

Nota Técnica

Nº 79

Diset

Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais
de Inovação e Infraestrutura

Janeiro de 2021

IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA 5G NO CONTEXTO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E INDÚSTRIA 4.0

Robert Spadinger



CEPAL



Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 www.cepal.org/es/publications

 www.cepal.org/apps

Nota Técnica

Nº 79

Diset

Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais
de Inovação e Infraestrutura

IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA 5G NO CONTEXTO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E INDÚSTRIA 4.0

Robert Spadinger



CEPAL

ipea

Governo Federal

Ministério da Economia

Ministro Paulo Guedes

ipea Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Carlos von Doellinger

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Manoel Rodrigues Junior

Diretora de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

Flávia de Holanda Schmidt

Diretor de Estudos e Políticas

Macroeconômicas

José Ronaldo de Castro Souza Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Nilo Luiz Saccaro Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura

André Tortato Rauen

Diretora de Estudos e Políticas Sociais

Lenita Maria Turchi

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Ivan Tiago Machado Oliveira

Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação (substituto)

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Nota Técnica

Nº 79

Diset

Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais
de Inovação e Infraestrutura

Janeiro de 2021

IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA 5G NO CONTEXTO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E INDÚSTRIA 4.0

Robert Spadinger



CEPAL

ipea

EQUIPE TÉCNICA

Robert Spadinger

Sócio da Sparkling Mindz, consultoria de inovação, telecomunicações, transformação e marketing digital.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ntdiset79>

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos). Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia e da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

Os Estados-membros das Nações Unidas e suas instituições governamentais podem reproduzir este estudo sem autorização prévia. É solicitado, apenas, que mencionem a fonte e informem à CEPAL sobre essa reprodução.

Este estudo foi elaborado no âmbito do Programa Executivo de Cooperação entre a CEPAL e o Ipea, Contrato n. 2500237499.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 PANORAMA DO CENÁRIO INTERNACIONAL DE 5G.....	7
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO¹

O mundo das telecomunicações, da tecnologia da informação e da mídia continua convergindo e influenciando de todas as formas o comportamento das pessoas, das empresas e dos governos. A internet, mais do que nunca, está em todos os meandros de nossas vidas, desde uma simples chamada telefônica, passando por processos internos e controle de empresas, até influenciando e decidindo eleições, sendo a mais poderosa alavanca de transformação da sociedade, responsável por produzir mudanças econômicas, sociais, políticas e culturais em todo o mundo.

O setor de telecomunicações continua sendo fundamental para qualquer país e deve ser visto de forma diferenciada, uma vez que os serviços oferecidos são essenciais para a geração de valor da atual e das futuras gerações. Os desenvolvimentos acontecem de forma tão acelerada que já nem sabemos como era viver sem estes desenvolvimentos, mesmo que tenham acontecido há cerca de vinte anos somente. Hoje, grande parte da população usufrui de serviços móveis através de *smartphones*, vídeo sob demanda ou internet de alta velocidade por meio de fibras ópticas. Ainda assim, há muito por se fazer, principalmente no que tange à melhoria dos serviços com cobertura adequada.

Se, por um lado, novas tecnologias oferecem novas oportunidades e novos negócios, por outro lado, a própria dinâmica do mercado mostra que algo tem que ser feito em termos regulatórios, para que a infraestrutura seja de fato construída e todos consigam usufruir dela. O negócio *telecomunicações* mudou muito nos últimos anos. Enquanto inicialmente as empresas de telecomunicações traziam a todos os serviços pela primeira vez e cresciam ano após ano, hoje em dia elas lutam para manter as demandas cada vez maiores e se reinventam constantemente. Neste período, muitas operadoras e fornecedores deixaram de existir, sendo engolidos ou engolindo outros no processo, parte do negócio diriam uns, porém a uma velocidade não vista anteriormente. A demanda por tráfego cresce continuamente, de forma mais acelerada do que os investimentos das operadoras conseguem ser viabilizados.

1.1 Objetivo geral

O objetivo da consultoria é desenvolver um estudo que sirva de subsídio para as políticas de desenvolvimento do ecossistema de bens e serviços associados à infraestrutura 5G no Brasil, que terá profundo impacto na indústria e na sociedade nos próximos dez anos.

O objetivo primordial do projeto é desenvolver análises sobre: i) a situação atual do mercado europeu de 5G; ii) a situação atual e as perspectivas dos serviços e das tecnologias associadas ao 5G na Europa: internet das coisas (Internet of Things – IoT), indústria 4.0; iii) as perspectivas para o 5G e os serviços e as tecnologias associadas ao 5G no Brasil.

2 PANORAMA DO CENÁRIO INTERNACIONAL DE 5G

2.1 O que é de fato o 5G?

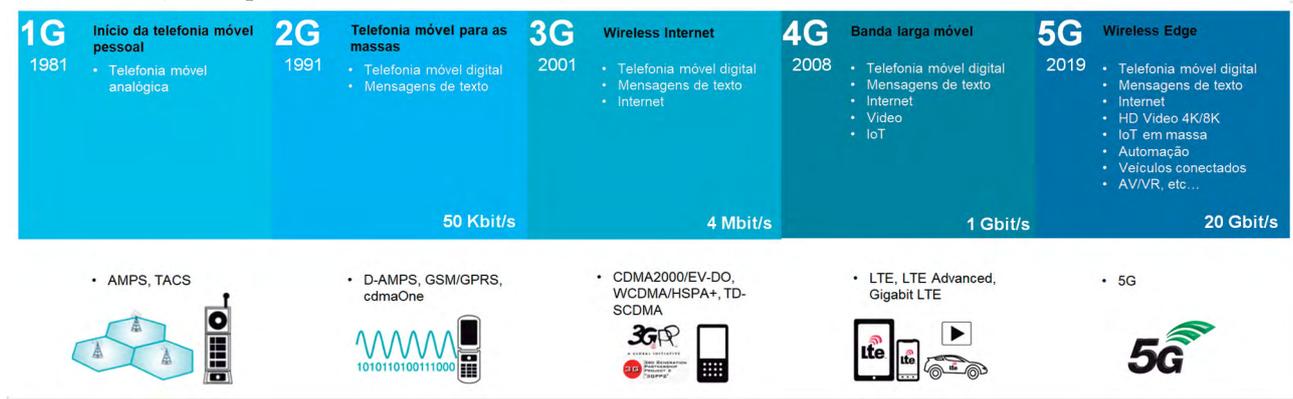
No momento, muito se fala sobre o 5G e de todas as maravilhas que em breve poderá realizar. Fala-se em uma completa revolução, uma tecnologia que tornará tudo possível, onde tudo e todos se conectarão. De fato, o novo padrão da telefonia móvel celular traz consigo muitas promessas, que ainda terão que ser desenvolvidas.

A figura 1 mostra a evolução dos padrões de telefonia celular no tempo. Pode-se verificar que a cada década, um novo padrão emerge. Estes padrões, no entanto, não aparecem de um dia para o outro, são introduzidos no decorrer dos anos, incorporando paulatinamente evoluções naturais, sejam em *hardware* ou em *software*, melhorando os atuais serviços oferecidos ou propiciando novos serviços ou funcionalidades.

1. Este trabalho faz parte de consultoria realizada por Robert Spadinger e financiada pela Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal).

FIGURA 1

Evolução dos padrões de telefonia celular



Fontes: Capgemini e Qualcomm.
 Elaboração do autor.

O 5G é primeiramente a evolução natural das redes *Long Term Evolution (LTE)*, mais comumente conhecido como 4G. A cada novo padrão, a eficiência espectral aumenta, sendo possível transmitir cada vez mais dados, possibilitando a introdução de novos serviços. A tecnologia móvel invade outros domínios, oferecendo, em certas circunstâncias, competição à telefonia e à banda larga fixa ou mudando a forma como negócios existentes operam. A introdução de novos padrões vem sempre acompanhada de enormes expectativas. Dizia-se, na época do lançamento do 3G, que teríamos enfim a internet móvel. Muitas operadoras na ocasião assim venderam seus serviços, também no Brasil. Planos de dados móveis eram vendidos como os planos de banda larga fixa, ou seja, pelas velocidades. A expectativa foi tão grande na época que tivemos a primeira bolha da telefonia móvel, elevando em muito o custo de aquisição das frequências. Os equipamentos, celulares e serviços não conseguiram de fato suprir as expectativas e praticamente somente no fim daquela década o padrão foi abraçado pelos usuários.

Na prática, a banda larga móvel, ou internet móvel, somente aconteceu com a introdução do 4G, quando as velocidades melhoraram o suficiente para que o usuário pudesse então usufruir. Em 2007 e 2008, foram lançados, respectivamente, o primeiro *iPhone* e primeiro *smartphone android*, aparelhos que modificaram o significado de mobilidade.

Nova década se passou. O novo padrão, 5G, tomará o mesmo caminho das tecnologias que a antecederam. As evoluções e melhorias serão incorporadas de acordo também com a aceitação de mercado e priorização das operadoras e dos clientes.

O 5G é no final das contas uma mescla entre evolução e revolução:

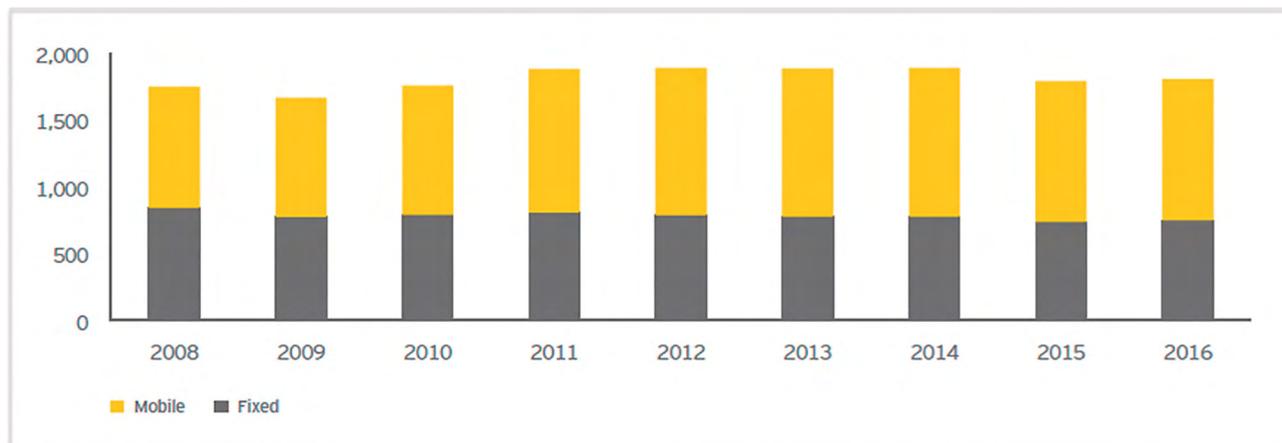
- evolução, pois segue como desenvolvimento natural do 4G e porque chegará ao mercado em etapas, como já aconteceu anteriormente; e
- revolução, pois aumenta a capacidade de dados, traz novas características, que podem modificar o ecossistema e trazer uma infinidade de novas possibilidades e serviços para todos. Certamente, o mundo não será o mesmo ao final da próxima década, quando então falaremos sobre o próximo padrão.

Fornecedores vendem o 5G como uma nova oportunidade de receitas para as operadoras ou até para outras indústrias. As operadoras de telecomunicações ocupam, na era digital, uma posição essencial, pois são os responsáveis pela criação, manutenção e expansão de tais infraestruturas. Paradoxalmente, estas mesmas empresas vêm sofrendo com o passar do tempo corrosão de suas receitas e margens. A figura 2 mostra a evolução das receitas das operadoras no mundo entre 2008 e 2016, basicamente constantes, apesar ou talvez até em decorrência de todas as evoluções tecnológicas no período. O gráfico mostra também as diferenças de desempenho das operadoras nos diversos mercados de ações do mundo. De uma perspectiva geográfica, as empresas de telecomunicações na América do Norte e Ásia-Pacífico tiveram o melhor desempenho em termos de preços das ações entre 2012 e 2017. Este desempenho superior foi ajudado pelo forte crescimento da penetração de *smartphones* e demanda por serviços de dados móveis na Ásia-Pacífico. A recessão na América Latina e/ou queda dos preços das *commodities* na África, por sua vez, empurraram para baixo todo o mercado, inclusive o de telecomunicações. Operadoras em todas as regiões ampliaram o portfólio de serviços, tentando capitalizar nos mercados em crescimento com o setor de TV por assinatura, *cloud* ou *IoT*. O rápido crescimento da adoção de *smartphones* e pacotes conjuntos de serviços fixos, móveis e de TV por assinatura são marcantes neste período.

FIGURA 2

Evolução das receitas das operadoras no mundo (2008-2016)

(US\$ bilhões)



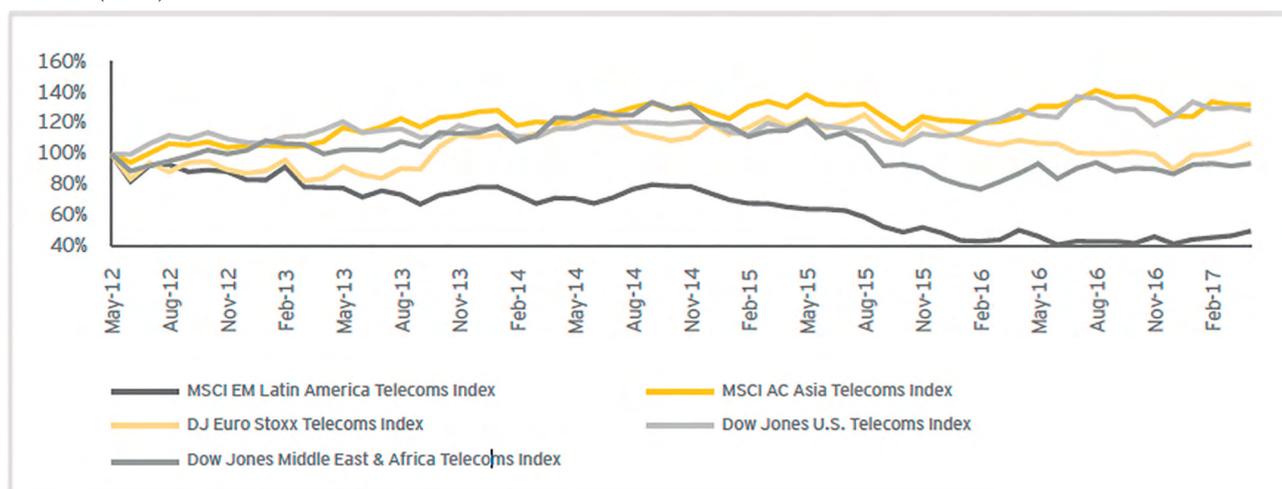
Fontes: EY, Ovum e Capital IQ.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

GRÁFICO 1

Desempenho das ações de operadoras por região do planeta

(Em %)



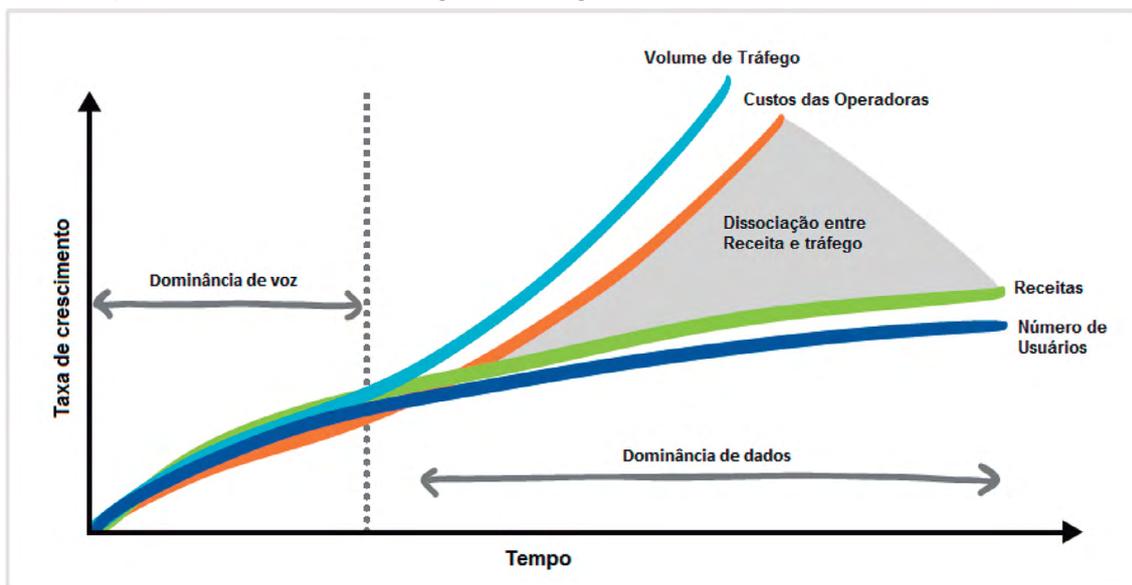
Fontes: EY, Ovum e Capital IQ.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Ainda assim, a demanda de dados por parte dos clientes cresce muito mais rapidamente do que a infraestrutura consegue viabilizar economicamente. Serviços *Over-the-top* (OTT), como Netflix, mudaram há alguns anos de forma irreversível os modelos de negócios e ofertas para os mercados *Business-to-Consumer* (B2C), como *Business-to-Business* (B2B). O uso cada vez maior de vídeos, imagens, dados em geral, tornou realidade o grande medo das operadoras: transformaram-se em transportadoras de *bit-pipes* (bits) e perderam uma posição mais nobre, privilegiada e de maior controle na cadeia de suprimentos digitais para outros atores. Antes tudo dependia exclusivamente das operadoras, hoje não mais. O fato dos serviços OTT existirem em si já seria uma ameaça às operadoras, mas estes mesmos atores não são submetidos às mesmas regulamentações e tarifas a que são submetidas as operadoras. É importante dizer isto, pois, com a introdução do 5G, temos novamente o mesmo dilema, desta vez ainda mais desafiador, pois o raio de cobertura que uma célula 5G consegue atingir nas frequências destinadas a esta tecnologia são muito menores. Obter coberturas adequadas exigirá investimentos pesados. Não é à toa que na última década vimos muitas operadoras e fornecedores de equipamentos unirem-se, basicamente por questão de sobrevivência, cortando custos e buscando sinergias para conseguir sobreviver neste mercado. O serviço de telecomunicações virou *commodity*, mesmo sendo essencial e fundamental para desenvolvimento de qualquer sociedade ou país.

FIGURA 3

Dissociação entre crescimento de tráfego e receitas geradas



Fonte: Accenture.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

O negócio *telecomunicações* definitivamente mudou, e isto deve ser levado em consideração pelos reguladores, no intuito de fomentar a inovação e facilitar a criação de tamanha infraestrutura responsável por sustentar a economia digital. Uma das novas funcionalidades do 5G é aumentar a velocidade de comunicação móvel, conseguindo em parte suprir a demanda reprimida.

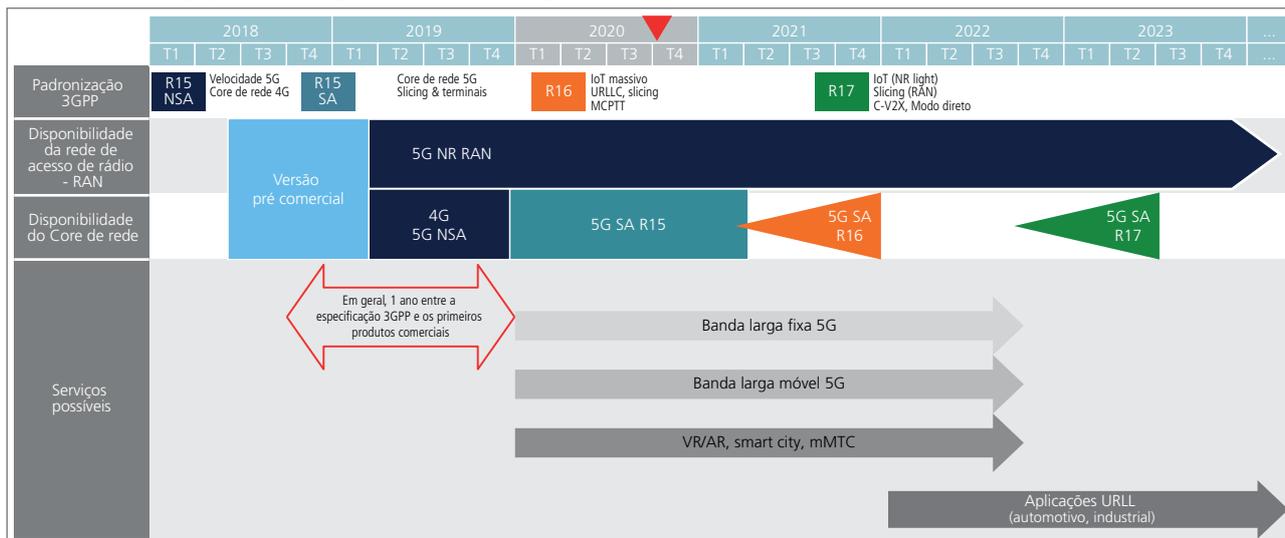
Em mercados menos desenvolvidos, como América Latina ou África, não se vê no momento o mesmo dinamismo de mercados mais maduros, como Japão, Coreia, China, Estados Unidos ou Europa, no que tange à introdução do 5G. Em um primeiro momento, pode-se ver isto como algo não tão ruim para o mercado como um todo, pelo menos não para os mercados compradores de tecnologia. Estamos falando em um padrão de tecnologia com o qual iremos conviver os próximos dez anos. Vale lembrar que a introdução do *3GPP Release 99* (3G básico) no mercado europeu no início dos anos 2000 foi um fiasco. No Brasil, isso somente aconteceu no final de 2007, mas já iniciado de uma forma mais evoluída, *3GPP Release 5, High Speed Packet Access (HSDPA)*, saltando-se etapas, utilizando-se da experiência adquirida em outros mercados, comprando-se tecnologia mais barata, pois já havia adquirido certa escala. Para quem desenvolve a tecnologia ou oferece serviços afins, no entanto, estar atrasado pode ser devastador. O ponto é que tudo acontece com muita velocidade nos dias de hoje, e os mercados precisam ainda ganhar maturidade para incorporar e utilizar as novas tecnologias de forma eficiente, o ecossistema local precisa se desenvolver, as empresas precisam saber como usar as novas tecnologias, onde e porque. Em suma, do ponto de vista regulatório, as peças precisam ser definidas rapidamente, para que o mercado possa, pelo menos, poder decidir como e quando dar os próximos passos.

Da mesma forma como os padrões anteriores, o 5G entrará aos poucos, assim que as novas especificações ficarem prontas e os novos equipamentos forem produzidos, instalados, testados e aprovados pelo mercado. O desafio será encontrar as aplicações que fomentarão a necessidade dos investimentos. No momento, o que se observa no mundo são as instalações pelo mundo afora das primeiras redes 5G, nos mercados que conseguiram realizar os leilões de frequências e conseguem viabilizá-lo economicamente.

2.2 Roadmap genérico da padronização 3GPP e de equipamentos

A figura 4 resume a situação da padronização 5G, que acontece costumeiramente em fases, ou *releases*. A primeira especificação do 5G comercialmente disponível a partir do primeiro trimestre de 2019 é o *Non-Standalone 5G New Radio* (Rel-15 NSA 5G NR), onde se vê uma nova interface aérea (Novo rádio) se conectando às atuais redes 4G como core de rede. Esta especificação foi finalizada em dezembro de 2017. A especificação Rel-15 5G SA, por sua vez, é 100% 5G, pois, além da interface aérea 5G, também se conecta ao core de rede 5G. É uma especificação muito aguardada pela indústria em geral, que objetiva utilizar o padrão em redes privadas, para as quais também é necessário adquirir frequências.

Roadmap genérico de padrões 3GPP e disponibilidade de serviços associados



Fontes: Qualcomm e 3GPP.
Elaboração do autor.

Uma vez estabelecido o que cada especificação do padrão deve conter em termos de funcionalidades, após verdadeiras batalhas estratégicas nos vários grupos de trabalho do 3GPP, com especialistas das operadoras, fornecedores e academia, os fornecedores correm contra o tempo para lançarem os seus respectivos produtos e serviços. Em geral, os primeiros produtos comerciais chegam ao mercado um ano após a finalização da especificação, mas um pouco antes já é possível testar e experimentar com versões pré-comerciais. O fato é que os fornecedores já entram nas reuniões defendendo seus interesses, dos produtos que já estão sendo desenvolvidos em paralelo com as especificações.

As especificações, ditam quando e quais aplicações conseguem ser realizadas. As funcionalidades mais sofisticadas do 5G, como sua utilização em redes privadas na indústria em aplicações de baixa latência ou a introdução de carros autônomos estão disponíveis a partir do Rel-16 ou Rel-17 respectivamente.

2.3 Principais aplicações 5G

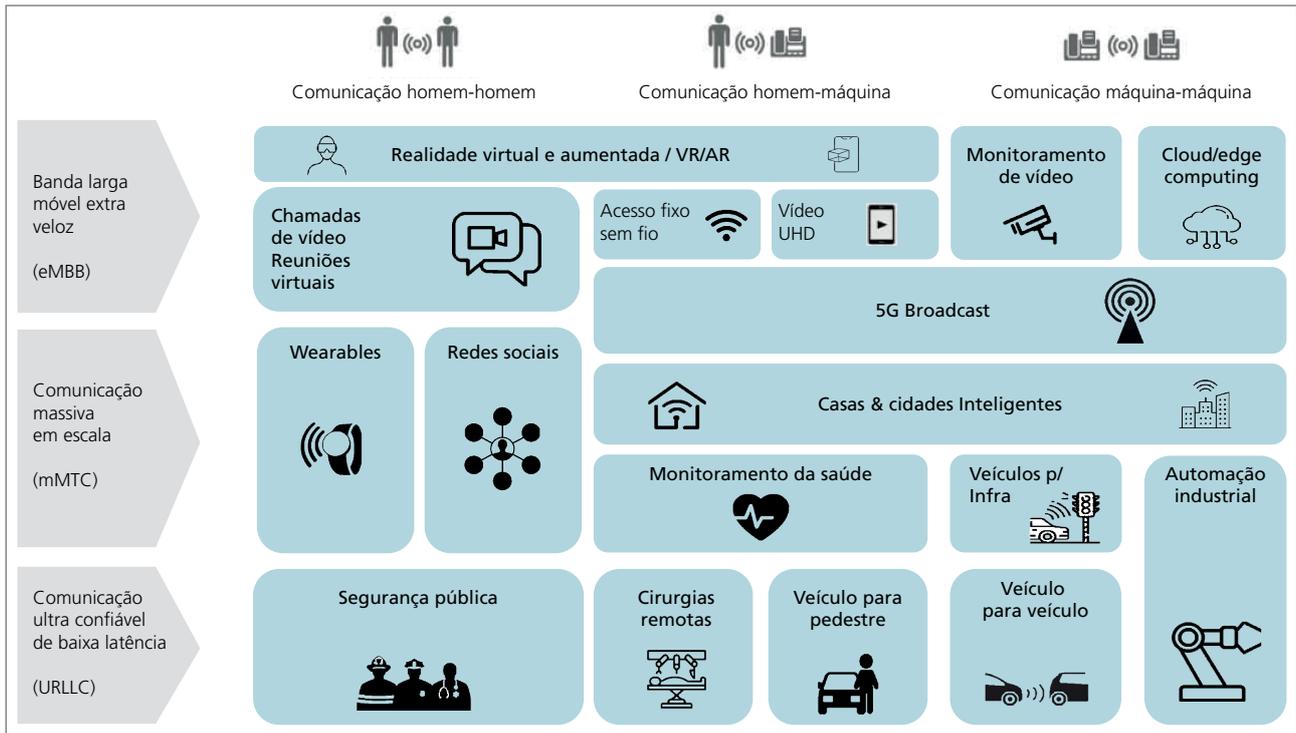
A padronização definiu basicamente três grandes grupos de aplicações (Hibberd, 2019).

- 1) Banda larga móvel extra veloz (*eMBB = enhanced mobile broadband*). Este grupo de aplicações ganha com a melhoria do tráfego de dados, propiciado pelo ganho da eficiência espectral. São aplicações que pedem cobertura adequada de sinais e tipicamente móveis.
- 2) Comunicação massiva em escala (*mMTC = Machine type communications*). Este grupo de aplicações trata da adoção massiva da *IoT* em quaisquer verticais de mercado. Exige recepção dentro dos ambientes (indoor), grande cobertura de sinais e alta densidade de aparelhos.
- 3) Comunicação ultra confiável de baixa latência (*URLLC = ultra-reliable low-latency communications*). As aplicações típicas aqui são de missão crítica, que requerem latências muito baixas e alta confiabilidade e segurança na comunicação.

A imagem a seguir (figura 5) exemplifica algumas aplicações vislumbradas para cada um dos três grupos mencionados, lembrando que muitas aplicações ainda não foram nem imaginadas. Diante do que foi exposto na seção que trata das padronizações, fica mais fácil compreender quando e como as aplicações 5G poderão entrar nos respectivos mercados. Neste primeiro momento, a aplicação mais comum e mais natural é o acesso banda larga nos *smartphones* 5G, ou seja, basicamente o mesmo que temos neste momento, porém bem mais rápido. O acesso banda larga fixa também já é oferecido pelas operadoras através de pequenos *CPEs*, que captam os sinais 5G e os espalham nas residências e escritórios por meio de wifi.

FIGURA 5

Grupos de aplicações 5G e potenciais serviços associado



Fontes: TM Forum, Qualcomm, Ericsson e 5Gamericas.org.
Elaboração do autor.

À medida que os novos padrões adentram no mercado, novas funcionalidades podem ser incorporadas e novos serviços podem aparecer, para as mais diferentes indústrias.

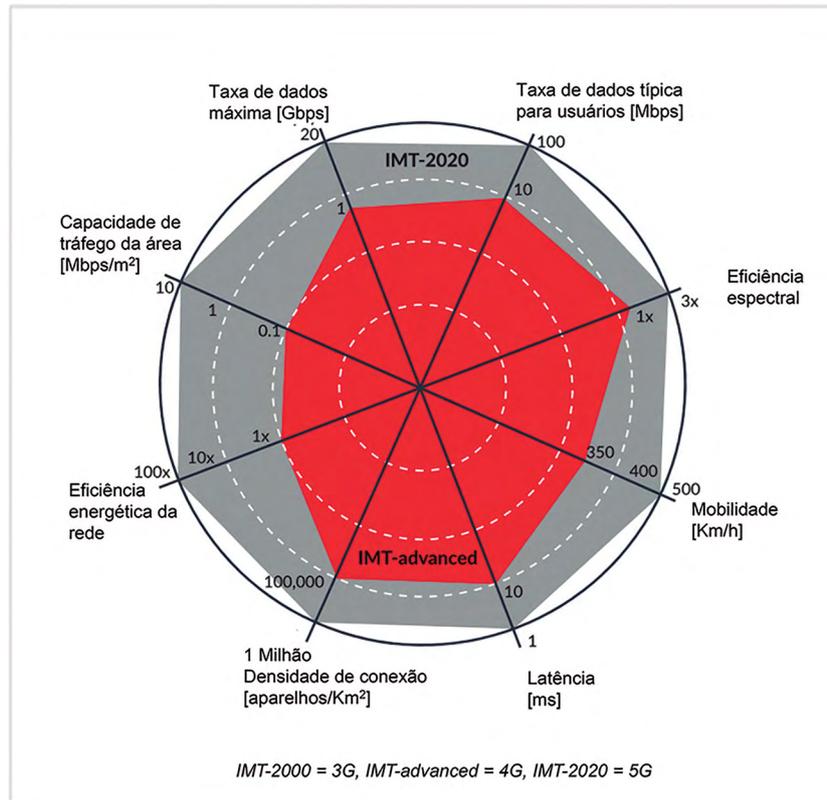
2.4 Quais são as principais características do 5G

O 5G traz alguns avanços tecnológicos muito interessantes, quando o comparamos com o 4G, o que gera grandes expectativas. Dentre as várias, destacam-se as a seguir.

- 1) *Baixa latência do 5G*: redes confiáveis de baixa latência garantem tempos de resposta rápidos para aplicações de tempo crítico, como veículos autônomos ou robôs, que dependem de tempos de resposta rápidos.
- 2) *Maior velocidade na banda larga móvel 5G*: aplicações especiais que requerem grande quantidade de dados em movimento são habilitadas, por exemplo, aplicativos de realidade virtual ou aumentada (AR/VR).
- 3) *Network slicing*: será possível falar de *network as a service*, onde sub-redes virtuais podem ser adaptadas para suportar aplicações únicas com diferentes necessidades de rede, ou seja, cada serviço pode ter uma rede adaptada às suas reais necessidades específicas.
- 4) *Redes em malha 5G*: espera-se uma densidade maior de conexões, onde os dispositivos sejam capazes de se conectar uns aos outros e melhorem as redes existentes, criando novas aplicações.
- 5) *Localização 5G*: haverá suporte para localização em rede no espaço tridimensional, com precisão de 1 a 10m em 80% das ocasiões, e melhor que 1m para *indoor*.

FIGURA 6

Melhorias nas principais funcionalidades do 4G (IMT-Advanced) para o 5G (IMT-2020)



Fonte: Hibberd (2019).

FIGURA 7

Exemplo de sub-redes alocadas dinamicamente para um serviço de carro autônomo



Fonte: TM Forum 2019, baseado em desenho da Vodafone, Imagens: freepik.com

Entre as principais características apresentadas, talvez *network slicing* ou conceito de rede central *nativa na nuvem*, seja a mais importante. A capacidade de implantar redes virtuais de ponta a ponta (*slices*) sobre uma infraestrutura promete desbloquear um novo mundo de serviços empresariais e potencialmente novas receitas para as operadoras móveis. Para que isso aconteça, as operadoras não devem apenas implantar 5G, mas também reformular seus sistemas de suporte operacional e de negócios no *backend* (OSS/BSS).² Um *slice* é uma rede personalizada, em que os clientes podem solicitar parâmetros específicos, de acordo com o serviço prestado, incluindo taxa de dados, qualidade de serviço (QoS), latência, confiabilidade e segurança, que podem ser configurados e gerenciados dinamicamente. Esta funcionalidade está, a princípio, disponível no Rel-15 SA, mas de forma mais madura somente no Rel-16.

2.5 Faixas de frequências licitadas e valores em alguns mercados mundiais

Desde meados de 2018, vem acontecendo no mundo leilões de frequência para a operação do 5G nos mais diversos países. Basicamente, fala-se em três faixas de frequências para o 5G, que podem variar de país para país, de acordo com a disponibilidade local. Busca-se a harmonização das frequências em todo o mundo, para que os equipamentos e celulares possam trabalhar em frequências similares e consequentemente baratear os custos com economias de escala. Cada faixa de frequências tem as suas características físicas, que, por sua vez, limitam as possíveis aplicações nas respectivas faixas Huawei (2020):

- 1) Faixa abaixo de 1 GHz:
 - espectro que oferece ampla cobertura de área, penetração interna/*indoor*. Assim, adequada para todos os tipos de aplicações, banda larga móvel (*eMBB*) urbana e no campo, comunicação em massa (*mMTC*) e aplicações altamente confiáveis de baixa latência (*URLLC*);
 - bandas principais 700 MHz na Europa, 600 MHz nos Estados Unidos;
 - implantação de rede mais barata, maior cobertura de células, melhor propagação de sinais; e
 - disponibilidade do espectro bastante limitada.
- 2) Faixa de 1 GHz a 6 GHz:
 - propicia boa cobertura e adequada para implantações urbanas densas, porém piores que a faixa abaixo de 1 GHz;
 - foco em 3,3-3,8 GHz, 3,8-4,2 GHz e 4,5-5 GHz; e
 - taxas de pico de 1 Gbps, para suporte a casos de uso de *eMBB*.
- 3) Faixa acima de 6 GHz: (cerca de 24 GHz):
 - primeira vez que se utiliza este espectro (24 -100 GHz) para redes móveis;
 - taxas de pico mais altas de 10 Gbps, portanto boas para *eMBB* ou acesso sem fio fixo. As taxas são mais altas, pois nesta faixa do espectro a banda licitada contígua é maior e há frequências disponíveis;
 - contudo, as redes nestas frequências acabam sendo utilizadas para redes locais, pois a propagação dos sinais é ruim e exige um grande número de células (investimento) para a cobertura de uma grande área, além de serem ruins na penetração de ambientes internos. Passam a ser o alvo de redes 5G privadas e locais e nada adequadas para aplicações que exigem grande área de cobertura.

Este ecossistema sugere que poderemos ver novas operadoras aparecendo, dedicadas a serviços de banda larga fixa, por exemplo (*fixed wireless access – FWA*).

A figura 8 lista uma série de países, as respectivas faixas de frequência, o espectro licitado, bem como a relação preço/MHz/população, a qual indica a relação do preço pago e do espectro licitado com o tamanho da população do país. Desta forma é possível comparar em parte o que os diferentes países pagaram pelo espectro.

É possível observar que o preço indicado para a faixa de 700 MHz na Itália se deslocou dos demais países na figura 8, exatamente por ser uma frequência nobre no que tange à comunicação móvel. Da mesma forma, pode-se observar o outro extremo, na faixa de frequências de 26 a 28 GHz. A quantidade de espectro disponível nesta faixa é enorme, o que propicia velocidades altíssimas. Contudo, como as frequências não são adequadas a larga propagação, o que exige maior investimento em infraestrutura de rede, o preço do espectro é menor.

Comparação entre licitações de frequências 5G em alguns dos principais mercados globais

País	Data	Faixa de espectro	Espectro licitado (MHz)	Total gasto (US\$ Bilhão)	População (Milhões)	Preço/MHz/População
 Inglaterra	abril-18	3,6-3,8 GHz	150	\$1,480	66,95	\$0,147
 Coreia do Sul	junho-18	3,5 GHz 28 GHz	280 2.400	\$2,700 \$0,600	51,34	\$0,188 \$0,005
 Espanha	julho-18	3,6 - 3,8 GHz	200	\$0,512	46,44	\$0,055
 Finlândia	outubro-18	3,4 - 3,8 GHz	390	\$0,088	5,56	\$0,041
 Itália	outubro-18	700 MHz 3,7 GHz 26 GHz	60 200 1.000	\$2,300 \$4,990 \$0,187	59,22	\$0,647 \$0,421 \$0,003
 Austrália	dezembro-18	3,6 GHz	125	\$0,611	25,09	\$0,195
 Suíça	janeiro-19	700 MHz 1.400 MHz 3,5 GHz	80 75 300	\$0,380	8,42	\$0,099
 Alemanha	junho-19	2 GHz 3,6 GHz	120 300	\$2,680 \$4,716	82,80	\$0,270 \$0,190

Fonte: TM Forum, jun. 2019 e set. 2019.

2.6 Atividades em redes privadas 5G em alguns mercados mundiais

Até o momento na Europa, a Alemanha claramente tomou a iniciativa no que tange à definição de regras para a aquisição de frequências 5G para o uso em redes privadas. A preocupação com o posicionamento competitivo das indústrias, no contexto da indústria 4.0, foi fator preponderante para a celeridade do processo. A Agência Reguladora Federal Alemã (Bundesnetzagentur), que é responsável pela concessão das frequências no país, reservou as faixas de 3.700 MHz - 3.800 MHz para potenciais operadoras de redes regionais, empresas ou *startups*, enquanto ainda analisa o que fará com a faixa de 26 GHz. O procedimento é relativamente simples e o processo demora cerca de dois meses para a aquisição das frequências. Até Agosto de 2020, 33 empresas (incluindo universidades) haviam comprado licenças privadas para frequências 5G, entre as quais encontram-se empresas como Bosch, BMW, Basf, Lufthansa, Siemens e Volkswagen. A figura 9 resume algumas das principais iniciativas na Europa e traz também algumas informações sobre o Japão e a Austrália.

FIGURA 9

Algumas informações em alguns países no uso do 5G em redes privadas

País	Faixa de espectro	Comentário
 Alemanha	3,7 - 3,8 GHz	Empresas como Bosch, Mercedes, BMW, Lufthansa, BASF, Siemens e Volkswagen já compraram frequências. O máximo espectro reservado pela agência reguladora BNetzA nesta faixa é de 100 MHz. A faixa de 26 GHz ainda está sendo avaliada.
 França	2,6 GHz	O operador de aeroportos, grupo ADP, recebeu 40 MHz para dez anos para uso nos aeroportos de Paris. EDF, concessionária de energia elétrica, recebeu 20 MHz para dez anos no espectro 2,6 GHz TDD, na planta nuclear de Blayais. A empresa de mobilidade TransDev recebeu 20 MHz no espectro de 2,6 GHz em Rouen. Airbus e a companhia de trens SNCF já se posicionaram a favor de redes privadas, mas ainda não possuem frequências.
 Holanda	3,4 - 3,45 GHz; 3,75 - 3,8 GHz	Frequências reservadas para o uso local, no entanto, as frequências na faixa de 3,5 GHz somente serão liberadas em 2022.
 Suécia	3,72 - 3,8 GHz	80 MHz serão reservados. O processo foi inicialmente planejado para setembro de 2020.
 Inglaterra	3,8 - 4,2 GHz	40 MHz serão dedicados para redes locais. A faixa inferior dos 26 GHz também será reservada para acesso privado.
 Japão	3,7 GHz 26 GHz 28 GHz	No Japão as empresas já podem entrar com pedido para frequências desde dezembro de 2019. Fujitsu anunciou em fevereiro de 2020, que recebeu a 1. frequência para redes privadas 5G na faixa de 28,2 - 28.3 GHz. Nokia está construindo um ecossistema de parcerias para possibilitar redes LTE e 5G para clientes industriais e governo no Japão.
 Austrália	3,7 GHz 26 GHz 28 GHz	O regulador australiano disse que haverá oportunidades de novos entrantes no mercado 5G, incluindo em verticais específicas, como na mineração, onde já se usa redes privadas.

Fonte: 5G Observatory. Disponível em: <<https://5gobservatory.eu>>. Set. 2020.

2.7 Transição do 4G para o 5G

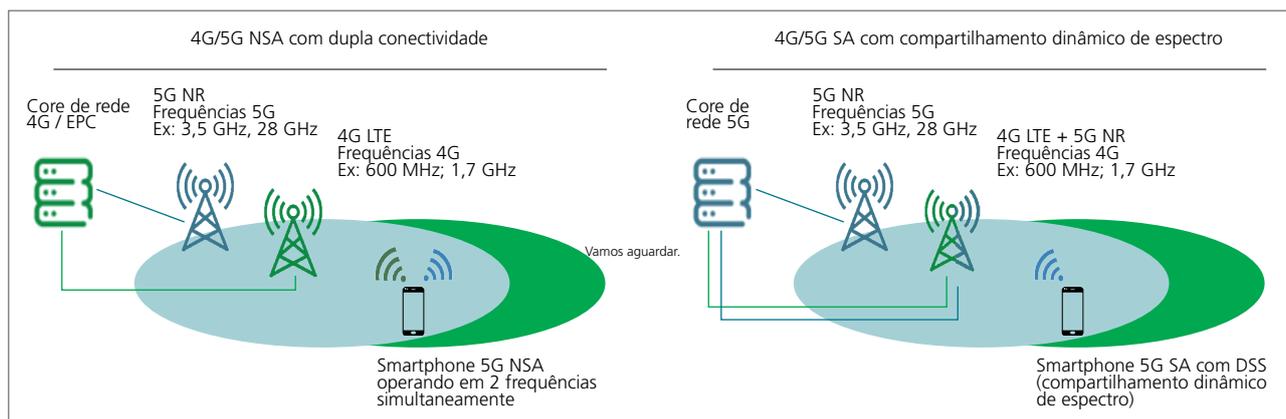
Graças a inovações no padrão 5G que permitem uma evolução em fases e interoperabilidade estreita com as atuais redes 4G LTE, o 5G deve realizar a transição mais suave de todos os tempos. O processo se dá da forma a seguir.

2.7.1 Primeira fase: 5G NSA e dupla conectividade 4G/5G simultânea

O Release 15 permite que sejam utilizadas novas estações rádio-base 5G, com tecnologia mais avançada, conectados ao core de rede 4G já instalada. Nesta forma de operação, temos aparelhos com as conexões 4G e 5G simultâneas, enviando e recebendo dados ao mesmo tempo, cada qual nas suas respectivas frequências, agregando o conteúdo no aparelho. Assim, usuários conseguem velocidades maiores do que usando somente um dos rádios separadamente. Naturalmente, novos aparelhos celulares são necessários. Nesta modalidade, as operadoras vão montando suas operações aos poucos, criando ilhas de cobertura 5G.

FIGURA 10

Migração do 4G para o 5G



Fontes: TM Forum, Abril 2019 – 5G Evolution and Revolution e Qualcomm

2.7.2 Segunda fase: 4G/5G SA com compartilhamento dinâmico de espectro

Nesse modo de operação, o 5G utiliza o espectro atualmente utilizado pelo 4G LTE, através da funcionalidade *Dynamic Spectrum Sharing* (DSS) ou compartilhamento dinâmico de espectro, acelerando a transição para o 5G. No DSS há uma coexistência de ambos os padrões na mesma frequência ao mesmo tempo, fazendo com que as estações rádio-base e rede consigam compartilhar dinamicamente os recursos entre os usuários 4G e 5G em cada célula. Tanto o 4G LTE quanto o 5G usam modulação OFDM, o que propicia esta metodologia. O 5G DSS transforma uma banda de frequências hoje usada para o 4G em uma de 5G e, apesar de sobrecarregar a operação e as capacidades transmitidas, o benefício de transição e cobertura são compensados. É utilizada em mercados onde ainda não há definição com relação às frequências 5G ou como forma de aumentar a cobertura 5G mais rapidamente, até que as novas células 5G estejam instaladas e operando.

2.8 Situação do 5G no mundo

De acordo com recentes relatórios trazidos pela Ericsson, avalia-se que serão 2,8 bilhões de usuários 5G até o final de 2025, representando cerca de 30% do número total de usuários móveis do mundo. Estima-se que os usuários migrarão mais rapidamente para 5G quando comparado ao 4G LTE, também pelas metodologias anteriormente explicadas.

As expectativas de mercado foram reduzidas com os efeitos do Covid-19, mas somente no curto prazo. A primeira metade de 2020 impactou todos os ramos da sociedade de forma global, também o mercado das telecomunicações. Ainda assim, operadoras continuam lançando seus serviços 5G e a previsão é chegar a cerca de 190 milhões de usuários 5G até o final de 2020. Isto se deve principalmente ao rápido avanço da tecnologia na China, onde os efeitos da pandemia foram menores em termos econômicos. Em contrapartida, vários leilões de espectro na Europa foram adiados, reduzindo as estimativas para 2020 e 2021 na Europa e na América do Norte.

Em alguns dessas localidades, experimenta-se também na faixa de 26 GHz, com equipamentos pré-comerciais ou mesmo comerciais. Onde possível, busca-se faixas de frequências mais atraentes, onde o problema de cobertura pode ser melhor equacionado. Por esta mesma razão é possível encontrar operações comerciais em DSS com 4G LTE, com equipamentos NSA comerciais. Desta forma, obtém-se rapidamente a cobertura desejada, podendo-se crescer de acordo com a demanda de mercado. É também uma estratégia utilizada nos mercados que ainda não licitaram as frequências em 5G, como no Brasil. Isto pode ser observado na figura 13, com algumas das operações 5G nas Américas e na Ásia.

Observa-se também que, nos Estados Unidos, busca-se usar frequências mais baixas, para se conseguir melhores coberturas, algo muito desejável em países de dimensões continentais.

Como apontado anteriormente, a Ásia lidera a adoção da tecnologia no mundo, tendo a Coreia do Sul como a grande pioneira, instalando suas redes comerciais NSA 5G no espectro de 3,5 GHz já no início de 2019, bem como 800 MHz de largura de banda na faixa de 28 GHz (figura 14). Por sua vez, a China contra-ataca, tendo conseguido cobrir Pequim com o novo padrão 5G, de acordo com o Ministério das Telecomunicações da China. Até o final de julho de 2020, operadoras chinesas já tinham instalado a impressionante marca de 44 mil estações rádio-base 5G na cidade, chegando a cerca de 5 milhões de usuários. Pequim é a segunda cidade coberta na China. A primeira tinha sido Shenzhen, onde foram instaladas 46.500 estações rádio-base 5G. Shenzhen tem mais de 12 milhões de habitantes e é sede das gigantes Huawei Technologies, ZTE e Tencent Holdings, a última é a quinta maior empresa de internet do mundo, após Amazon, Google, Alibaba e Ebay. Claramente, o foco da China é se tornar exemplo para o mundo no uso do 5G, como forma de influenciar mercados para o uso de tecnologia produzida por seus fabricantes, os quais enfrentam no mundo ocidental pressão política e boicote.

Na maioria dos mercados, até o momento, o 5G está disponível para os planos mais sofisticados, em alguns somente para planos de dados ilimitados. Os aparelhos celulares custam, sem planos de dados, cerca de € 500,00 na Europa, mas estima-se que em dois anos os mercados serão inundados por *smartphones* 5G. O 5G tem sido precificado como um serviço premium sobre o 4G LTE. Na Coreia do Sul, a SK Telecom, por exemplo, assegurou direitos exclusivos para transmissões de eventos *e-sports* aos novos clientes 5G, que essencialmente são competições usando vídeo games.

FIGURA 13

Operações 5G na Europa até setembro de 2020 (lista não exaustiva)¹

País	Operadora	DSS com 4G LTE	2,3 GHz	2,5 GHz	3,5 GHz	Faixa de frequência				Outras faixas
						4,7 GHz	28 GHz (APAC)	26 GHz (EMEA)	28 GHz (USA)	
Austria	A1				100-140 MHz, Jan 2020					
	3 Austria				100 MHz, Ago 2019					
	Telekom	n1: 15 MHz (Jul 2020)			110 MHz, Mar 2019					
Bielorrússia	A1				7 MHz, Mai 2020					
	beCloud				7 MHz, Mai 2020					Canal n7 20 MHz, Mai 2020
Bélgica	Orange				7 MHz, Dez 2019					
	Proximus				40 MHz, Abr 2020					
República Tcheca	Nordic Telecom				80 MHz, Set 2019					
	O2				40 MHz, Jun 2019					
Dinamarca	TDC (Yousee)				100 MHz, Set 2020					Canal 7 7 MHz, Set 2020
Estonia	Elisa				100 MHz, Jun 2019					
Finlândia	DNA				130 MHz, Jan 2020			800 MHz		
	Elisa				130 MHz, Jun 2019			800 MHz		
Alemanha	Telekom	n1: 15 MHz (Jun 2020)			130 MHz, Out 2019			800 MHz		
	Vodafone	n3: 20 MHz (Jul 2020); n28: 10 MHz (Abr 2020)			90 MHz, Jul 2019					
Grécia	Vodafone				7 MHz, Dez 2019					
Hungria	Telekom				120 MHz, Abr 2020					
	Vodafone				110 MHz, Out 2019					
Irlanda	Eir				80 MHz, Out 2019					
	Vodafone				100 MHz, Ago 2019					
Itália	Fastweb							100 MHz, Nov 2019		
	TIM				80 MHz, Jul 2019			200 MHz, Jan 2020		
Letônia	Vodafone				80 MHz, Dez 2018					
	Tele2				50 MHz, Jan 2020					
Monaco	Monaco Telecom				7 MHz, Jul 2019					
Holanda	KPN									n28: 10 MHz, Jul 2020
	T-Mobile									n28: 10 MHz, Jul 2020
Noruega	Vodafone	n3: 20 MHz, Abr 2020								
	Telenor				100 MHz, Mar 2020			400 MHz, Nov 2018		
Polónia	Telia	n28: 10 MHz, Mar 2020								
	Orange				80 MHz, Dez 2018					
Portugal	Play	n1: 10 MHz, Dez 2019								
	Plus									n38: 50 MHz, Mai 2020
Roménia	T-Mobile	n1: 10 MHz, Jun 2020			100 MHz, Dez 2018					
	NOS				7 MHz, Out 2019					
Eslováquia	Digi				50 MHz, Jun 2019					
	Orange				115 MHz, Nov 2019					
Eslovênia	Vodafone				40 MHz, Jun 2019					
	Swan				60 MHz, Dez 2019					
Eslovênia	Telekom Slovenije			25 MHz, Jul 2020						
Espanha	Movistar	n1: 15 MHz, Set 2020; n3: 20 MHz, Set 2020			50 MHz, Set 2020					
	Orange				60 MHz, Set 2020					
Suécia	Vodafone				90 MHz, Jun 2019					
	3									n38, 50 MHz, Jun 2020
Suíça	Tele2									7, 80 MHz, Mai 2020
	Telia									n28, 10 MHz, Mai 2020
Inglaterra	Salt				80 MHz, Dez 2019					n75, 10 MHz, Dez 2019
	Sunrise				100 MHz, Abr 2019					n28, 10 MHz, 7
Inglaterra	Swisscom	n1: 20 MHz, Abr 2019			120 MHz, Abr 2019					n80, 20 MHz, Abr 2019
	3				100 MHz, Ago 2019					
Inglaterra	EE				40 MHz, Mai 2019					
	O2				40 MHz, Out 2019					
Inglaterra	Vodafone				50 MHz, Jul 2019					

Fonte: List of 5G NR networks. Disponível em: <<https://bit.ly/3mm1cNB>>.

Nota: ¹ n3: 1,8 GHz FDD; n7: 2,6 GHz FDD; n28: 700 MHz, FDD; n38: 2,6 GHz, TDD; n75: 1,5 GHz, SDL = FDD Supplemental Downlink; n80: 1,8 GHz, SUL = FDD Supplemental Uplink.

Algumas operações 5G nas Américas e na Ásia até setembro de 2020 (lista não exaustiva)¹



Fonte: List of 5G NR networks. Disponível em: <<https://bit.ly/3mm1cNB>>. Nota: ¹ n5: 850 MHz FDD; n71: 600 MHz FDD; n77: 3,7 GHz TDD; n260: 39 GHz.

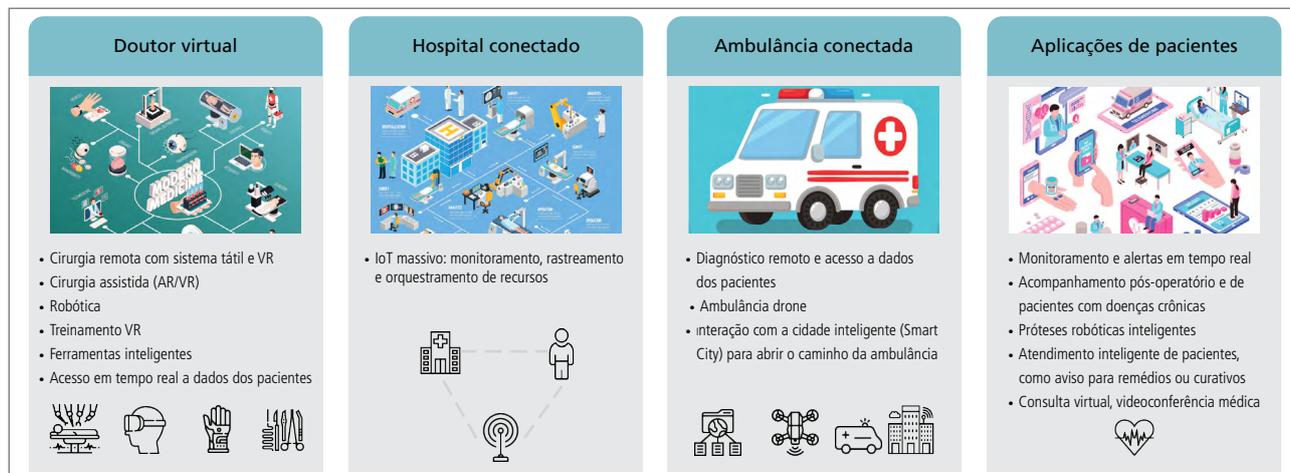
Além das redes comerciais, muito tem se experimentado com o tema 5G nas mais diversas verticais de mercado, onde se prevê ganho de produtividade e eficiência em um futuro próximo. Uma destas verticais é o setor de transporte aéreo, onde pensa-se na utilização de redes públicas e/ou privadas. Vários projetos-pilotos foram realizados ou estão em andamento, por exemplo, nos aeroportos de Manchester, Heathrow e Gatwick, na Inglaterra, aeroporto de Wellington, na nova Zelândia, ou o novo Daxing Internacional, em Pequim. O 5G já está aprimorando aplicativos existentes para comunicações de aeronaves, operações aeroportuárias, gerenciamento de bagagem e processamento de passageiros. As novas funcionalidades do 5G darão outro significado para a *IoT*, como administrar, por exemplo, até 1 milhão de conexões por Km², em conjunto com outras tecnologias, como inteligência artificial, *big data & analytics*, *edge e cloud computing* possibilitarão muitas novas aplicações (GSMA, 2019).

O tema vem sendo também avidamente testado quando se fala em indústrias inteligentes. A Mercedes-Benz, na Alemanha, em conjunto com a Telefonica e a Ericsson criaram o projeto Factory 56 Daimler, com o intuito de criar uma fábrica completamente automatizada (Telefonica, 2019). O tema vem sendo seguido de perto pelas empresas automobilísticas. Na Coreia do Sul, SK Telecom, Ericsson e BMW testaram em carros conectados, viajando a 170 Km/h, taxas de dados de até 3,6 Gbps (RCR Wireless News). O tema também é estudado em conjunto com sistemas de segurança, que alertam sobre a presença de pedestres, ciclistas e objetos na pista, além de entretenimento ou guias turísticos virtuais.

Com o problema recente da pandemia de Covid-19, algumas necessidades ficaram mais evidentes, como a infraestrutura necessária para o teletrabalho ou o ensino a distância. O tema da saúde naturalmente tomou outra dimensão e futuras aplicações começam a criar asas.

FIGURA 15

Potenciais aplicações habilitadas com o uso do 5G em serviços médicos



Fonte das imagens: Freepik.com.
Elaboração do autor.

2.9 Compartilhar é preciso

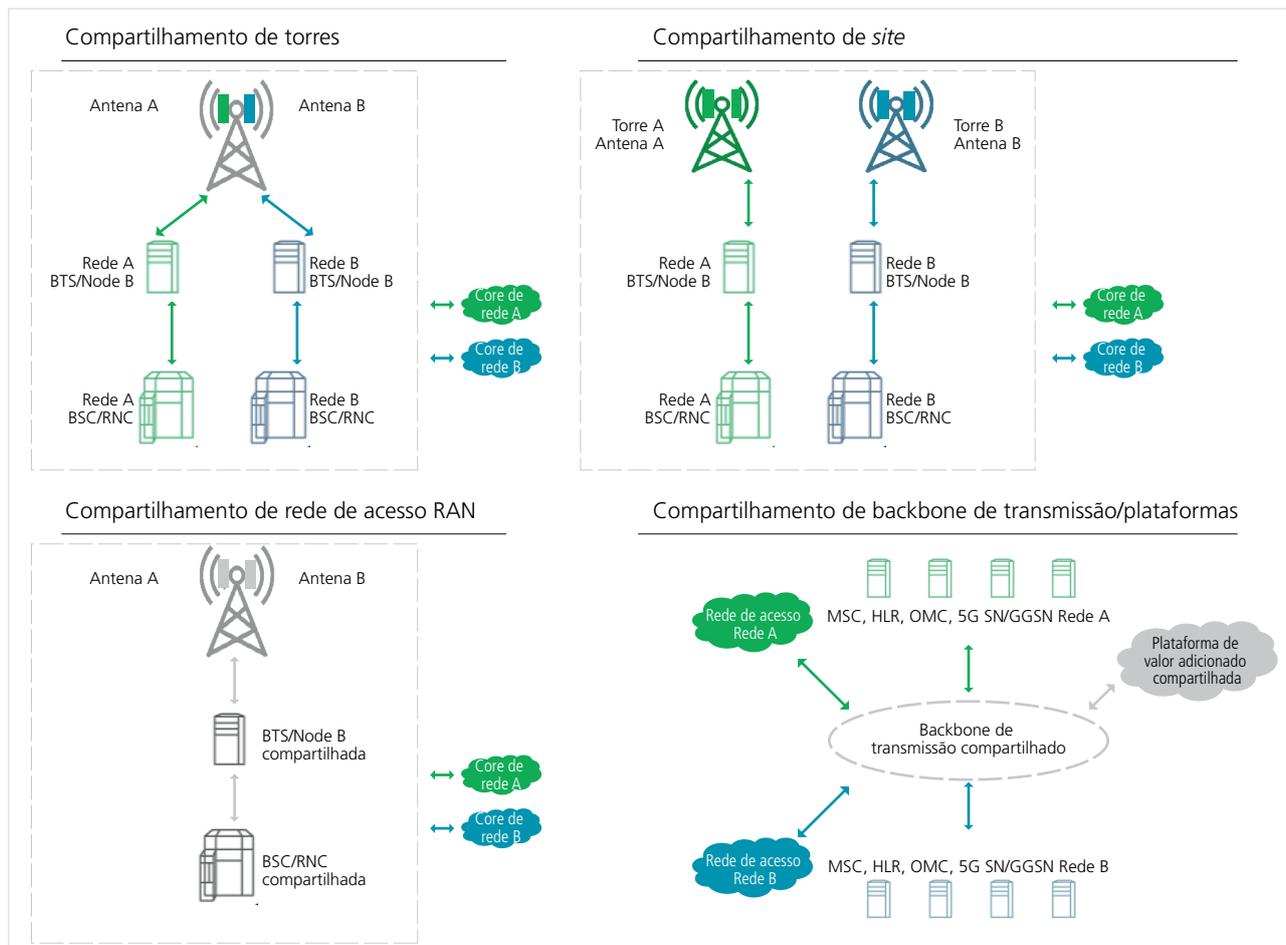
O compartilhamento de rede tem sido intensamente praticado durante as implantações de todas as redes móveis de gerações anteriores, tornando-se quase que obrigatória e recorrente na última década. O mesmo não podia ser diferente com a bola da vez, as redes 5G.

A alta concorrência nos mercados de telecomunicações obrigou o compartilhamento de infraestrutura entre os diferentes tipos de rede, seja em operadoras de telefonia móvel, fixa ou a cabo. Se esta não era uma prática muito comum há vinte anos, com a introdução das redes 3G e com o passar do tempo foi ficando cada vez mais comum, sempre com o objetivo de redução de despesas de investimento e operacionais, chegando a valores na faixa de 20% a 30%, de acordo com Berec (2019).

Entre as formas de compartilhamento, temos o compartilhamento passivo, ativo e de espectro. O primeiro tipo, e mais comum, trata do compartilhamento de torres de antenas, postes, gabinetes, fonte de energia e infraestrutura física. O compartilhamento ativo de redes considera as redes propriamente ditas, as redes de acesso, de transporte, fibras ópticas, equipamentos e, em alguns casos, até espectro de frequências. Componentes passivos podem ser responsáveis por até 50% de todos os custos das redes, portanto, uma redução de custos de até 30% poderia reduzir o custo total até 15%, cifras bastante significativas (GSMA).

Além dessas formas de compartilhamento indicadas, *roaming* também é um método de compartilhamento de infraestrutura, em que um usuário de uma operadora móvel pode entrar em uma área não coberta por sua operadora e, ainda assim, ter os serviços providos.

Além da possibilidade de diminuir custos e potencialmente melhorar a cobertura das operadoras, melhorando a qualidade de serviços e até os preços, e além do positivo efeito em termos ambientais, reguladores precisam ficar atentos às questões de concorrência. Embora muitas vezes o compartilhamento de infraestrutura precise ser avaliado caso a caso, de uma forma geral, o compartilhamento passivo de torres e *sites* são encorajados e permitidos por reguladores. O compartilhamento completo de redes de acesso nem sempre.



Fonte: Mobile Infrastructure Sharing GSMA.

Com o processo de densificação associado às altas frequências de transmissão do 5G, teremos como resultado uma maior demanda por *sites* e o aumento das capacidades da rede de transporte até os respectivos *sites*. De acordo com GSMA (2019), uma célula operando a 20 GHz terá somente um terço do raio de cobertura comparado à uma célula operando a 3,5 GHz. Isto significa dizer, *grosso modo*, que nove células em 20 GHz são necessárias para cobrir a mesma área com 3,5 GHz.

As estimativas conservadoras da GSMA preveem que o número de *sites* deve crescer 50%. Como infraestrutura de estações rádio-base geralmente representam a maior parte dos investimentos, será prudente considerar formas de compartilhar custos, sejam passivos ou ativos.

Antes do 5G, Berec (2019), que é um órgão de Reguladores Europeus das Telecomunicações, reportou a experiência de alguns países europeus sobre a questão de compartilhamento de infraestruturas. Os casos variam bastante, porém chega-se a números bem impressionantes:

- economias com o compartilhamento passivo de infraestrutura: [16%-35%] Capex (*Capital Expenditure*), [16%-35%] Opex (*Operational Expenditure*);
- economias com compartilhamento ativo de infraestrutura (exceto espectro): [33%-35%] Capex, [25%-33%] Opex;
- economias com compartilhamento ativo de infraestrutura incluindo espectro: [33%-45%] Capex, [30%-33%] Opex; e
- economias com o compartilhamento do core foram reportadas como limitadas, de acordo com o órgão regulador suíço.

A virtualização das redes 5G (*NFV*³ e *SDN*) no conceito de redes virtuais ou *slices* pode acelerar o processo de

3. Network Function Virtualisation (NFV), Software Defined Networking (SDN).

compartilhamento nas redes, pois propicia a uma operadora usar um *hardware comoditizado*, enquanto utiliza instâncias lógicas para definir a rede desejada pelo serviço oferecido de ponta a ponta. O 5G possibilita mais oportunidades de compartilhamento de redes 5G em comparação com as tecnologias predecessoras, abrindo novas possibilidades para modelos de negócios no atacado, na medida em que os serviços e as funcionalidades podem ser customizadas com o nível de qualidade desejado, para endereçar diferentes mercados com necessidades específicas. Estas funcionalidades serão, no entanto, vistas em um segundo momento, uma vez que as redes já estejam montadas e operando. As maiores oportunidades de compartilhamento de infraestrutura serão no início no compartilhamento passivo e *backhaul* de fibras ópticas. Mais adiante, espera-se vários modelos de MVNO para locação de ativos das redes 5G, que serão provavelmente bem diferentes dos modelos usados no momento.

Algumas iniciativas, como as a seguir apresentadas, já se tornaram públicas nos mais diversos mercados mundiais.

- 1) Europa: a empresa sueca Net4Mobility, formada pela Tele2 e Telenor, foi criada para ser a base da infraestrutura para suas redes celulares. As operadoras esperam, assim, continuar com o desenvolvimento conjunto da rede 5G em 2020. Na Inglaterra, Vodafone e Telefonica estão compartilhando infraestrutura passiva e ativa das redes 5G, reduzindo investimentos e causando menores impactos ao meio ambiente. Orange e Proximus, na Bélgica, planejam juntar suas redes para implantar redes 5G em todo o país, compartilhando os custos de investimento. Na Espanha, Vodafone e Orange chegaram a um acordo no compartilhamento das redes móveis e fixas, incluindo redes de banda larga em fibra óptica FTTH. A gigante inglesa Vodafone operacionalizou, em maio de 2020, a empresa TowerCo, empresa que detém agora a maior quantidade de torres da Europa, totalizando 61.700 torres em dez países, sendo quase 76% desses *sites* nos quatro principais mercados da Vodafone: Alemanha, Itália, Espanha e Reino Unido. A empresa acredita que, desta forma, o processo de compartilhamento de redes pode ser facilitado, acelerando a implantação do 5G através de seus principais mercados.
2. Ásia: nos países líderes na implantação de redes 5G, Coreia do Sul, Japão e China, os governos encorajam a construção e o compartilhamento de infraestrutura para redes 5G. As três principais operadoras chinesas são sócias na empresa conjunta de torres de antenas, a China Tower Corp. As operadoras sul-coreanas SK Telekom, KT, LG U+ e SK Broadband possuem um acordo de infraestrutura compartilhada para evitar investimentos redundantes nas implantações de redes 5G. No Japão existe uma parceria entre a KDDI e a Softbank, em que as empresas coparticipam da empresa 5G Japan Co, responsável por montar suas redes 5G, buscando cobertura adequada, também na área rural.

2.10 Compartilhamento de ativos no contexto de redes privadas e públicas

Muito se fala no uso do 5G como infraestrutura fundamental no contexto da indústria 4.0 e sua competitividade. O tema indústria 4.0 será mais profundamente tratado nas sessões a seguir, mas, neste momento, é importante somente salientar que uma possível estratégia é o compartilhamento de redes de acesso com redes públicas e privadas em cenários industriais, não sendo sempre necessário a criação de redes próprias ou a compra de frequências, como as iniciativas mencionadas na subseção 2.6 (Atividades em redes privadas 5G em alguns mercados mundiais). Neste momento, tudo ainda é novidade e grandes conglomerados industriais buscam vantagem competitiva, iniciando e ganhando experiências com estas novas possibilidades tecnológicas. O foco quase obsessivo do mercado no momento é implementar redes próprias privadas 5G. No contexto do uso do 5G de forma mais vasta, grande parte das indústrias e dos negócios, no entanto, não construirá redes próprias, mas, ainda assim, poderá usufruir da tecnologia para criar novos negócios e alavancar os atuais. A maior preocupação da indústria de uma forma geral é que informações industriais sigilosas possam vazarem para fora do ambiente seguro de seus domínios físicos.

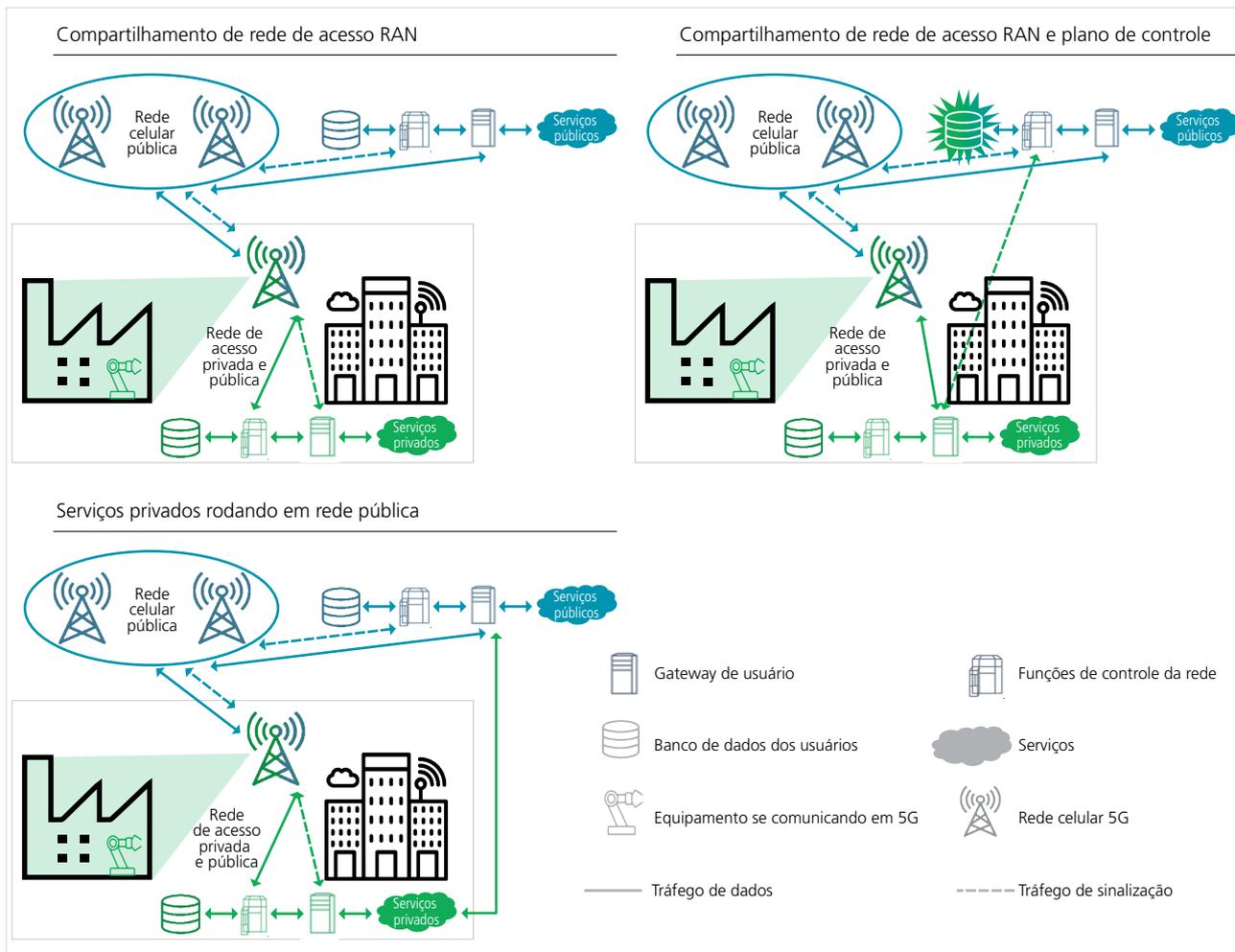
A figura 16 mostra três possíveis formas de interação e compartilhamento entre as redes privadas 5G em ambiente privado e as redes públicas das operadoras. No modelo mais conservador (à esquerda), os dados da empresa não saem dos domínios da empresa, mesmo com o compartilhamento da rede de acesso das operadoras. No modelo ao centro da figura, o banco de dados dos clientes está fora do ambiente privado, mas o tráfego de dados também não sai da empresa. O controle da rede celular é realizada pela rede pública. No cenário à direita, os clientes da rede privada também são clientes das redes públicas e os dados circulam mais livremente. A decisão por um dos possíveis cenários depende de uma série de fatores, a seguir expostos.

- 1) Necessidade dos dispositivos da rede privada de acessar outras redes: a capacidade de interagir com outros serviços fora da área de cobertura privada pode ser uma necessidade, como, por exemplo, em um serviço de *streaming de vídeo*.
- 2) Por ocasião do compartilhamento de redes, o tráfego em uma rede pode impactar o tráfego em outra rede, a não ser que o mesmo seja isolado. Este isolamento pode ser feito de forma lógica, embora ainda assim a mesma rede física é compartilhada ou segredada completamente de forma física.

- 3) Um fator que pode ser vital é o acesso a funções de operação e manutenção da rede e o grau de controle e liberdade para administrar funções da rede privada.
- 4) Privacidade e segurança de dados são importantes para implantação industrial e confidencialidade dos dados. Nestes casos é condição fundamental saber por onde a informação circula e se isto é respeitado.

FIGURA 17

Possíveis tipos de compartilhamentos entre redes públicas e privadas



Fonte: 5G Alliance for connected Industries and automation, jul. 2019.

2.11 A cadeia de valor na era do 5G

Falar sobre o tema fornecedores no mercado de telecomunicações nos tempos atuais é falar primeiramente no que vem acontecendo na última década no ambiente competitivo de negócios, onde compete-se basicamente a nível de cadeia de suprimentos, algo indicado por Christopher (2007) há mais de dez anos. Dizia o autor que, em economias digitais, os sistemas de fornecimento com valor agregado precisam ser mais responsivos aos mercados, em rápida transformação. Este efeito se intensificou ainda mais na última década com a globalização. As tendências apontadas na ocasião continuam a vigorar, como progresso contínuo da capacidade de processamento dos processadores e o aumento da parcela de *software* em produtos e sistemas, apontada por Picot *et al.* (2000). Os ciclos de inovação e de vida dos produtos continuam se reduzindo. Espera-se que a própria adoção do 5G seja acelerada, quando a comparamos com o que se passou com as tecnologias anteriores.

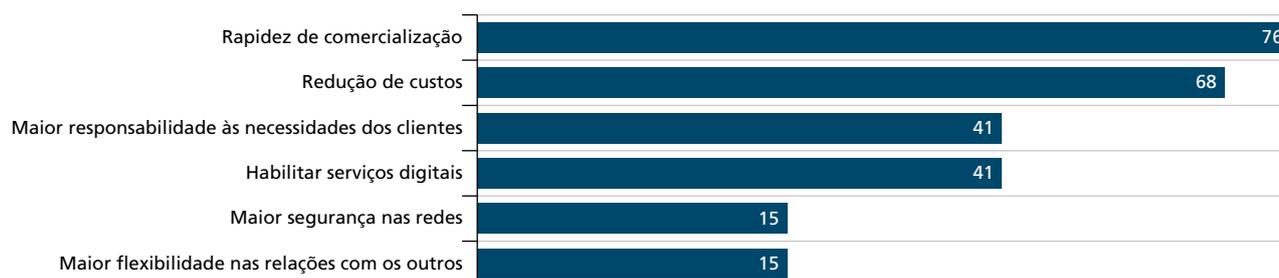
Se, por um lado, a globalização permite que todos tenham acesso às mesmas peças dos equipamentos e a todos os mercados, por outro lado, a especialização e a customização em nível de *software* são necessários para a diferenciação da solução final. O futuro que se apresenta traz transformações sem precedentes não somente nas redes de telecomunicações, mas nos mercados onde se adentra, com a transformação digital de indústrias, transportes, cidades e possivelmente governos. O 5G trará o que conhecemos hoje como *IoT* a outro patamar, conectando bilhões de dispositivos. Apesar de também trazer mais largura de banda e velocidade, as características mais interessantes

e diferentes são a possibilidade de redes em malha, a baixa latência e as redes virtuais, que se adequam ao serviço prestado, incluindo taxa de dados e qualidade de serviço. Em decorrência, as redes precisam ser flexíveis, ágeis, para suportar uma variedade de serviços e aplicações. Assim, tudo caminha para a virtualização das redes, desde a camada óptica até o nível de aplicação. As novas redes precisam suportar serviços convergentes e consequentemente modelos de negócios diversos, precisam estar sempre disponíveis e, ainda assim, lidar com demandas não previsíveis de forma eficiente e rápida, uma vez que os ciclos de inovação continuam se reduzindo. Em consequência, tudo vira *software*, tudo é virtualizado. Estas características e necessidades podem ser confirmadas em pesquisa conduzida pela EY (2017), na qual entrevistou 76 organizações no mundo todo sobre o impacto das novas arquiteturas de rede focadas em *software* (NFV) em suas organizações (figura 18). A rapidez de comercialização dos novos serviços, a redução de custos e a maior responsividade às necessidades dos clientes somente ratificam as tendências já observadas anteriormente e que, com o 5G, tendem a se acelerar ainda mais.

FIGURA 18

Quais são os três principais impactos para a sua organização com as novas arquiteturas de rede baseadas em *software* (NFV)?

(Em % de respondentes)



Fonte: EY (2017).

Em decorrência, os próprios fornecedores de equipamentos e serviços estão se transformando, novas empresas estão entrando no mercado, com novos produtos e serviços. Antigos *players* de mercado consolidaram-se e novos fornecedores disruptivos estão aparecendo. A cadeia de valor se modifica a todo instante e o que se pode afirmar é que será, novamente, totalmente reconfigurada na próxima década, antes da chegada da próxima evolução. Mais do que nunca, as telecomunicações convergiram de forma irrefutável com a tecnologia da informação.

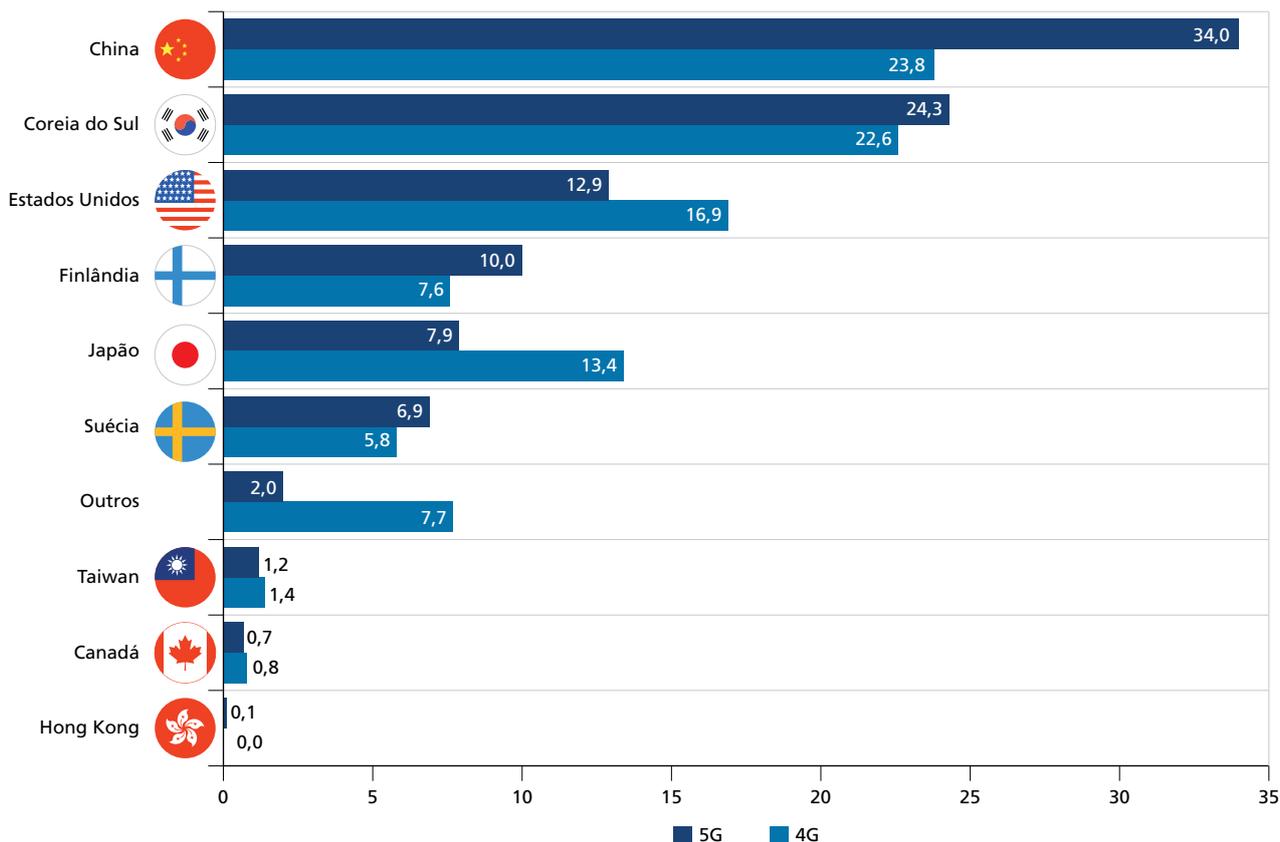
o contexto da globalização na era digital, o mundo parece ter chegado a um novo capítulo, em que uma nova *guerra fria* se apresenta entre as duas maiores economias do mundo, Estados Unidos e China. O desfecho destes movimentos atuais e as consequências na cadeia de suprimentos são completamente incertos, principalmente porque os grandes fornecedores de equipamentos de telecomunicações chineses já forneceram para as operadoras em várias partes do mundo, desde o 3G até o 4G. É praticamente impensável não continuar trabalhando com os fornecedores chineses, pois é prática comum entre operadoras possuírem sempre dois, três ou mais fornecedores em suas redes, eliminando o risco de possível dependência de um deles.

As empresas chinesas são mundialmente responsáveis por 34% das principais patentes relacionadas ao 5G até janeiro de 2020, um crescimento de cerca de 50% quando comparamos com o percentual de patentes para o 4G, de acordo com a IPlytics (2020).

FIGURA 19

País de origem dos detentores de patentes 5G e 4G

(Em %)



Fonte: Iplytics, TU Berlim, jan. 2020.

O maior número de patentes 5G vem de empresas na China, sendo a Huawei a empresa que registrou o maior número de patentes internacionais em todos os países. Empresas, como a Nokia, Ericsson e Qualcomm, que eram líderes em patentes nas gerações anteriores 2G, 3G e 4G, também contribuem de forma significativa no 5G, da mesma forma que as coreanas Samsung e LG. Há, no entanto, novos participantes na questão de patentes, como as chinesas Oppo, Vivo Mobile, a taiwanesa Asus e a sul-coreana Wilus.

Tradicionalmente, detentores de patentes 2G, 3G e 4G controlaram o uso de tecnologias da comunicação em *smartphones* e equipamentos correlatos. Portanto, donos de patentes 5G provavelmente se tornarão líderes de mercado. O governo chinês tem promovido o 5G como parte do programa *Made in China 2025*, um ambicioso plano para liderar o mundo nas tecnologias de nova geração. Entre seus objetivos está o desenvolvimento de fábricas automatizadas que incorporem a IoT, onde o 5G é peça fundamental. A China tem tomado a iniciativa, assim como a Coreia do Sul e o Japão na introdução da tecnologia no mundo, como mostrado em seção anterior.

Um dos maiores desafios na implantação do padrão 5G será o licenciamento das patentes essenciais *Standard Essential Patents* (SEP). Foram criados grupos ou plataformas de patentes, como a Avanci, para facilitar o processo, porém Huawei, ZTE, Samsung, LG, CATT, Oppo ou Vivo Mobile ainda não se juntaram a tais iniciativas. A figura 20 mostra as principais empresas em geração de receitas advindas de patentes para telefones celulares nos últimos dez anos. Somente a Qualcomm gerou cerca de US\$ 7,7 bilhões em receitas em 2016.

Open Radio Access Network Alliance (O-Ran Alliance) é uma aliança internacional da indústria de redes de acesso, que visa uma arquitetura flexível, aberta, inteligente, virtualizada na nuvem e, além disto, totalmente interoperável.

A aliança foi inicialmente fundada pelas operadoras AT&T, China Mobile, Deutsche Telekom, NTT Docomo e Orange, mas conta atualmente com mais de 160 membros, entre operadoras, fornecedores de equipamentos e especialistas da academia.

O fórum busca a desagregação de redes de acesso (RAN) 4G e 5G, envolvendo decomposição funcional, operação de vários fornecedores em interfaces abertas e desacoplamento de *software* e *hardware*. A aliança trabalha na evolução da RAN introduzida pela primeira vez pelo *Release 15* 5G, expandindo o escopo originalmente delineado pelo 3GPP, emitindo especificações e lançando *software* de código aberto.

A principal motivação para desagregar as redes de acesso é reduzir o custo total dos equipamentos das redes. A iniciativa é vista como importante medida para a densificação de forma econômica das redes de acesso. Ademais, trata-se de uma tendência de introduzir mais *software* facilmente configurável nas redes e agilizar a entrega de serviços ponta a ponta, tendência irreversível, principalmente para possibilitar a entrega das aplicações vislumbradas. As operadoras certamente introduzirão algum modelo de desagregação de forma progressiva. A competição no ramo deve crescer, com pequenos fornecedores ocupando o espaço de grandes fornecedores e que até o momento tinham maior controle desta parte da cadeia produtiva.

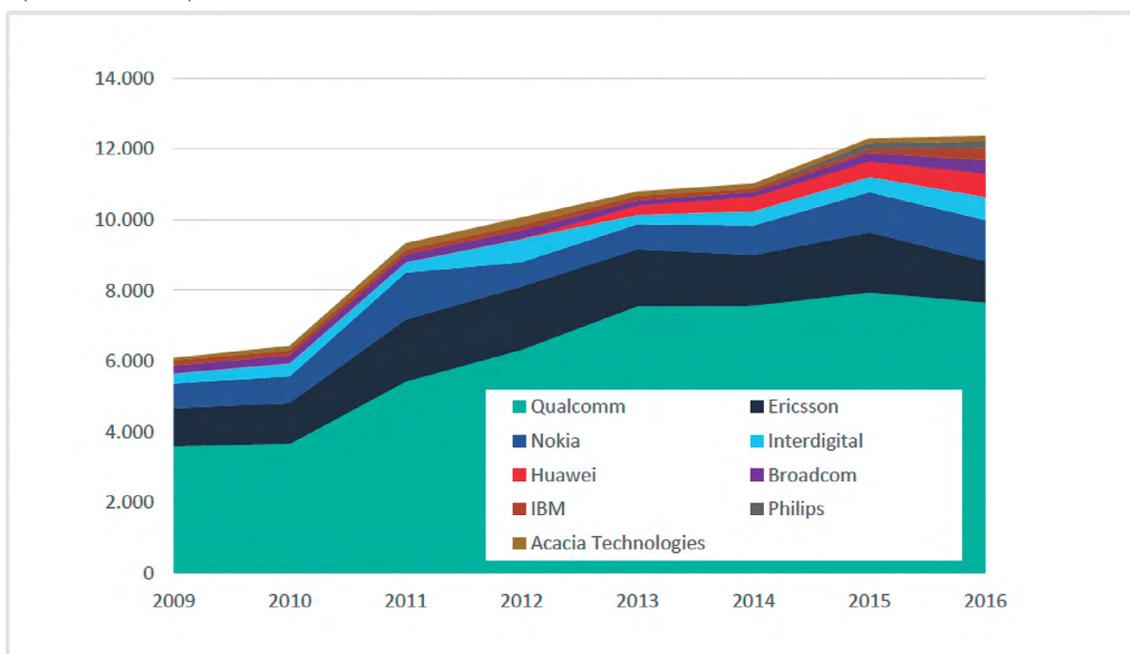
No atual momento, vê-se operadoras testando possíveis formas de operação, verificando em projetos de pesquisa e desenvolvimento as vantagens e os desafios envolvidos no processo de desagregação, que certamente ainda durará alguns anos.

Fonte: O-Ran Alliance. Disponível em: <www.o-ran.org>.

FIGURA 20

Top 10 das empresas com maiores receitas de licenciamento de patentes para telefones celulares incluindo e não limitado a 3G, 4G

(Em US\$ milhões)



Fonte: Iplytics, jan. 2020

No momento, na Europa e na América Latina, especula-se sobre o rumo a ser tomado quanto ao uso de equipamentos de fornecedores chineses, o que pode reduzir a velocidade de adoção da tecnologia, não evitando o pagamento de *royalties* referentes as patentes essenciais do 5G. Enquanto isto a *guerra fria* entre Estados Unidos e China continua. A gigante Huawei reportou recentemente buscar outras soluções para o fornecimento de *chipssets*, pois encontra dificuldade na compra deles da americana Qualcomm.

REFERÊNCIAS

- ALTRAN, S. A. **5G Network Operations: AI/ML based recursive autonomic OSS**, 2020.
- BEREC – BODY OF EUROPEAN REGULATORS FOR ELECTRONIC COMMUNICATIONS. **Berec Report on infrastructure sharing**, june 2018.
- CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Thomson Learning, 2007. EY. **Digital transformation for 2020 and beyond**. A global telecommunications study, 2017.
- CISCO. **2020 Global Networking Trends Report**, 2020. GERARD, P. **Infrastructure Sharing: an European Regulatory Perspective**, Oct. 2019.
- GSA. **Evolution from LTE to 5G**. May 2020. GSMA – GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS. **Future Networks: An Overview of Infrastructure**. June 2019. Disponível em: <<https://cutt.ly/7fCCxia>>.
- GSMA – GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS. **The 5G Guide, a reference for operators**. Apr. 2019.
- GSMA – GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS. **Mobile Infrastructure Sharing**.
- HIBBERD, M. **5G: Evolution and revolution**. TM Forum, Apr. 2019.
- HUAWEI. **5G Spectrum: public policy position**. Feb. 2020. INSIDE TOWERS. Vodafone creates Europe's Largest Tower Company. **Inside Towers**, 16 june 2020. Disponível em: <<https://cutt.ly/gfLCxAz>>.
- IPLYTICS. **Fact finding study on patents declared to the 5G**. Berlim, 2020.
- KINNEY, S. **Dynamic Spectrum Sharing: Driving 5G to scale**, RCR Wireless. Apr. 2020.
- KINNEY, S. **Getting to standalone 5G: Real-time applications and new service revenue**. RCR Wireless. Aug. 2020.
- MCKINSEY & COMPANY. **Network sharing and 5G: a turning point for lone riders**. Feb. 2018.
- NEWMAN, M. et al. Digital Transformation Tracker 4: The culture wars of transformation. **TM Forum**, Feb. 2020.
- NOKIA. **Go beyond cloud-native with Nokia's multi-generational converged Core**. Espoo, 2020.
- PICOT, A. *et al.* **E-economics: strategies for the digital marketplace**. Berlim: Springer, 2000.
- QUALCOMM, **What's in the future of 5G?**. Oct. 2019.
- TELEFONICA. Rodriguez Roberto. **5G Telefonica trials and 5G first experiences**. GSMA CITEL Seminar in WRC-19.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Chefe do Editorial

Reginaldo da Silva Domingos

Assistentes da Chefia

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Everson da Silva Moura

Editoração

Aeromilson Trajano de Mesquita

Cristiano Ferreira de Araújo

Danilo Leite de Macedo Tavares

Herllyson da Silva Souza

Jeovah Herculano Szervinsk Junior

Leonardo Hideki Higa

Capa

Danielle de Oliveira Ayres

Flaviane Dias de Sant'ana

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Livraria Ipea

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo

70076-900 – Brasília – DF

Tel.: (61) 2026-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



NAÇÕES UNIDAS



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL