market Statistics – 8 April 2019*. Disponível em: <https://gsacom.com/>. Acesso em abril de 2019.

²² Global Mobile Suppliers Association (GSA). *5G Device Ecosystem*. Disponível em: <https://gsacom.com/>. Acesso em abril de 2019.

e Mediatek. Entre as fabricantes que já desenvolveram dispositivos baseados em 5G, destacam-se Huawei, Samsung, HTC, Inseego, TLC e Telit, com equipamentos que variam entre celulares, *hotspots*, CPEs (*customer-premises equipment*) internos e externos, terminais USB e módulos.

Os desafios relacionados à pesquisa e ao desenvolvimento dessa tecnologia são diversos e dizem respeito, principalmente, ao estabelecimento dos padrões, à interoperabilidade dos sistemas e à provisão de acesso a áreas remotas e rurais – este último é de particular relevância para o cenário brasileiro haja vista o peso do agronegócio no PIB nacional²³. Além disso, definições regulatórias, em particular aquelas relacionadas ao perfil do licenciamento das faixas de espectro, às contrapartidas e aos mecanismos de fomento, têm impacto direto nas decisões empresariais de investimento em PD&I nessa tecnologia.

Diagnóstico

Um levantamento realizado para o MCTIC no contexto dos Diálogos Setoriais Brasil – União Europeia²⁴ identificou que o Brasil conta com cerca de 61 pesquisadores vinculados a áreas de pesquisa associadas ao 5G²⁵. A maior parte dos especialistas nessa tecnologia é proveniente da região sudeste do País, 21 em Minas Gerais e 13 em São Paulo, ou 61% do total (figura 7). De acordo com o relatório, o principal instituto de pesquisa nacional no tema de 5G é o Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel), com 17 pesquisadores trabalhando neste campo, seguido pela Unicamp (9 pesquisadores), UFSC (4) e UFC (3). O Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil²⁶ aponta para um total de 14 grupos de pesquisa atuantes no tema da tecnologia 5G, distribuídos entre 11 universidades e institutos de pesquisa do País.

²³ BNDES (2017) estima um impacto de até US\$ 21,1 bilhões advindo do uso de IoT no agronegócio em 2025 no Brasil.

²⁴ Cf. Brito (2018). **5G Para Áreas Remotas Importância, Requisitos e Iniciativas**. Diálogos Setoriais Brasil-União Europeia. Setembro de 2018.

²⁵ A pesquisa contou com "consulta a pesquisadores de todo o país, por meio de diversas sociedades científicas (como Sociedade Brasileira de Micro-ondas e Optoeletrônica, Sociedade Brasileira de Telecomunicações, Sociedade Brasileira de Computação e Sociedade Brasileira de Eletromagnetismo), às instituições de ciência e tecnologia (ICTs) cadastradas no Comitê da Área de Tecnologia da Informação (CATI), e também às diversas empresas, ICTs e associações de empresas participantes do Projeto 5G Brasil" (Brito 2018:14).

²⁶ Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil, CNPq:
http://dgp.cnpq.br/dgp/faces/consulta/consulta_parametrizada.jsf.

Antenas	4
Luz Visível, Dispositivos de RF/Fotônica, Regulação e SDN/NFV	3 em cada
Comunicação Cooperativa, CoMP, ICN/IDN, Modelamento de Canal e Modelo de negócios	2 em cada
12 outras áreas	1 em cada

Fonte: Brito (2018).

Fomento à PD&I em 5G no Brasil e principais resultados

As principais políticas e instrumentos de fomento à PD&I em 5G atualmente disponíveis no Brasil são o Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTTEL), a Lei de Informática e a Lei do Bem.

Esta seção faz uma breve apresentação de cada um desses instrumentos, bem como dos principais resultados alcançados até o momento no que diz respeito à PD&I em 5G.

FUNTTEL

Instituído pela Lei nº 10.052, de 28 de novembro de 2000, e regulamentado pelo Decreto nº 3.737, de 30 de janeiro de 2001, o FUNTTEL tem como objetivos estimular o processo de inovação tecnológica, incentivar a capacitação de recursos humanos, fomentar a geração de empregos e promover o acesso de pequenas e médias empresas a recursos de capital, de modo a ampliar a competitividade da indústria brasileira de telecomunicações.

As fontes de composição do FUNTTEL são: 0,5% sobre o faturamento líquido das empresas prestadoras de serviços de telecomunicações, e contribuição de 1% sobre a arrecadação bruta de eventos participativos realizados por meio de ligações telefônicas, além de um patrimônio inicial resultante da transferência de R\$ 100 milhões do Fundo de Fiscalização das Telecomunicações (FISTEL).

Os recursos do FUNTTEL são aplicados por BNDES e Finep exclusivamente nos programas, projetos e atividades do setor de telecomunicações que assegurem, no País, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento de produtos, tais como equipamentos e componentes, além de programas de computador, levando em consideração a produção local com significativo valor agregado.

Conforme previsto na lei, até 20% dos recursos do FUNTTEL são destinados ao CPqD²⁷ e o restante poderá ser destinado a: i) instituições de ensino ou pesquisa, públicas ou privadas, brasileiras, em funcionamento no Brasil, sem fins lucrativos; ii) empresas brasileiras prestadoras de serviços de telecomunicações; e iii) empresas brasileiras fornecedoras de bens e serviços para o setor de telecomunicações, desde que engajadas na produção efetiva no País.

As áreas prioritárias para investimentos do FUNTTEL são definidas em resoluções do conselho gestor do fundo. A mais recente delas é a Resolução nº 97, de 16 de setembro de 2013²⁸, que aprova o documento "Gestão Estratégica do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações

²⁷ Esse percentual pode ser alterado e é definido por resoluções do Conselho Gestor do FUNTTEL. Atualmente, com base na Resolução nº 125, de 9 de agosto de 2018, o percentual do FUNTTEL alocado ao CPqD é de 2%.

²⁸ Cf. <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes-do-funttel/601-resolucao-funttel-97>.

- FUNTTEL", que estabelece as metas e define as estratégias que devem orientar a aplicação dos recursos do fundo. Nele foram definidas quatro áreas prioritárias, todas associadas à política de massificação de acesso à internet banda larga: i) comunicações ópticas (nomeadamente, fibra ótica); ii) comunicações digitais sem fio; iii) redes de transporte de dados (como os roteadores IP e *switches* Ethernet); e iv) comunicações estratégicas (com foco na segurança da informação).

A área prioritária “comunicações digitais sem fio” passa, então, a definir a alocação de recursos em projetos relacionados à tecnologia 5G. De acordo com a Resolução, dentre as oportunidades de investimentos em pesquisa nessa área, define-se: “[...] o aumento da eficiência espectral; a comunicação entre máquinas (M2M - *Machine to Machine*); a especificação de novos padrões tecnológicos; o aumento da densidade de usuários por células; o rádio cognitivo [...]”.

Lei de Informática

A Lei de Informática (Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991) concede incentivos fiscais, na forma de redução do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI, para empresas que invistam em PD&I no setor TICs. Nos termos de seu artigo 4º:

“Para fazer jus aos benefícios previstos no art. 4º desta Lei, as empresas de desenvolvimento ou produção de bens e serviços de tecnologias da informação e comunicação investirão, anualmente, em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação referentes a este setor, realizadas no País, **no mínimo, 5% (cinco por cento) do seu faturamento bruto** no mercado interno, decorrente da comercialização de bens e serviços de tecnologias da informação e comunicação, incentivados na forma desta Lei, deduzidos os tributos correspondentes a essas comercializações e o valor das aquisições de produtos incentivados na forma desta Lei.” (grifos nossos)

Além disso, a lei prevê que, no mínimo, 2,3% desse faturamento devem ser aplicados:

a) mediante convênio com Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação (ICTs), bem como com instituições de pesquisa ou instituições de ensino superior mantidas pelo poder público, credenciadas pelo Comitê da Área de Tecnologia da Informação (CATI), e, neste caso, será aplicado percentual igual ou superior a 1%;

b) mediante convênio com ICTs, bem como com instituições de pesquisa ou instituições de ensino superior mantidas pelo poder público, com sede ou estabelecimento principal situado nas regiões de influência da Sudam, da Sudene e da região Centro-Oeste, excetuada a Zona Franca de Manaus, credenciadas pelo CATI, e, neste caso, será aplicado percentual igual ou superior a 0,8%;

c) sob a forma de recursos financeiros, depositados trimestralmente no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e, neste caso, deverá ser aplicado percentual igual ou superior a 0,5%;e

d) sob a forma de aplicação em programas e projetos de interesse nacional (PPI) nas áreas de tecnologias da informação e comunicação considerados prioritários pelo CATI e ouvido o referido comitê, podendo essa aplicação substituir os percentuais mencionados acima.

Conforme definido por resoluções do CATI, os programas prioritários da Lei de Informática são: i) Softex²⁹, ii) Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP)³⁰, iii) Programa Nacional de Microeletrônica - PNM Design³¹, iv) Hardware.br³² e v) Embrapii³³.

No ano de 2017, no âmbito da Lei de Informática, foram realizados oito projetos de PD&I por meio de convênios (sob as modalidades descritas pelos itens “a” e “b” acima) e dois projetos internos, executados pelas próprias empresas, todos eles com o foco em 5G. O valor global dos investimentos em projetos de PD&I em 5G foram da ordem de R\$ 3,6 milhões para os projetos conveniados e aproximadamente R\$ 1,1 milhão sobre os projetos próprios. Os projetos deram origem a resultados importantes em termos de indicadores de CT&I relacionados à pesquisa em 5G, somando, no caso dos projetos conveniados, quatro patentes depositadas e 36 publicações científicas. Já para os projetos internos, houve um total de três patentes depositadas.

No que diz respeito aos projetos financiados diretamente com recursos do PPI da Lei de Informática, foi contemplado até o momento um projeto de pesquisa relacionado à tecnologia 5G. Trata-se de uma parceria entre a RNP e o Inatel para o desenvolvimento de aplicações baseadas em 5G voltadas para o agronegócio e a área da educação no País. O projeto, com valor global de R\$ 6.274.722,32, contará com a participação de 43 pesquisadores de ambas as instituições e está previsto para ser concluído em dezembro de 2019.

Lei do Bem

A Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005, conhecida como “Lei do Bem”, concede incentivos fiscais a empresas que realizam pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica. Os incentivos fiscais concedidos pela Lei do Bem são:

- a) dedução de 20,4% até 34% no IRPJ (Imposto de Renda de Pessoa Jurídica) e CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido) dos dispêndios com P&D;
- b) dedução de 50% no IPI na compra de máquinas e equipamentos destinados à P&D,
- c) depreciação e amortização acelerada desses bens.

Poderão ser beneficiárias das isenções fiscais de que trata a Lei do Bem empresas em regime no lucro real, empresas com lucro fiscal e empresas com regularidade fiscal.

Assim como a Lei de Informática, a Lei do Bem também se configura em importante instrumento de fomento às atividades de PD&I relacionadas à tecnologia 5G. Até o momento, ao menos

²⁹ Resolução MCT Nº 1, de 6 de março de 2002.

³⁰ Resolução MCT Nº 1, de 6 de março de 2002.

³¹ Resolução MCT Nº 108, de 6 de dezembro de 2002.

³² Resolução MCT Nº 13, de 19 de setembro de 2006.

³³ Resolução MCTIC Nº 50, de 3 de setembro de 2018.

14 projetos de PD&I em 5G foram beneficiados pelo instrumento, totalizando um valor global em incentivos fiscais de R\$ 7.196.790,80.

Projetos e parcerias em 5G no Brasil

Tecnologias desenvolvidas no Brasil

Buscando o atendimento das necessidades nacionais de cobertura rural, o Inatel – Instituto Nacional de Telecomunicações, vem desenvolvendo o transceptor Flexível MIMO-GFDM, que permite disponibilizar conexões de dados de alta velocidade a longas distâncias. Neste mesmo contexto encontra-se o projeto 5G-Range, realizado em parceria com a União Europeia, que busca o desenvolvimento de tecnologias capazes de levar conexões de 100 Mbps a distâncias de até 50 km da estação radiobase (ERB).

Projeto 5G Brasil

Estabelecido em fevereiro de 2017, o projeto 5G Brasil é uma associação³⁴ de empresas, centros de pesquisa e órgãos de classe que tem por finalidade fomentar a criação do ecossistema da quinta geração de telefonia móvel no Brasil, abrangendo desde a pesquisa básica e aplicada até o desenvolvimento de produtos e soluções de sistemas de engenharia, industrialização de produtos e soluções, aplicações práticas e compartilhamento de informações. O MCTIC participa do projeto como membro observador, assim como outros órgãos de governo, como Anatel, Finep e BNDES³⁵.

A visão do projeto 5G Brasil é:

"[possuir um] Ecossistema 5G funcionando no Brasil, com fornecedores de fatores de produção e de produtos intermediários, prestadores de serviços e usuários de telecomunicações, no Brasil e no Exterior, integrados em cadeias globais de produção e consumo, propiciando a absorção interna (consumo e investimento) e a exportação de bens e serviços de alto valor agregado, por ele suportados, multiplicando, com suas externalidades, a produção e a melhor distribuição da riqueza nacional"³⁶.

Além do estabelecimento de constante diálogo com órgãos do governo, agências de fomento, institutos de pesquisa e instituições e colegiados internacionais, o projeto 5G Brasil divulga documentos e relatórios técnicos relacionados às suas seis comissões temáticas: i) Pesquisa e Casos de Usos; ii) Pré-Padrões; iii) Ações Regulatórias Verticais; iv) Futuras Bandas de Frequências; v) Infraestrutura de

³⁴ Os associados do Projeto 5G Brasil são: Abinee, Algar Telecom, CETUC (Centro de Estudos em Telecomunicações da PUC-Rio), Claro, CPqD, Inatel, Febratel, Fenainfo, FITec, Huawei, Informa Exhibitions, Intel, NEC, Nokia, Oi, Qualcomm, Sindisat, SindiTelebrasil, Telebrasil, Telefônica, Tim, Trópico, Padtec. Cf. <http://5gbrasil.telebrasil.org.br/organizacao/associados>.

³⁵ Cf. <http://www.telebrasil.org.br/5gbrasil/organizacao/observadores>.

³⁶ Cf. <http://5gbrasil.telebrasil.org.br/ecossistema/visao>.

Backhaul; e vi) Ensaios (*Trials*). Todos esses trabalhos passam pela aprovação do Conselho Diretor do Projeto e consistem no posicionamento das entidades representadas sobre os rumos da pesquisa e do desenvolvimento da tecnologia 5G no Brasil.

Acordo Multilateral 5G

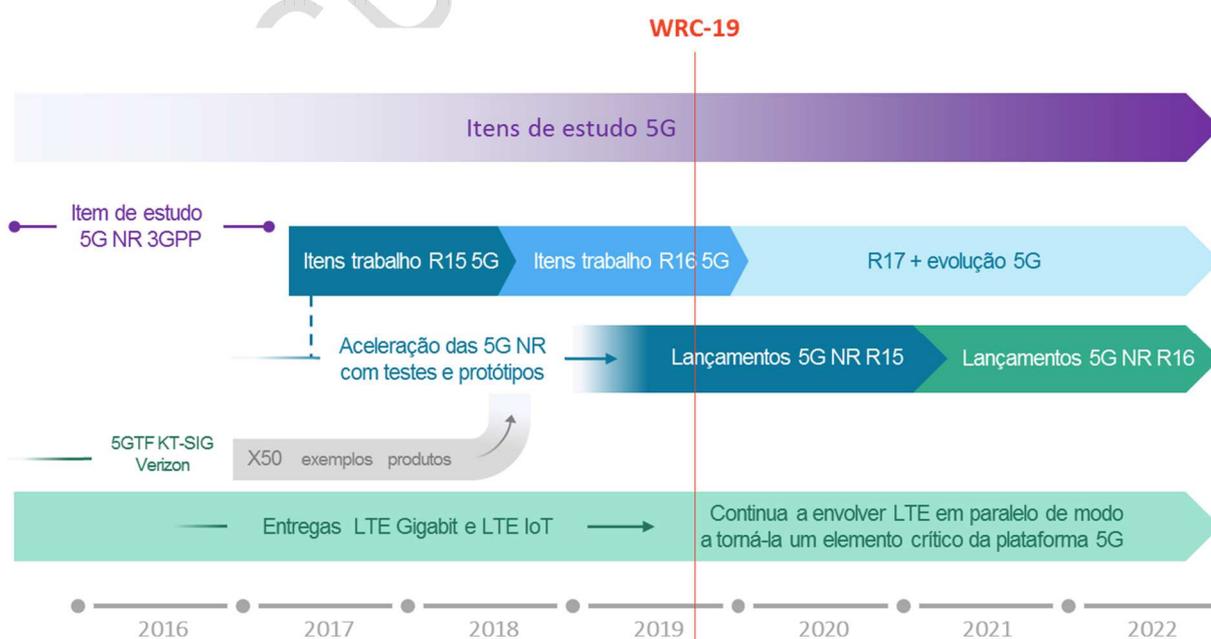
Em 2017, foi assinado um acordo multilateral de cooperação técnica entre Brasil, União Europeia, Estados Unidos, Japão, China e Coreia do Sul que visa ao desenvolvimento e à implantação da tecnologia 5G, à definição de requisitos e padrões técnicos internacionais, bem como ao estabelecimento de chamadas de pesquisas conjuntas e eventos anuais para compartilhamento de informações.

O diálogo é estabelecido por meio de representantes de cada uma das partes do acordo. No caso do Brasil, a representação foi definida por meio da criação do Projeto 5G Brasil, composto por 18 entidades representativas, empresas e centros de pesquisa brasileiros, com a participação do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

Visão

O processo de padronização das tecnologias de rede 5G possui caráter dinâmico, oferecendo periodicamente oportunidades de incorporação de melhorias, a cada novo *release*. Assim, o *roadmap* tecnológico do 3GPP para o padrão 5G já permite antever janelas de oportunidade específicas nas quais contribuições brasileiras ao padrão poderiam ser incorporadas. A figura a seguir ilustra graficamente esse cronograma, tendo como evento-chave no processo a realização da Conferência Mundial de Rádio da UIT em 2019 (WRC-19).

Figura 8. Cronograma do *roadmap* tecnológico do 3GPP para o padrão 5G



Fonte: Qualcomm

Políticas e programas de fomento a PD&I em 5G são absolutamente prioritários nesse contexto, somando-se a eles os aspectos relacionados à segurança regulatória, ao estímulo ao ambiente de negócios favorável a pequenos provedores de soluções em 5G, e à consolidação de um ecossistema 5G robusto e integrado às cadeias internacionais de produção e consumo.

Oportunidades

- Aprofundar as iniciativas de PD&I em curso com vistas a permitir a inserção brasileira em instâncias globais de definição de padronização para 5G, refletindo as particularidades e necessidades brasileiras.
- Expandir a produção científica e tecnológica realizada em parceria com outros países, por meio do lançamento de chamadas conjuntas para cooperação internacional em PD&I.
- Canalizar efetivamente os instrumentos de apoio ao desenvolvimento tecnológico em TICs para o desenvolvimento do ecossistema de 5G, tanto por meio de mecanismos de fomento direto quanto através de mecanismos de incentivo tributário associados a obrigações de investimentos em PD&I.
- Estimular a constituição de *hubs* tecnológicos, de modo a propiciar maior sinergia entre iniciativas de pesquisa em 5G no Brasil (maiores ganhos de escala e escopo de recursos físicos, humanos e financeiros, além de ampliar as potencialidades dos resultados da PDI em 5G no País.)
- Fomentar o ecossistema 5G no Brasil, integrando fornecedores e produtores nacionais às cadeias globais de produção.

D. Aplicações

Propiciar o acesso a aplicações inovadoras com base em tecnologia de 5ª geração em benefício da população brasileira.

Diagnóstico

Conforme já apresentado no capítulo de contextualização, as redes de 5ª geração irão trazer suporte inédito a serviços e aplicações. Seu diferencial em relação às gerações anteriores de telefonia móvel irá além do ganho de velocidade disponível na rede, e consistirá no atendimento a diferentes requisitos dos novos serviços, tais como “*enhanced mobile broadband*”, “*ultra-reliable low latency communication*” e “*massive machine type communication*”.

As características das redes 5G permitirão o surgimento de aplicações móveis sem precedentes, abrindo portas para o desenvolvimento econômico e tecnológico e para a instalação de

uma sociedade digital. Nesse contexto, um estudo³⁷ elaborado pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) aponta as principais áreas a serem impactadas pela introdução das redes de quinta geração, dentre as quais destacam-se: (i) automotivo; (ii) análise de dados; (iii) fábricas do futuro; (iv) saúde; (v) sistemas de suporte a operações e negócios; (vi) cidades inteligentes.

- **Automotivo:** um exemplo de evolução tecnológica nesta área é o chamado *Vehicle-to-Everything* (“Veículos-para-tudo” - V2X), que inclui aspectos autônomos de direção, segurança e não-segurança, o que permitirá a otimização da engenharia de tráfego nas grandes cidades, diminuindo os congestionamentos. Outros avanços incluem aplicações de direção avançada (auxílio ao motorista por meio de sensores, dados e informações internas ou externas ao veículo), automação veicular, agrupamento de veículos (carros trafegando muito próximos uns dos outros em um ambiente dinâmico) e direção remota (em que um motorista remoto ou aplicação V2X opera veículos de transporte público ou em ambientes hostis). Para viabilizar tais aplicações, será necessário o fornecimento de *Ultra-reliable low latency communication* (URLLC), comunicação baseada em resposta em tempo real, a fim de prevenir a ocorrência de acidentes de trânsito, além de expandir a cobertura das redes móveis em rodovias e estradas. Aplicações veiculares possibilitarão, ainda, a atuação em áreas remotas e de operações de busca e resgate de maneira mais rápida, com benefício para toda a população.
- **Análise de dados:** o aumento de performance trazido pelo 5G, tanto em termos de velocidade experimentada pelo usuário, como em termos de sua capacidade para lidar com um número massivo de dispositivos conectados, permitirá um aumento expressivo do volume de dados coletados de usuários e terminais IoT, viabilizando o processamento em tempo real de dados de aplicações sensíveis a contexto (correlação de tempo real), preditivas (melhor opção), prescritivas (automação do próximo passo) e cognitivas (melhor decisão em contexto complexo). Deste modo, a análise de dados terá um papel duplo no contexto do 5G: por um lado, continuará a dar suporte a vários aplicativos de negócios e casos de uso em redes de 5G; por outro, desempenhará um papel fundamental na implementação das operações de rede e 5G.
- **Fábricas do futuro:** o 5G será um componente chave para o aumento da troca desembaraçada de dados entre máquinas, instalações, humanos e robôs, o que permitirá o desenvolvimento de uma logística inteligente, produção conectada de sistemas cyber-físicos e de comunicação máquina-a-máquina. A combinação destas e de outras tecnologias digitais no setor secundário possibilita o avanço industrial conhecido como “Indústria 4.0”.
- **Saúde:** o 5G irá aprimorar a prestação de cuidados médicos agudos e padronizados de qualidade por meio de aplicações de telemedicina móvel, baseadas em comunicações, e reforçará a prestação de cuidados de saúde e de cuidados prolongados de qualidade, tanto nas regiões urbanas quanto nas rurais.
- **Sistemas de suporte a operações e negócios:** a tecnologia 5G trará a automação de processos industriais com suporte à comunicação maciça/crítica do tipo máquina (MTC), juntamente com a capacidade de banda larga móvel. Ademais, com o 5G ocorrerá a virtualização da funcionalidade da rede, o que ajudará os operadores públicos e privados a compartilharem sua

³⁷ IEEE: *Perspectives on 5G applications and services* (2018). Disponível em: <https://futurenetworks.ieee.org/roadmap/perspectives-on-5g-applications-and-services>.

funcionalidade de espectro e rede, reduzindo custo. Com este tipo de infraestrutura compartilhada e cooperativa proporcionada pelo 5G, os operadores serão capazes de evitar a erosão dos preços e aumentar sua margem de lucro.

- **Cidades inteligentes:** há um grande número de aplicações que visam a melhorar a qualidade e o estilo de vida dos habitantes das cidades, baseadas na coleta de informações relevantes para as suas necessidades. Isto permitirá que as tecnologias inteligentes sejam interconectadas, a fim de garantir o fornecimento de serviços básicos demandados pelos residentes, inclusive em transporte, saúde e habitação.

A Internet das Coisas (IoT) surge, nesse contexto, como tecnologia habilitadora para tais aplicações, permitindo revolucionar e conectar o mundo global por meio de dispositivos inteligentes e heterogêneos de baixa potência, que interagem entre si pela Internet, coletando e compartilhando dados. A rede 5G é considerada a solução tecnológica que permitirá o uso de IoT de forma massiva.

Um dos principais pontos necessários para o adequado desenvolvimento da IoT no Brasil, com o potencial de conectar bilhões de dispositivos, está relacionado com a disponibilidade de conectividade. Nesse sentido, o 5G promete viabilizar aplicações críticas de IoT que requerem controle em tempo real e automação de processo dinâmicos, dando suporte à implementação maciça desses dispositivos heterogêneos, conectados simultaneamente com novos requisitos de serviço, para estimular de forma eficiente aplicações de IoT Maciça e Crítica:

- **IoT Maciça:** aplicações neste domínio requerem equipamentos terminais de usuário de baixo custo, com baixo consumo de energia, área de cobertura estendida e alta escalabilidade para implantação efetiva. Exemplos incluem edifícios inteligentes, logística de transporte, gestão de frotas, medidores inteligentes e agricultura.
- **IoT Crítica:** aplicações que demandam maior disponibilidade, maior confiabilidade, segurança e menor latência para garantir a experiência do usuário final, já que a falha em tais aplicativos poderia resultar em graves consequências. Exemplos incluem segurança no trânsito, carros autônomos, aplicações industriais, fabricação remota e saúde.

Aplicações em IoT já estão disponíveis, e são suportadas não só pelas redes 4G e 3G atualmente implantadas, mas até mesmo por tecnologias anteriores, como é o caso do GPRS (2G). Apesar disso, uma infinidade de aplicações futuras em IoT demandarão conexões de alto desempenho e confiabilidade, o que gera a necessidade de que as novas redes apresentem melhorias na utilização eficiente de recursos, no suporte adequado para diferentes tecnologias de acesso, e na flexibilidade e segmentação da rede. Como não há viabilidade para a implementação de tais características nas redes atuais, apenas as redes 5G trarão as capacidades necessárias a completa viabilização de aplicações em IoT³⁸.

Em resumo, as redes móveis 5G são consideradas o futuro sistema de telecomunicações, com a perspectiva permitir a geração de uma rede facilmente otimizável para dar suporte a dispositivos e serviços conectados. Os novos casos de uso abrangem uma ampla gama de novos mercados de serviços, tais como: comunicações e controle de veículos, sistemas de controle de drones, internet tátil e automação industrial, e prevenção de roubo de dispositivos e sua recuperação. Dessa forma, espera-se que as redes móveis 5G emergentes sejam capazes de fornecer serviços de missão crítica e baixa

³⁸ Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8141874/keywords#keywords>

latência, alta confiabilidade e maior precisão de posicionamento, características necessárias para novas aplicações.

Fica claro, portanto, que as aplicações futuras demandarão muito da rede 5G, gerando pressão pelo adensamento de células e pelo uso de espectro, com conseqüente aumento do volume de recursos financeiros a serem nela investidos. Assim, para que aplicações inovadoras estejam disponíveis à população como um todo, é importante que não haja obstáculos regulatórios à expansão da rede 5G, e que esta ocorra de forma a evitar concentração investimentos apenas em estados e municípios específicos, buscando abranger as diferentes regiões do país. Para tanto, o sucesso da massificação do uso de aplicações em 5G depende, em muito, do sucesso de medidas como as já elencadas nos capítulos de Outorga e Licenciamento e de Radiofrequência, especialmente por meio da desobstrução de barreiras ao licenciamento de estações e de compromissos de abrangência em licitações de espectro.

Visão

Diante das aplicações apresentadas e de tantas outras que poderão ser desenvolvidas a partir da implantação de novas redes 5G, espera-se que o Brasil acompanhe o desenvolvimento mundial da tecnologia em termos de implantação de redes, de desenvolvimento e de uso de aplicações e serviços inovadores. É no uso das redes, nas aplicações e nos serviços que está o potencial real das redes de quinta geração para a transformação da economia e a geração de benefícios para a sociedade.

Dessa forma, é preciso que o país propicie um ambiente favorável ao desenvolvimento de novas aplicações, especialmente em áreas em que se vislumbra um maior potencial de benefícios à sociedade. Neste sentido, e considerando-se que aplicações em IoT desempenharão importante papel no contexto das diferentes aplicações propiciadas pelas redes 5G, destaca-se que o Brasil concluiu, durante o período de janeiro de 2017 a março de 2018, o estudo "Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil", liderado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) em parceria com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

O estudo³⁹ determinou como frentes prioritárias de IoT para o país os seguintes ambientes: **idades, saúde, rural e indústria**. Nesse sentido, é preciso agir para destravar barreiras que limitam o potencial de desenvolvimento dessa nova tendência tecnológica global, de modo que o Brasil busque posição de destaque nessa corrida tecnológica e aproveite suas vantagens. Deve-se atuar, por exemplo, na simplificação regulatória e na diminuição sensível dos custos daqueles casos que não são isentos de licenciamento.

No ambiente prioritário **idades**⁴⁰, aplicações IoT apoiadas pelas redes 5G podem viabilizar importantes ganhos para os municípios, decorrentes, por exemplo, do monitoramento em tempo real, o que permite fundamentar de maneira mais concreta o desenvolvimento de políticas públicas, com base em maior quantidade de dados. Verifica-se grande heterogeneidade entre os mais de cinco mil

³⁹ Disponível em:

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>

⁴⁰ Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/776017fa-7c4a-43db-908f-c054639f1b88/relatorio-aprofundamento-das+verticais-cidades-produto-7A.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3rPg5Q>

municípios brasileiros, o que promove um vasto leque de aplicações para IoT, destacadamente em quatro eixos de impacto significativo: mobilidade, segurança pública, eficiência energética e saneamento, e saúde.

Destaca-se neste campo a criação de grupo de estudos focado no desenvolvimento de Cidades Inteligentes Sustentáveis (*Smart Sustainable Cities*), no âmbito do Grupo de Estudos 20 da UIT (ITU-T SG20), em um esforço de contribuir para a padronização de aplicações futuras, buscando melhorar a qualidade de vida, a eficiência de serviços e operações urbanas e a competitividade, ao passo em que garante o atendimento às necessidades das gerações atuais e futuras nos aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais. O modelo proposto buscará identificar indicadores relevantes para mensurar o desenvolvimento das cidades, classificando-as em níveis de maturidade (indo do nível 1 – planejamento, até o nível 5 – melhorias contínuas) nas dimensões econômica, ambiental e social, de modo que oportunidades de melhoria sejam facilmente implementadas. Considera-se, deste modo, salutar a adoção deste conceito na implementação das futuras políticas públicas para o desenvolvimento de cidades brasileiras, através da adaptação das atuais políticas de Cidades Digitais para o conceito de Cidades Inteligentes Sustentáveis.

No ambiente **saúde**⁴¹, um dos desafios é justamente a integração dos diferentes atores do sistema de saúde, estruturados em torno de uma visão unificada das pessoas, o que requer a melhoria da gestão dos recursos existentes para que a área continue absorvendo inovações que impactem positivamente a vida das pessoas. Destacam-se, assim, as aplicações de IoT, que podem contribuir tanto para a melhoria da qualidade de vida da população como para o aumento da eficiência das unidades de saúde, sendo os principais exemplos dessas aplicações os seguintes: monitoramento remoto das condições dos pacientes com diabetes; localização de ativos nas unidades de saúde (RTLS – Real-Time Location Systems); suporte à identificação de síndromes; diagnóstico descentralizado; e, identificação e controle de epidemias.

Ainda, no ambiente **rural**⁴², as diferentes aplicações de IoT para o campo permitem desde o acompanhamento das condições climáticas, do crescimento da plantação, do desempenho das máquinas agrícolas até o acompanhamento detalhado da saúde dos animais. Nesse sentido, tem-se por expectativas em IoT para esse ambiente aumentar a produtividade e a relevância do Brasil no comércio mundial de produtos agropecuários com elevada qualidade e sustentabilidade socioambiental e posicioná-lo como o maior exportador de soluções de IoT para agropecuária tropical. Para tal, é essencial a expansão da cobertura em áreas rurais, ainda que por meio de redes de padrão anterior ao 5G, principalmente por meio de compromissos de abrangência em editais de licitação de espectro. Nesse sentido, compromissos de cobertura de rodovias federais ou de distritos ainda não atendidos poderiam gerar efeitos positivos para a expansão da cobertura de áreas rurais.

Por fim, passando-se ao ambiente **indústria**⁴³, salienta-se que essa é vista como uma frente mobilizadora para o Brasil, de vez que a IoT na indústria contribui para alavancar a economia do país e

⁴¹ Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/9e481a5b-a851-4895-ba7f-aa960f0b69a6/relatorio-aprofundamento-das-verticais-saude-produto-7B.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3mTltg>

⁴² Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/2fa8f7d1-9939-441d-b8ce-ed3459fcfd4d/relatorio-aprofundamento-das-verticais-rural-produto-7C.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3rPopG>

⁴³ Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/cfbd69ff-56d7-43f4-82df-f05b40459ec7/relatorio-aprofundamento-das-verticais-industria-produto-7D.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m3xwf3m>

para transmitir ganhos de produtividade sistêmicos aos demais setores. O conceito de indústria 4.0 foi cunhado recentemente e engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura. A indústria 4.0, na verdade, refere-se a uma completa descentralização do controle dos processos produtivos e uma proliferação de dispositivos inteligentes interconectados, ao longo de toda a cadeia de produção e logística, o que tende a tornar os processos produtivos cada vez mais eficientes, autônomos e customizáveis. As potencialidades das redes de 5G em ofertar serviços de baixíssima latência ampliam o leque de aplicações possíveis no campo da indústria.

Dessa forma, entende-se que a tecnologia 5G representará elemento essencial para viabilizar as frentes prioritárias para o desenvolvimento de aplicações em IoT apontadas pelo estudo acima mencionado. Neste ponto, é necessário mencionar que, embora nem todas as aplicações em IoT venham a depender da existência de redes 5G (é o caso das aplicações já existentes), e que nem todas as aplicações suportadas pelo 5G serão necessariamente IoT, a implantação da tecnologia de quinta geração servirá de viabilizador para inúmeros casos de uso de aplicações IoT. Para que o desenvolvimento destas tecnologias seja feito em sua plenitude, é necessário superar barreiras estruturais relevantes relacionadas, sobretudo, com a falta de infraestrutura de conectividade, as dificuldades de fomento à inovação e o desenvolvimento desigual entre as diversas regiões do país.

Por todo o acima exposto, entende-se que o uso de aplicações 5G poderá ser um instrumento para a implantação de políticas públicas que se traduzam em significativos benefícios para toda a população. Assim, constitui-se um desafio para as redes 5G a capacidade de ofertar os novos serviços previstos tanto em áreas urbanas densamente povoadas quanto em áreas remotas e áreas rurais.

Oportunidades

- A partir da disponibilização de tecnologia 5G no país, formular políticas com vistas a potencializar a adoção de aplicações em áreas de grande impacto econômico, a exemplo do ambiente rural e da indústria brasileira, ou que propiciem melhorias significativas de qualidade de vida para os cidadãos, a exemplo do ambiente de cidades e das aplicações em saúde.
- Adotar o conceito de Cidades Inteligentes Sustentáveis, conforme recomendação da UIT, adaptando e atualizando as atuais políticas de Cidades Digitais, mediante a implementação de estratégia específica para sua implementação.
- Em linha com o disposto no estudo "Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil", fortalecer Centros de Competência em tecnologias habilitadoras para IoT, aproximando-os do ecossistema brasileiro de 5G, com vistas ao desenvolvimento de soluções integradas.
- Assegurar a capacitação de cidadãos e gestores públicos com vistas à utilização de aplicações inovadoras viabilizadas por 5G, por meio da oferta de cursos técnicos, profissionalizantes e de extensão.

E. Segurança

Promover a segurança e confiabilidade das redes e serviços de 5ª Geração

Diagnóstico

O tema de segurança em redes 5G reveste-se de especial importância dado um conjunto de elementos de vulnerabilidade adicional em relação às tecnologias de gerações anteriores. Dentre essas destacam-se:

- a) a incorporação de capacidade computacional nas extremidades/bordas da rede (*edge computing*), não mais restrita ao núcleo de rede, exigindo a implementação de soluções distribuídas de segurança de rede;
- b) o uso em larga escala de equipamentos terminais IoT de baixa complexidade, e portanto, incapazes de incorporar soluções robustas de segurança, conectados à Internet por meio da rede móvel 5G.

É nesse cenário que se avalia a necessidade de um processo de certificação de segurança específico para equipamentos inseridos em redes de telecomunicações. No entanto, há importantes desafios de natureza prática, visto que um processo de certificação de parâmetros técnicos de um produto tende a ser único no seu ciclo de vida, enquanto que uma certificação de segurança cibernética precisaria considerar as implicações de cada atualização de software ou instalação de aplicativo, num dado modelo de equipamento ao longo de seu ciclo de vida.

Assim, vários países estão examinando modelos de garantia de segurança que envolvem uma combinação de mecanismos de certificação com a pactuação de códigos de conduta por parte de fabricantes de equipamentos e operadoras de serviços de telecomunicações, sob a supervisão de uma autoridade regulatória com poder de *enforcement* (a exemplo do *Centre for Cyber Security* do Canadá⁴⁴ e do *National Cyber Security Centre* do Reino Unido⁴⁵, bem como da recente recomendação da União Europeia⁴⁶ apontando para a criação de estruturas similares).

Em paralelo, dado o importante papel que as redes 5G terão no processo de transformação digital de inúmeros setores da economia (no contexto, por exemplo, da indústria, da agricultura e das cidades inteligentes), há globalmente uma preocupação crescente com a proteção dessa infraestrutura crítica⁴⁷ de telecomunicações, tendo em vista sua imprescindibilidade paravários setores econômicos e

⁴⁴ Ver www.cyber.gc.ca/en/common-criteria.

⁴⁵ Ver www.ncsc.gov.uk/information/common-criteria-0

⁴⁶ Ver <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/cybersecurity-5g-networks>

⁴⁷ OECD Policies for the Protection of Critical information Infrastructure n. 275 – fevereiro de 2019. Disponível em: www.oecd-ilibrary.org/docserver/efb55c54-en.pdf?expires=1555437176&id=id&accname=guest&checksum=AA98AE84C8200DD574CEE821E4B0D5EC

para a própria sociedade. Nesse sentido, há também necessidade de se planejar a proteção dessa infraestrutura crítica das telecomunicações.

Para esse fim, é essencial investir em equipamentos e sistemas específicos, bem como prover capacitação de pessoal especializado, para constituir uma infraestrutura robusta de resposta e tratamento de incidentes de segurança cibernética (os CSIRTs - Computer Security Incident Response Teams), integrada aos centros nacionais CERT.br - Centro de Estudos, Resposta e Tratamentos de Incidentes de Segurança no Brasil⁴⁸ e o CTIR Gov - Centro de Tratamento e Resposta a Incidentes Cibernéticos do Governo⁴⁹.

Visão

Está em desenvolvimento, no âmbito do Governo Federal, a estruturação de uma abordagem integrada de segurança cibernética para o país. Esta, por sua vez, está inserida em um conceito de segurança da informação, concebido em três níveis, cujos elementos estruturais estão definidos no Decreto nº 9.637/2018, e são ilustrados a seguir:



É nesse contexto que se insere a discussão sobre as formas de se aumentar a capacidade de identificar, avaliar e mitigar vulnerabilidades em equipamentos de telecomunicações, diante da iminência de incorporação da tecnologia 5G em nossas redes de telecomunicações.

Para se lidar com os riscos intrínsecos dessa nova geração de redes de telecomunicações, a maioria dos países vem adotando mecanismos adicionais de segurança, inclusive por meio de assunção

⁴⁸ Ver <https://www.cert.br/>

⁴⁹ Ver <https://www.ctir.gov.br/>

de compromissos voluntários pelos fabricantes de equipamentos de telecomunicações e prestadores de serviço, ou pelo estabelecimento de mecanismos formais de certificação de segurança cibernética, dentre outras abordagens.

Em linha com boas práticas internacionais, parece chegado o momento de o Brasil avançar na discussão acerca da regulamentação do processo de certificação de segurança cibernética de equipamentos de telecomunicações, ancorado em estrutura, nos moldes da bem sucedida experiência da Anatel na regulamentação e implementação da rede de certificação e homologação de parâmetros técnicos de equipamentos de telecomunicações⁵⁰.

De parte dos prestadores de serviços de telecomunicações, notadamente os que proveem conectividade à Internet, é essencial a implantação, em cada empresa, de um centro de resposta a incidentes (CSIRT), com infraestrutura e capacitação de pessoal compatível com os novos desafios de segurança cibernética decorrentes da implantação de redes 5G.

Oportunidades

- Editar uma política nacional de segurança cibernética, incluindo a definição de uma instância nacional responsável pela articulação de um sistema nacional de segurança cibernética, com envolvimento dos setores público e privado.
- Promover estudos com vistas à definição de processos de certificação e homologação de segurança cibernética para equipamentos de telecomunicações.
- Considerando sua natureza de infraestrutura crítica, disseminar a capacidade de proteção e de resposta a incidentes de segurança entre os prestadores de serviços de 5G, os fornecedores de aplicações e os usuários finais, inclusive o próprio governo..
- Estimular o desenvolvimento voluntário de códigos de conduta e de regras de boas práticas por parte de fabricantes de equipamentos e operadoras de serviços de telecomunicações.
- Promover a incorporação da lógica de *privacy and security by design* nos diferentes estágios do ciclo de vida de equipamentos de 5ª geração.
- Incentivar o desenvolvimento de uma cultura de responsabilidade compartilhada com relação à segurança cibernética.

⁵⁰ Ver www.anatel.gov.br/setorregulado/apresentacao-certificacao