

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica – *Campus* de Patos de Minas
Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações

TIAGO MOREIRA CARNEIRO

**IMPACTO ECONÔMICO DECORRENTE DA
IMPLEMENTAÇÃO DA QUINTA GERAÇÃO DE TELEFONIA
MÓVEL CELULAR**

Patos de Minas – MG

2022

TIAGO MOREIRA CARNEIRO

**IMPACTO ECONÔMICO MUNDIAL DECORRENTE DA
IMPLEMENTAÇÃO DA QUINTA GERAÇÃO DE TELEFONIA
MÓVEL CELULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, como pré-requisito para obtenção de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações, Campus Patos de Minas.

Orientador: Prof. Dr. Renan Alves dos Santos

Patos de Minas – MG

2022

IMPACTO ECONÔMICO MUNDIAL DECORRENTE DA IMPLEMENTAÇÃO DA QUINTA GERAÇÃO DE TELEFONIA MÓVEL CELULAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, como pré-requisito para obtenção de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações, Campus Patos de Minas.

Patos de Minas, ____ de _____ 2022.

Prof. Dr. Renan Alves dos Santos (Orientador) – FEELT/UFU

Prof. Dr. Daniel Costa Ramos – FEELT/UFU

Prof. Dr. Júlio Cezar Coelho – FEELT/UFU

RESUMO

O serviço de comunicação móvel vem passando por constante evolução ao longo dos anos, sendo que atualmente encontra-se na fase de transição entre a quarta geração (4G) e a quinta geração (5G). O 5G é caracterizada por ser um divisor de águas na maneira de se comunicar, prevendo inovações em diversos setores produtivos e econômicos como os adventos da internet das coisas (*Internet of Things* - IoT), da indústria 4.0 e a agricultura 4.0. O propósito deste trabalho é descrever a influência do 5G sobre as economias do mundo que estão com processo de implementação da tecnologia mais avançado. Serão ilustrados os benefícios econômicos impulsionados pelo 5G, bem como as principais indústrias que serão afetadas através das aplicações dos casos de uso previstos na literatura. No entanto, as tentativas de quantificar os impactos potenciais são limitadas pois variam de acordo com a metodologia de estudo e suposições usadas. A natureza dos impactos ainda não foi explorada com profundidade na literatura. No entanto, é esperado que com o desenvolvimento da tecnologia e a medida em que ocorra a implantação dos possíveis cenários e casos de uso, a extensão e quantificação desses impactos serão descritas com mais precisão.

Palavras-chave: 5G. Indústria 4.0. Impacto econômico 5G.

ABSTRACT

The mobile communication service has been constantly evolving over the years and is currently in the transition phase between the fourth generation (4G) and the fifth generation (5G). 5G is characterized as a game changer in the way of communicating, predicting innovations in various productive and economic sectors such as the advents of the Internet of Things (IoT), industry 4.0 and agriculture 4.0. The purpose of the work is to describe the influence of 5G on the economies of the world that are in the process of implementing the most advanced technology. The economic benefits driven by 5G will be illustrated, as well as the main industries that will be affected through the applications of the use cases provided for in the literature. However, attempts to quantify potential impacts are limited because they vary according to the study methodology and assumptions used. The nature of the impacts has not yet been explored in depth in the literature. However, it is expected that with the development of the technology and the extent to which the implementation of possible scenarios and use cases occurs, the extent and quantification of these impacts will be described more accurately.

Keywords: 5G. Industry 4.0. Economic impact 5G.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Resumo da evolução da comunicação móvel.	13
Figura 1.2 – Gráfico do número de smartphones (bilhões) por ano.	15
Figura 2.1 – Arquitetura da rede de transporte do 5G.	22
Figura 2.2 – Comparação entre as áreas de cobertura convencionais e com <i>beamforming</i>	23
Figura 4.1 – Países onde a tecnologia e rede 5G foram desenvolvidas e onde investimentos estão sendo feitos.	29
Figura 4.2 – Porcentagem de gasto em P&D e CAPEX por país.	31
Figura 4.3 – Penetração do 5G no mundo e a quantidade de conexão do 5G.	33
Figura 4.4 – Impacto no PIB por país até 2030.	34
Figura 4.5 – Impacto econômico do 5G por país até 2035.	35
Figura 4.6 – Vendas por país na Europa.	40
Figura 4.7 – Geração de emprego por países na Europa.	41
Figura 4.8 – Quantidade de GEE por país da Europa.	42
Figura 4.9 – Capital gerado pelo 5G até 2030 em franco-suíços.	45
Figura 4.10 – Porcentagem da população conectada à rede 5G pelo smartphone.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Os 10 países com maior número de smartphones.....	15
Tabela 1.2 – Impacto do 5G por setor industrial	17
Tabela 4.1 – Impacto econômico por setor e empregos gerados na Suíça em 2030.	46
Tabela 4.2 – Impacto econômico por setor industriais do 5G nos países latino-americanos. .	48

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

1G	Primeira Geração de Sistemas de Comunicação Móvel
2G	Segunda Geração de Sistemas de Comunicação Móvel
3G	Terceira Geração de Sistemas de Comunicação Móvel
4G	Quarta Geração de Sistemas de Comunicação Móvel
5G	Quinta Geração de Sistemas de Comunicação Móvel
AAU	<i>Active Antenna Unit</i>
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CU	<i>Central Unit</i>
DAS	<i>Distributed Antenna System</i>
DU	<i>Distribution Unit</i>
eMBB	<i>Enhanced Mobile Broadband</i>
ERB	Estação Rádio Base
HDR	<i>High Dynamic Range</i>
HFR	<i>High Frame Rate</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IoT	<i>Internet of Things</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
MEC	<i>Edge Computing de Múltiplo Acesso</i>
MIMO	<i>Multiple Input e Multiple Output</i>
MMS	<i>Multimedia Messaging</i>
mMTC	<i>Machine Type Communications</i>
NFV	<i>Network Function Virtualization</i>
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
RAN	Rede de Acesso Via Rádio
SDN	<i>Software Defined Networking</i>
SMS	<i>Short Messaging Service</i>
Telebrasil	Associação Brasileira de Telecomunicações
TIC	Setor de Tecnologia da Informação e Comunicação
URLLC	<i>Ultra-reliable Low-latency Communications</i>

SUMÁRIO

1. CONCEITOS INTRODUTÓRIOS	11
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
1.2 INTRODUÇÃO.....	11
1.3 PROBLEMATIZAÇÃO.....	13
1.3.1 AUMENTO DA QUANTIDADE DE SMARTPHONES NO MUNDO	14
1.3.2 AUMENTO DE PRODUTIVIDADE	16
1.3.3 TRANSFORMAÇÃO INDUSTRIAL.....	17
1.4 TEMA DO PROJETO	17
1.5 OBJETIVOS	18
1.5.1 OBJETIVOS GERAIS	18
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.6 JUSTIFICATIVAS	18
1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	20
2.2 ASPECTOS TÉCNICOS DO 5G	20
2.3 3GPP E PROPOSTAS DE ARQUITETURA E SEGURANÇA DO 5G	23
2.3.1 REDES ALIMENTADAS POR ANÁLISE.....	24
2.3.2 EXPANSÃO DOS SERVIÇOS DE MOBILIDADE, ALTITUDE E PROXIMIDADE.....	24
2.3.3 TRANSMISSÃO MULTIMÍDIA E SERVIÇOS MULTICAST (TMSM).....	24
2.3.4 APRIMORAMENTOS DE COMPUTAÇÃO DE BORDA	24
2.3.5 EVOLUÇÃO DA SEGURANÇA.....	25
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	26
3.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	26
3.3 RECURSOS NECESSÁRIOS	27
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	28

4.2	IMPLEMENTAÇÃO DO 5G NO MUNDO.....	28
4.3	CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO DO 5G	30
4.4	IMPACTO ECONÔMICO MUNDIAL.....	32
4.4.1	ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA.....	36
4.4.2	FRANÇA, ESPANHA, POLÔNIA, BÉLGICA E ROMÊNIA	38
4.4.3	REINO UNIDO	42
4.4.4	SUÍÇA	44
4.4.5	AMÉRICA LATINA	46
4.4.6	BRASIL	48
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
5.	CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	51
5.1	CONCLUSÕES.....	51
5.2	PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	52
	REFERÊNCIAS.....	53

Capítulo 1

CONCEITOS INTRODUTÓRIOS

1.1 Considerações iniciais

Neste capítulo apresenta-se os conceitos introdutórios que demonstram a importância do trabalho e os objetivos a serem alcançados. Dessa forma, tem-se como finalidade contextualizar o trabalho a ser desenvolvido.

1.2 Introdução

Os sistemas de comunicações móveis são parte fundamental de uma sociedade conectada. Diferentemente das redes de comunicação fixa, que funcionam somente em determinado local, nos sistemas de comunicação móveis a conexão é feita a qualquer momento e local, através, principalmente, de dispositivos como por celulares ou *smartphones* (INTERVIEW GIG, 2020). Entretanto, nem sempre as tecnologias foram como as que se observa atualmente. Desde a primeira geração da telefonia móvel (1G), implementada na década de 1980, até a quinta geração da telefonia móvel (5G) (cujo desenvolvimento está em curso atualmente), as redes de comunicação vêm evoluindo em um intervalo de tempo de aproximadamente 10 anos entre cada geração (INTERVIEW GIG, 2020).

A primeira geração de comunicação móvel utilizava a tecnologia de sistema de rádio analógico, permitindo somente comunicação por áudio (FARIAS, 2019). Tal tecnologia, no entanto, apresentava várias limitações e problemas, como o fato de não haver uma padronização de tecnologia. Assim, cada país adotava um padrão diferente, o que impossibilitava ligações internacionais. Esse fato motivou a busca por evolução e melhoramento deste tipo de tecnologia. Desse modo, com a evolução, a segunda geração de sistemas de comunicação móvel (2G) surgiu em meados dos anos 90. A principal diferença entre 1G e 2G foi a mudança do sinal analógico para o digital, o que possibilitou o surgimento do serviço de mensagens curtas (do inglês *Short Messaging Service*, SMS) para envio de texto e o serviço de mensagens multimídia (do inglês *Multimedia Messaging Service*, MMS) para vídeos e imagens (SILVA, 2020).

Devido a necessidade de uma verdadeira experiência de conexão com a *Internet* nas redes de telefonia móvel, surgiu-se a terceira geração de sistemas de comunicação móvel (3G). Essa nova geração de comunicação móvel apresentou uma significativa melhora da conexão com a *Internet*, dos serviços de multimídia e aumento significativo na capacidade de voz e serviços (FARIAS, 2019). Algumas técnicas implementadas no 3G, as quais foram responsáveis pela melhora na qualidade do sistema, são modulação de alta ordem e MIMO (*Multiple Input e Multiple Output*), operação com Dual-Portadora no enlace entre a estação radio base e usuário (do inglês *downlink*) e conectividade contínua de pacotes. Devido a possibilidade de acesso à *Internet* e a uma melhor qualidade nos serviços, as redes 3G possibilitaram o início do uso maciço de *smartphones* por volta de 2010. Isso se deu, pois, com o aumento das taxas de transmissão se tornou possível aplicações como jogos *online*, chamadas de vídeo e acesso às redes sociais instantaneamente, tudo através do dispositivo móvel (telefone celular) (SILVA, 2020).

Apesar do acesso à *Internet* já existir nas redes 3G, suas características (principalmente quanto a velocidade) ainda eram limitadas (FARIAS, 2019). Por isso, a transição da 3G para a quarta geração de comunicação móvel (4G) apresentou como principal evolução a qualidade do acesso à *Internet*. No 4G mesmo que o usuário esteja em movimento tornou-se possível navegar com grande velocidade de dados, podendo atingir taxas de transmissão de até 100 megabites por segundo (Mbps). A principal tecnologia usada na rede 4G foi nomeada como evolução a longo prazo (do inglês *Long Term Evolution*, LTE). O LTE, basicamente, deriva-se em mais dois padrões, *LTE-Advanced* e *LTE-Advanced Pro*, que entre outras coisas trouxeram ganho de capacidade e velocidade de rede.

A expectativa é que o 5G transforme a maneira como o mundo funciona. Isto está ligado com a multiplicação exponencial da conexão entre dispositivos como robôs e máquinas, o uso de carros autônomos, a proliferação de cidades inteligentes e a banalização de experiências como realidade virtual (TREVISAN, 2020). Tecnicamente, isso é possível devido a importantes fatores que são as elevadas taxas de transmissão, alta confiabilidade de rede, latência próxima a zero e alta capacidade de rede. Isso significa que em comparação a 4G, a conexão 5G poderá ser até 1000 vezes mais rápida, chegando a 10 gigabits por segundo (Gbps) e suportará um aumento de até 100 vezes no número de dispositivos ligados simultaneamente por unidade/área. Com isso, futuramente não será apenas computadores e celulares que estarão conectados à *Internet*, diversos outros objetos (coisas) estarão conectados entre si e nas redes de internet. Esse fenômeno é chamado de *Internet das Coisas* (do inglês *Internet of Things*, IoT). Este conceito promete desencadear uma revolução tecnológica em vários setores, no ambiente

doméstico (casas inteligentes), na agricultura (automatização no campo ou agricultura 4.0), indústria (automatização no industrial), entre outros (SILVA, 2020).

1.3 Problematização

A síntese dos conceitos de cada uma das tecnologias de comunicações móveis é apresentada na Figura 1.1. Nota-se que a cada tecnologia a evolução tem como ponto chave atender as necessidades atuais da sociedade. Com isso, pode-se concluir que o 5G vem suprir as características de uma sociedade extremamente conectada e que deseja soluções com respostas em tempo real.

Figura 1.1 – Resumo da evolução da comunicação móvel.

<p>1G Início da telefonia móvel pessoal</p> <p>1981</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Telefonia móvel analógica 	<p>2G Telefonia móvel para as massas</p> <p>1991</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Telefonia móvel digital ▪ Mensagens de texto 	<p>5G <i>Wireless Edge</i></p> <p>2019</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Telefonia móvel digital ▪ Mensagens de texto ▪ Internet ▪ HD Vídeo 4K/8K ▪ <i>Internet of Things</i> em massa ▪ Automação ▪ Veículos conectados ▪ AV/VR
<p>3G <i>Wireless Internet</i></p> <p>2001</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Telefonia móvel digital ▪ Mensagens de texto ▪ <i>Internet</i> 	<p>4G Banda larga móvel</p> <p>2008</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Telefonia móvel digital ▪ Mensagens de texto ▪ Internet ▪ Vídeo ▪ <i>Internet of Things</i> 	

Fonte: Modificado pelo autor (SPADINGER, 2021).

O desenvolvimento completo da quinta geração da telefonia móvel promete revoluções na indústria, saúde e cidades (V&S BLOG, 2021). Na indústria, o 5G pretende melhorar a produtividade com a fabricação de materiais mais complexos e com uma maior cooperação entre as diferentes cadeias produtivas. Na saúde, o 5G pretende contribuir significativamente para ampliar o acesso à saúde de qualidade e uma visão integrada de todos os pacientes e da produtividade e eficiência das unidades. Nas cidades, o 5G é visto como solução para aumentar a qualidade de vida a partir do conceito de cidades inteligentes que viabilizaram as melhorias da segurança, dos serviços, do uso de recursos e da mobilidade. No campo, a nova rede poderá ser utilizada em uma série de processos, transformando o campo em “Fazendas Inteligentes” (do inglês *Smart Farming*). Com isso, será possível reduzir os custos relacionados à operação

de campo e à análise do solo, além de permitir aumento significativo em relação aos rendimentos globais das lavouras, entre outros benefícios.

Quanto ao efeito socioeconômico global causado pelo desenvolvimento dessa nova tecnologia, segundo pesquisa feita pela empresa de tecnologia americana *Qualcomm*, é previsto que no ano de 2035 a indústria 5G tenha um rendimento econômico de cerca de 3,6 trilhões de dólares, gerando em torno de 13 trilhões de dólares em produção e absorvendo até 22 milhões de empregados (MOREIRA, 2019). A revista GSMA estima que os investimentos em redes 5G chegarão à marca de 1 trilhão de dólares até o ano de 2025 ao redor do mundo (GALAL, et al., 2020). Existem sete países que se destacam por estarem a frente quanto a investimento em tecnologia 5G, são eles China, Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão, Reino Unido, Alemanha e França (MOREIRA, 2019). Enquanto certos países já começaram a alocar investimentos em projetos de implementação, outros ainda estão significativamente atrasados nessa corrida. Nesse caso, certamente será necessária colaboração entre empresa privada, iniciativa pública e investimento de *stakeholders* estrangeiros para superar os desafios dessa transição (GALAL, et al., 2020).

Portanto, uma pesquisa abordando os ganhos econômicos e sociais proporcionados pela implantação da quinta geração da telefonia móvel se faz relevante. Pois, a previsão dos resultados esperados pode servir como motivação para a adesão e transição para essa nova tecnologia, por parte do setor público, empresas de telecomunicações, entre outros investidores.

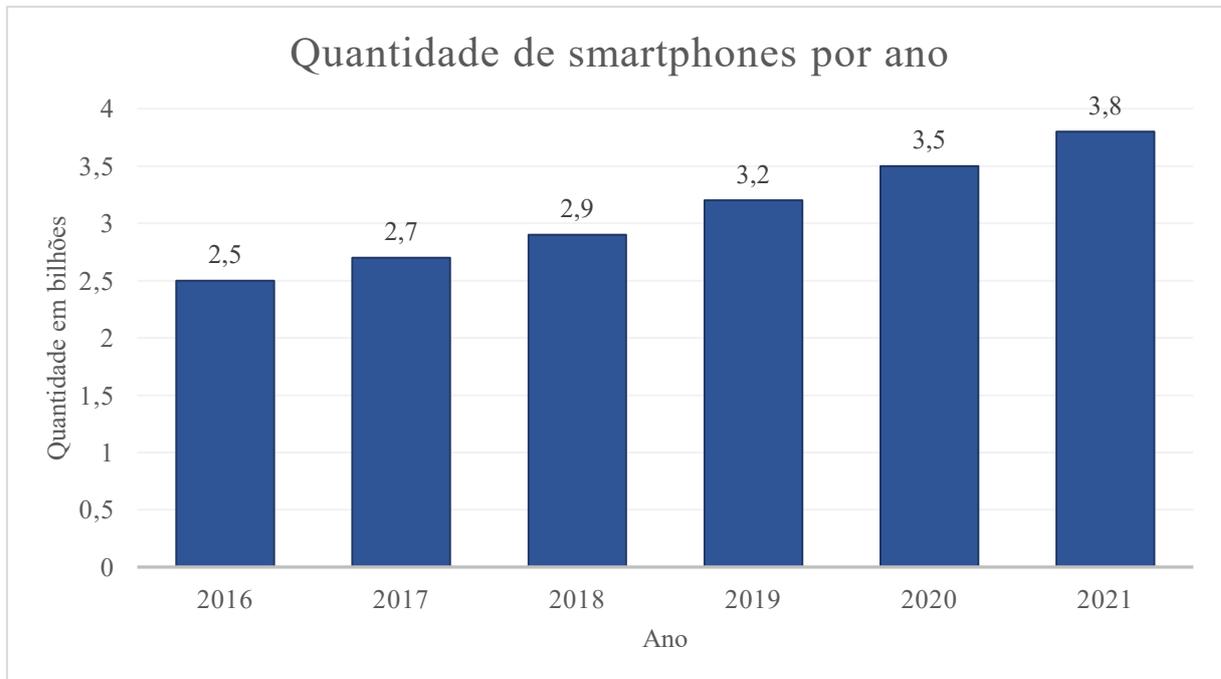
A transição da quarta para a quinta geração de telefonia móvel pode ser embasada em diferentes questões econômicas, técnicas e sociais. É motivada, por exemplo, pela limitação técnica do 4G devido ao aumento do tráfego nas redes (impulsionada pela quantidade de smartphones conectados) e por vantagens econômicas como o aumento da produtividade e a transformação industrial.

1.3.1 Aumento da quantidade de smartphones no mundo

O estabelecimento das redes 5G é motivado, principalmente, pelo aumento do tráfego nas redes das operadoras de comunicação móvel. Isso pode ser explicado por dois fatores (CISCO, 2020): o aumento do volume do uso de dados e o aumento também da quantidade de *smartphones* no mundo. O primeiro fator é justificado pela demanda de mídias audiovisual, como televisão de ultra-alta-definição com a dinâmica de alto alcance (do inglês *High Dynamic Range*, HDR) e alta taxa de quadros (do inglês *High Frame Rate*, HFR), realidade virtual aumentada, vídeos de 360° (SPADINGER, 2021). O segundo fator citado, o crescimento da

quantidade de *smartphones*, é contínuo desde os primeiros modelos lançados, sendo que atualmente o número de *smartphones* no mundo é de aproximadamente 3,8 bilhões de aparelhos (conforme apresentado na Figura 1.2) (TURNER, 2021).

Figura 1.2 – Gráfico do número de smartphones (bilhões) por ano.



Fonte: Modificado pelo autor (TURNER, 2021).

Para melhor demonstrar o quanto esses números são expressivos, a população mundial é estimada em aproximadamente 7,85 bilhões de pessoas, assim no cenário atual, quase metade da população tem um *smartphone* (TURNER, 2021). A Tabela 1.1 apresenta um comparativo dessas informações em diversos países do mundo, destacando países como Estados Unidos, Reino Unido e Alemanha onde cerca de 80% da população faz uso de *smartphones*.

Tabela 1.1 – Os 10 países com maior número de smartphones.

Rank	País	População Total (Milhões)	Nº Smartphones (Milhões)	Porcentagem da população (%)
1	China	1420,0	851,0	59,9
2	Índia	1370,0	346,0	25,3
3	Estados Unidos	329,0	260,0	79,1
4	Brasil	212,0	96,9	45,6
5	Rússia	144,0	95,4	66,3
6	Indonésia	270,0	83,9	31,1
7	Japão	127,0	72,6	57,2
8	Alemanha	82.4,0	65,9	79,9

9	México	132,0	65,6	49,5
10	Reino Unido	67,0	55,5	82,9

Fonte: Modificado pelo autor (CISCO, 2020).

1.3.2 Aumento de produtividade

O 5G visa ir além da experiência de um usuário de *smartphone*, pois, quando se fala dos benefícios do desenvolvimento das tecnologias de comunicação, no geral é lembrado somente das vantagens para o usuário do equipamento. Entretanto, é esperado que os impactos do 5G alcancem escalas maiores como dentro de setores produtivos, seja de manufatura, construção, transporte etc. Nesse sentido, é previsto um aumento de produtividade em decorrência do desenvolvimento do 5G, ou seja, será possível aumentar a capacidade de produção partindo de uma mesma quantidade de recurso ou insumo (BOREAU OF COMMUNICATION AND ARTS RESEARCH, 2018).

Teoricamente, existem duas vias pelas quais o desenvolvimento de novas tecnologias pode afetar a produtividade. O primeiro caminho é melhorando a eficiência da produção e a distribuição de recursos e serviços existentes. Nesse caso, a tecnologia de rede móvel facilita o acesso de empresas às informações relevantes para gestão e, quanto ao usuário final, possibilita sua conexão mesmo estando em movimento (BOREAU OF COMMUNICATION AND ARTS RESEARCH, 2018). O segundo caminho é colocando à disposição no mercado novos recursos e serviços mais eficientes que aqueles já existentes. Por exemplo, a tecnologia 5G possibilitará a existência de carros autônomos, que se programados para fazer o uso mais eficiente da infraestrutura de transporte, poderá eliminar congestionamentos (BOREAU OF COMMUNICATION AND ARTS RESEARCH, 2018).

Resumindo, o efeito do desenvolvimento do 5G sobre a produtividade irá depender de como as entradas e saídas de processos de transformação no geral mudarão com o avanço da tecnologia. Em relação as entradas, é certo que haverá investimentos adicionais e custos para construir a infraestrutura de rede 5G ou adaptar estações rádio base existentes, e para comprar frequências do espectro. Em relação às saídas, os benefícios esperados são produções de bens e serviços com maior eficiência, ou seja, maior volume de produção para um dado insumo (BOREAU OF COMMUNICATION AND ARTS RESEARCH, 2018).

1.3.3 Transformação industrial

O 5G irá impactar o setor industrial como um todo com a criação de novos produtos, aumento do fluxo de receitas, diminuição de custos de produção e consequentemente aumento de produtividade como já foi citado, além de beneficiar nas causas sustentáveis. A Tabela 1.2 faz uma divisão por setores industriais e traz exemplos das inovações e melhorias esperados em cada setor com o desenvolvimento da tecnologia 5G (ACCENTURE, 2021).

Tabela 1.2 – Impacto do 5G por setor industrial

Setor	Impacto industrial	Exemplo de caso
Manufatura	Aumenta a eficiência da comunicação entre pessoas e maquinário.	Indústrias que absorverem a tecnologia 5G podem aumentar de 20 a 30% o ganho com produtividade, além de melhora em 50% em tempo de montagem, 20 % em aumento de vida útil e 90% em detecção de defeito.
Varejo	Possibilitará melhores experiências para clientes e maior eficiência operacional por meio de inovação em novas ofertas e eliminação dos principais pontos de atrito de vendas.	Através da experiência de <i>streaming</i> de vídeos nas lojas é esperado um aumento de até 50% do número de vendas quando combinado com processos focados em pessoas e realidade aumentada.
Medicina	Permitirá mais atendimentos em domicílio, resultados melhores para pacientes e maior capacidade e flexibilidade dentro do sistema de saúde.	A possibilidade de tratamentos médicos em casa pode reduzir gastos em mais de 30%.
Transporte	Desenvolvimento de transporte mais inteligente, seguro e sustentável a partir de veículos conectados e infraestrutura de trânsito mais eficiente.	As novas tecnologias e veículos conectados tem o potencial de reduzir a gravidade de acidentes em 80%, economizar 3,6 bilhões de dólares em batidas e reduzir o tráfego em 25%.
Serviços de utilidade pública	Possibilitará infraestruturas dos serviços de utilidade pública confiáveis, seguras e acessíveis e oferta de mão de obra.	Monitoramento de linhas de transmissão usando sensores e drones podem reduzir risco de incêndio florestal.

Fonte: (ACCENTURE, 2021).

1.4 Tema do projeto

O tema deste trabalho é o estudo teórico acerca da quinta geração da telefonia móvel, com foco no levantamento de informações sobre os ganhos financeiros previstos para a economia mundial com a implementação do 5G. Assim, pretende demonstrar o “benefício” que

esse novo conceito poderá trazer a sociedade. Além disso, é exposto uma visão geral dos aspectos técnicos dessa nova rede e uma atualização do processo de implantação da tecnologia nos países em estágio mais avançado de transição.

1.5 Objetivos

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo principal o estudo teórico acerca dos impactos econômicos das implementações da quinta geração da telefonia móvel celular.

1.5.1 Objetivos gerais

Este trabalho tem como objetivo geral fazer uma revisão bibliográfica de estudos que abordam os benefícios e resultados esperados com a plena implementação da quinta geração de telefonia móvel celular, no que diz respeito à economia global. Para isso, será tomado como objeto de análise, preferencialmente, os países que se encontram em estágio mais avançado de instituição da tecnologia 5G e os países que foi possível encontrar estudos disponíveis no meio acadêmico.

1.5.2 Objetivos específicos

Como objetivo específico do trabalho pretende-se levantar dados de questões especiais para a análise do impacto econômico, como previsões de faturamento econômico, lucros e investimentos. Por fim, espera-se fazer uma breve análise do impacto social considerando aspectos como geração de empregos, melhoria em saúde, educação, entre outros.

1.6 Justificativas

O 5G, ainda em fase de desenvolvimento e implementação em diversas partes do mundo, apresenta diversas discussões como investimentos a serem realizados e retornos econômicos para a sociedade. No entanto, como trata-se de uma nova tecnologia que ainda está em fase de implementação e adaptação, não existem no meio acadêmico muitas referências bibliográficas que abordam a questão socioeconômica.

Por esse motivo, esse trabalho se torna relevante ao passo que tem como objetivo reunir os estudos existentes que fazem tal análise e uma projeção do impacto econômico advindo da implantação da rede 5G. O conhecimento dos possíveis benefícios dessa nova tecnologia pode servir como um estímulo para a transição de tecnologia 4G para 5G no caso dos países que

ainda não começaram esse processo, e para acelerar o processo daqueles países que já estão em desenvolvimento.

Por fim, fazer um levantamento baseado na experiência de países que já adotaram tal tecnologia à um período maior, é de fundamental importância para demonstrar o que um país emergente como o Brasil poderá vivenciar com o 5G. Por esse motivo, esse trabalho visa, a partir de um estudo teórico, demonstrar os impactos que o 5G trará para a economia.

1.7 Considerações finais

Nesse capítulo apresentou-se, brevemente, os conceitos introdutórios que motivam a estudar os impactos das futuras redes celulares ao 5G na economia. Por esse motivo, considera-se tais levantamentos como ponto de partida para o trabalho, sendo fundamental para a compreensão dos capítulos apresentados a seguir.

Capítulo 2

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações iniciais

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo principal fazer um estudo teórico sobre questões econômicas ligadas ao 5G. Entretanto, deve-se ter como ponto de partida o levantamento de aspectos técnicos a respeito dessas redes.

2.2 Aspectos técnicos do 5G

Os requisitos para o alto desempenho do 5G são a reconfiguração e a inovação em redes de acesso via rádio (RAN), redes de núcleo e transporte (FUCHUAN, 2018). A arquitetura do 5G é composta por redes de acesso via rádio com novas interfaces desagregada, flexível e virtual, criando pontos de acesso e dados adicionais. Ao contrário do que acontece hoje nas redes 4G, que dependem das macros células, como as torres de sustentação usadas para cobrir grandes extensões de terra, o 5G precisa contar também com as *small cells* (MOREIRA, 2019). As *small cells* complementam a rede de macrocélulas, fornecendo cobertura de rede para áreas menores. Enquanto as torres fornecem sinal estável e forte para grandes distâncias, as *small cells* ampliam a cobertura de sinal de dados em ambientes com maior densidade populacional e obstáculos físicos.

O 5G faz uso da tecnologia chamada computação de borda (do inglês *Edge Computing*) de múltiplo acesso (MEC). Essa tecnologia não é específica do 5G, mas é essencial para seu funcionamento eficiente. A MEC trata de uma evolução da computação da nuvem, pois traz para a periferia de rede as aplicações de centro de dados (do inglês *Data Centers*) aproximando usuários e seus dispositivos. E para isso, a MEC usa de baixa latência, alta largura de banda e acesso instantâneo às informações da RAN (RED HAT, 2020).

No que diz respeito ao núcleo de uma rede 5G (do inglês *core*), é proposto uma mudança acentuada na forma como a rede de comunicação móvel é arquitetada atualmente. Ele se baseia na Rede Definida por *Software* (SDN) que contribui para inovação de processo e gestão de infraestrutura de rede. Essa abordagem converge os recursos de rede para um sistema

virtualizado, criando uma rede que pode ser gerenciada e programada de maneira centralizada. Com isso, a partir da SDN as equipes de tecnologia da informação (TI) não necessitam gerenciar manualmente cada dispositivo de rede, as vantagens disso é a possibilidade de automatizar as configurações de rede (aumentando escalabilidade e a confiabilidade), garantir maior flexibilidade e agilidade para alterar a operação da rede e redução de custo (RED HAT, 2020).

Semelhante ao SDN, outro conceito incorporado pela rede 5G é o de virtualização de funções de rede (do inglês *Network Function Virtualization*, NFV), que separa o *software* do *hardware* ao substituir funções de rede como firewalls e roteadores por funções virtualizadas, operando como software (VIAVI, 2020). Nesse sentido, essas duas tecnologias são indispensáveis para a centralização e virtualização dos componentes das redes de acesso por rádio e conseqüentemente para a evolução da rede móvel 5G.

Através da virtualização de dispositivos dentro da rede 5G, possibilitada pela NFV, foi desenvolvido o recurso de fatiamento de rede ou *network slicing*, o qual permite que as operadoras forneçam diversas fatias de rede de serviços distintos, operando simultaneamente em uma mesma infraestrutura de rede (VARAS, et al., 2021). Entre esses serviços oferecidos, por padronização, foram definidos três principais grupos de aplicações do 5G que são (RED HAT, 2020): banda larga móvel extra veloz (do inglês *enhanced mobile broadband*, eMBB), comunicação massiva em escala (do inglês *machine type communications*, mMTC) e comunicação ultra confiável de baixa latência (do inglês *ultra-reliable low-latency communications*, URLLC).

O primeiro grupo é caracterizado pela melhoria do tráfego de dados que é dado pela otimização da eficiência espectral. Esse ganho se deve pelo fato de o padrão de ativação de dispositivo permanecer estável por um intervalo maior de tempo e desse modo a rede programa recursos sem fio para os dispositivos eMBB para que não tenha dois dispositivos conectados ao mesmo recurso e ao mesmo tempo. Esse serviço requer cobertura adequada se sinais e comumente móveis, suas aplicações práticas são chamadas de vídeos e reuniões virtuais, realidade virtual e aumentada, monitoramento de vídeo, entre outros (FARIAS, 2019; SPADINGER, 2021).

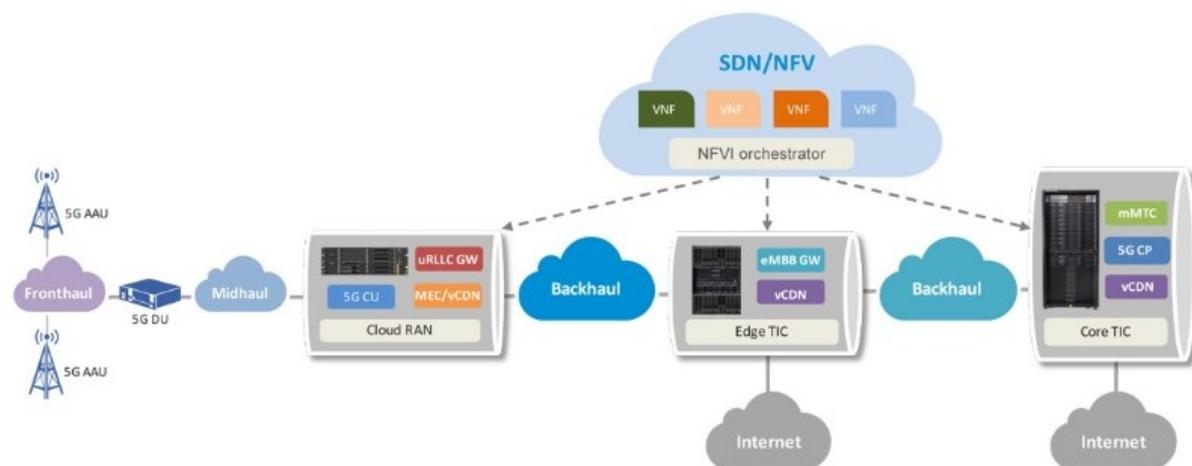
Já no serviço mMTC, ao contrário do que acontece no eMBB, o dispositivo fica ativo intermitentemente e usa uma taxa fixa de transmissão. Nesse caso, uma grande quantidade de dispositivos pode estar conectada a uma mesma estação base, porém somente em algum momento e aleatoriamente um dispositivo se torna ativo e tenta compartilhar dados. Trata-se dessa forma de uma adoção massiva da IoT, além disso exige recepção dentro dos ambientes, grande cobertura de sinais e alta densidade de aparelhos. Os potenciais serviços associados a

ao uso desse serviço são as redes sociais, casas e cidade inteligentes, monitoramento de saúde e uso dos dispositivos que são acoplados ao corpo (do inglês *wearables*).

O último grupo é caracterizado por comunicações de missões críticas. O serviço URLLC oferece latências muito baixas e com alta confiabilidade de determinado conjunto de terminais, sendo que estes serão ativados por eventos externos, por exemplo alarmes. A principal contribuição desse serviço será em segurança pública, cirurgias remotas, automação industrial (FARIAS, 2019; SPADINGER, 2021).

A Figura 2.1 exemplifica a arquitetura da rede 5G (FUCHUAN, 2018). A arquitetura RAN desenvolvida contará com três artefatos: a unidade central (do inglês *Central Unit*, CU), unidade de distribuição (do inglês *Distribution Unit*, DU) e antena ativa (do inglês *Active Antenna Unit*, AAU). E a rede de transporte é dividida em três partes: *fronthaul*, *midhaul* e *backhaul*.

Figura 2.1 – Arquitetura da rede de transporte do 5G.

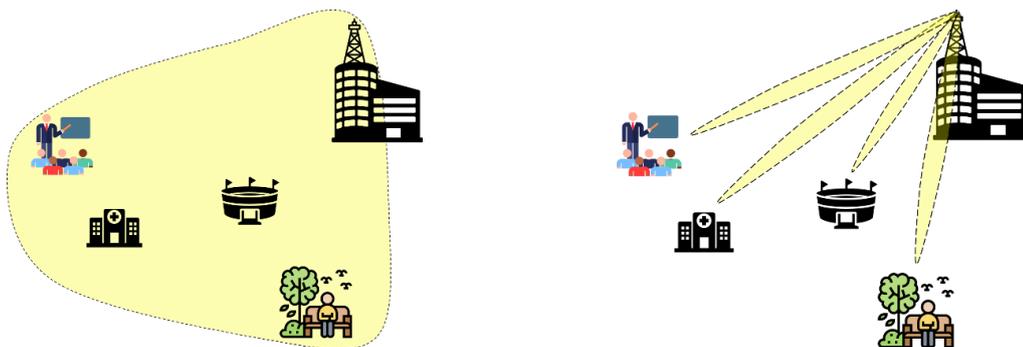


Fonte: (FUCHUAN, 2018).

As outras melhorias tecnológicas que possibilitam suportar a alta demanda de dados e capacidade de usuários envolve diversos fatores. Dentre ele, pode-se mencionar o uso de frequência na faixa ondas milimétricas (do inglês *millimeter waves*, *mmWave*) e da tecnologia chamada *beamforming* (MOREIRA, 2019). Como descrito anteriormente, o 5G será implementado em diversas faixas de frequência (3,3GHz a 3,8GHz e 24,25GHz a 27,90GHz) (BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações, 2021). Alguns estudos visavam a implementação de faixas próxima ou superiores a 30GHz (MACCARTNEY, G. R; T. S. RAPPAPORT; SUN, S.; DENG, S., 2015). Nessa faixa de frequência tem-se a bandas alocadas em ondas milimétricas. O *beamforming*, por sua vez, consiste no uso de vários elementos de antenas transmissoras e receptoras para criar uma

distribuição de sinal mais eficiente para os usuários. Como apresentado na Figura 2.2(a), as redes de 1G a 4G visavam a cobertura de grandes áreas geográficas, o que leva ao uso de antenas de grandes aberturas de feixe e, conseqüentemente, baixo ganho. Nesse contexto, devido a potência da estação rádio base ser dividida em uma grande área, a densidade de potência que chega a cada usuário é pequena (podendo ser na ordem de pico Watts). O *beamforming*, ilustrado na Figura 2.2(b), prove uma distribuição inteligente do sinal nas regiões onde fato existam usuários a partir do guiamento do feixe irradiado por um conjunto de antenas (isso pode ser obtido trabalhando na defasagem de alimentação de cada uma das antenas). Dessa forma, provê-se uma maior densidade de potência chegando à um usuário, o que permite um aumento na relação sinal-ruído, permitindo que se tenha maiores taxas de transmissão (SHANNON, 1948).

Figura 2.2 – Comparação entre as áreas de cobertura convencionais e com *beamforming*.



(a) Distribuição de sinal em grande área de cobertura.

(b) *Beamforming*.

Fonte: Autor.

2.3 3GPP e Propostas de Arquitetura e Segurança do 5G

O 5G deve passar por evoluções da mesma forma que gerações anteriores passaram no decorrer do tempo, a primeira versão que é chamada de Rel-15, tem como foco o eMBB, URLLC e mMTC, sendo que todas as especificações a serem atendidas foram especificadas pelo 3rd Generation Partnership Project (3GPP) (GHOSH, et al., 2019). A segunda versão esperada é a Rel-16, que além de melhorar os aspectos técnicos da versão anterior, tem como principal objetivo o suporte para o *Industrial Internet of Things* (IIoT) e melhorias para as frequências de ondas milimétricas (GHOSH, et al., 2019).

2.3.1 Redes alimentadas por análise

A terceira versão do 5G traz aspectos diferentes em relação as versões anteriores. No Rel-17 além das melhorias em relação as tecnologias apresentadas no Rel-15 e Rel-16, esta versão propõe outros avanços no 5G. Uma das vertentes que esta nova versão deverá trazer é a função de análise de dados de rede do inglês *Network Data Analytics Function* (NWDAF), que possibilitará o avanço da IA e do *Machine Learning*, facilitando a coleta de dados para melhora da qualidade de serviço, podendo atuar preventivamente na correlação de dados (GHOSH, et al., 2019).

2.3.2 Expansão dos serviços de mobilidade, altitude e proximidade

Outro desafio levantado é a expansão de conectividade em altas altitudes, visando melhor atender veículos aéreos não tripulados, satélites, entre outros (GHOSH, et al., 2019). O Rel-17 também busca serviços por proximidade, o principal objetivo da proposta nessa área é definir uma arquitetura comum para serviços de segurança pública e comercial (GHOSH, et al., 2019).

2.3.3 Transmissão multimídia e serviços multicast (TMSM)

O suporte a TMSM será introduzido para NR principalmente para casos de uso de segurança pública, aplicações *Vehicle to Everything* (V2X) e ferrovias. Um mecanismo de distribuição de conteúdo e arquitetura para distribuição de conteúdo em várias estações base dentro de uma área de *Multi-Cell Point-to-Multipoint* será introduzido como um recurso de habilitação. Nas camadas de rádio, esse recurso precisa ser mantido simples para garantir a adoção generalizada nos Equipamentos de Usuário (UE) e, portanto, espera-se que ele empregue radiodifusão independente em cada célula, em vez de exigir suporte explícito para a operação de rede única de uma área (GHOSH, et al., 2019).

2.3.4 Aprimoramentos de computação de borda

O Rel-15 apresentou uma base forte para permitir a computação de borda por meio de suporte para seleção local de função de plano do usuário (UPF), acesso simultâneo a redes de dados locais e centrais, influência de aplicativos para roteamento de tráfego (GHOSH, et al., 2019). O Rel-16 fornece mais melhorias para melhorar a coordenação dos procedimentos de mobilidade com a aplicação. As versões posteriores introduzirão melhorias adicionais para

suportar a computação de borda para um conjunto estendido de casos de uso vertical, como URLLC, V2X e Realidade Aumentada/Estendida. Isso inclui melhorias no suporte à descoberta e à mudança perfeita do servidor de aplicativos e direcionamento de tráfego de redes de dados locais para centrais após o processamento (GHOSH, et al., 2019).

2.3.5 Evolução da segurança

As redes 5G garantem privacidade de seus usuários, proteção de confidencialidade, integridade do tráfego que transportam e proteção contra-ataques que podem afetar a disponibilidade, a integridade e a confidencialidade dos dados armazenados (GHOSH, et al., 2019). Com base na estrutura de segurança Rel-15, novos recursos de segurança no Rel-16 ajudam vários segmentos do setor. A estrutura unificada de autenticação e autenticação agnóstica de acesso permite o suporte a redes não públicas com novos esquemas de autenticação que impulsionará a adoção do 5G em ambientes industriais, recursos de segurança para IoT, autenticação específica de fatias, transmissões duplicadas (GHOSH, et al., 2019).

Na evolução do 5G é esperado que novos recursos sejam introduzidos, incluindo suporte de segurança para NR-Light, redes não públicas (NPN) aprimorado, serviços de proximidade, serviços de difusão multimídia (MBMS), NTN e UAVs e novos recursos para aumentar a segurança das Funções de Rede Virtual (GHOSH, et al., 2019). Além disso, espera-se que as UEs sejam capazes de verificar a legitimidade das estações base antes de tentar se conectar, o que deve dificultar a implantação de estações base falsas. Com as especificações de garantia de segurança para todos os nós 5G, operadores e reguladores podem ter certeza da conformidade de segurança do sistema 5G (GHOSH, et al., 2019).

2.4 Considerações finais

Nesse Capítulo foram apresentados os conceitos teóricos sobre as principais características esperadas para as redes celulares 5G. É importante ressaltar que o retorno econômico esperado com o 5G só é possível devido ao grande avanço técnico dessa tecnologia. Por exemplo, os ganhos de produtividade na indústria, os avanços na medicina e agricultura, são promessas possíveis de serem realizadas graças a nova arquitetura das redes 5G.

Capítulo 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Considerações iniciais

O objetivo desse trabalho é o estudo teórico do impacto econômico decorrente da implementação da quinta geração de telefonia móvel celular. Dessa forma, tem-se como base uma metodologia voltada ao estudo principalmente de artigos que documentam informações decorrente da experiência de outros países com a implementação do 5G.

3.2 Metodologia de desenvolvimento

Este trabalho trata de uma revisão bibliográfica acerca do tema da quinta geração das redes móveis de comunicação, com foco no impacto econômico que essa nova tecnologia poderá trazer para a sociedade e economia mundial. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos e é importante para o levantamento de informações básicas sobre os aspectos direta e indiretamente ligados à temática do estudo (VERGARA, 2000).

Portanto, a metodologia científica adotada nesse caso é basicamente reunir as informações existentes e relevantes sobre o tema já disponíveis na literatura. Para isso foram explorados artigos científicos, livros, revistas científicas disponíveis *online* a fim de realizar a revisão e união das pesquisas mais relevantes.

O levantamento de dados foi feito através de pesquisas *online* em plataformas de busca (Google Acadêmico) e repositório de artigos científicos (IEEE). Para isso foram utilizadas palavras chaves como “5G broadband”, “Economic impact of 5G”, “Architecture of 5G”, entre outras.

O trabalho teve como ponto de partida o estudo sobre os aspectos técnicos do 5G. Basicamente, a partir de artigos científicos, definiu-se as principais características que diferenciam esta tecnologia das versões anteriores da telefonia móvel celular, podem assim fundamentar os desafios e vantagem no ponto de vista econômico que ela trará.

Após a fundamentação dos aspectos técnicos do 5G, o passo seguinte foi o estudo teórico do impacto econômico decorrente da implementação da quinta geração de telefonia móvel celular. Para tal, a partir de relatórios de empresas especializadas (principalmente) analisou-se as informações de países que já experimentam a implementação 5G em estágio avançado (Estados Unidos da América, França, Espanha, Polônia, Bélgica, Romênia, Reino Unido e Suíça) e as projeções para o Brasil e a América Latina.

3.3 Recursos necessários

Por se tratar de um estudo totalmente teórico, esse trabalho de conclusão de curso não demanda grandes recursos necessários para execução. Basicamente, foi necessário o acesso de base de dados de artigos, por exemplo do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), que na rede da universidade é realizada de modo gratuito e o Google Acadêmico, que também é gratuito.

3.4 Considerações finais

Neste capítulo sintetizou-se, de forma simples e objetiva, a metodologia e os recursos necessários para o desenvolvimento desse trabalho de conclusão de curso. Com base nessas informações, tem-se o apontamento para o conteúdo que será apresentado de forma mais detalhada o impacto econômico decorrente da implementação da quinta geração de telefonia móvel celular.

Como o tema é relativamente novo, para encontrar artigos e trabalhos com assunto similares não foi uma tarefa simples, buscas direcionadas ao tema foram feitas em linguagens diversas. Para países como Japão, China e Coreia, os quais estão na vanguarda da implementação da tecnologia 5G, não foram encontrados artigos ou trabalhos que pudessem contribuir e sobre a América do Sul encontrou apenas um artigo relacionado com o assunto.

Capítulo 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Considerações iniciais

Tendo como objetivo principal o estudo teórico o impacto econômico decorrente da implementação da quinta geração de telefonia móvel celular, é apresentado um levantamento sobre a implementação do 5G no mundo, os custos de implementação do 5G e o impacto econômico mundial. Falando mais especificamente do impacto econômico mundial, dividiu-se a exposição de informações para Estados Unidos da América, França, Espanha, Polônia, Bélgica e Romênia, Reino Unido, Suíça, América Latina e Brasil.

4.2 Implementação do 5G no mundo

De acordo com relatório da *Global Mobile Suppliers Association* (GSA), até agosto de 2020, 38 países tinham redes 5G e implementadas e outros vários já estavam no caminho para isso (BUCHHOLZ, 2021). Acredita-se que a transição para o 5G, por parte dos usuários, será mais rápida do que foi a migração para o 4G, por exemplo. A projeção mundial é que em aproximadamente 3 anos o número de usuários do 5G alcance o número de 1 bilhão de pessoas. Até 2025, metade das conexões móveis nos Estados Unidos serão 5G. Na Europa e China até 2025 a relação de acessos móveis 5G será 30%, de modo que a tecnologia LTE ainda representará a maioria das conexões. Os países da América do Norte, Europa e leste da Ásia estão à frente na corrida para implementação da tecnologia, como pode ser visto na Figura 4.1. Observa-se em azul escuro os países que já lançaram a rede 5G, em azul mais claro são os países que possuem a tecnologia desenvolvida e em verde, aqueles que estão investindo no 5G.

campeonato *Super Bowl*, em parceria com a Nokia conseguiu transmitir sinal 5G para um receptor dentro de um veículo em movimento usando a banda 28 GHz, o que nesse meio significou um grande passo para o desenvolvimento de banda larga móvel e desenvolvimento de aplicativos de carros conectados. A empresa AT&T, em novembro de 2018 lançou o primeiro dispositivo 5G usando espectro de ondas milimétricas, momento em que foi possível também realizar a primeira navegação 5G móvel de ondas milimétricas.

4.3 Custos de implementação do 5G

Apesar de todos os benefícios (ligados a conexão total que impulsionará a evolução da sociedade) advindo da rede 5G, também é necessário considerar a questão econômica envolvida na implementação dessa tecnologia. Segundo o estudo apresentado em (GRIJPINK, 2018), deve-se ter investimentos em todas as redes de domínio, incluindo espectro, redes de acesso por rádio, infraestrutura, transmissão e núcleo de rede. Todo esse custo influenciará diretamente no preço dos planos oferecidos para o consumidor final, por isso, a importância em buscar mensurar os custos de implementação do 5G.

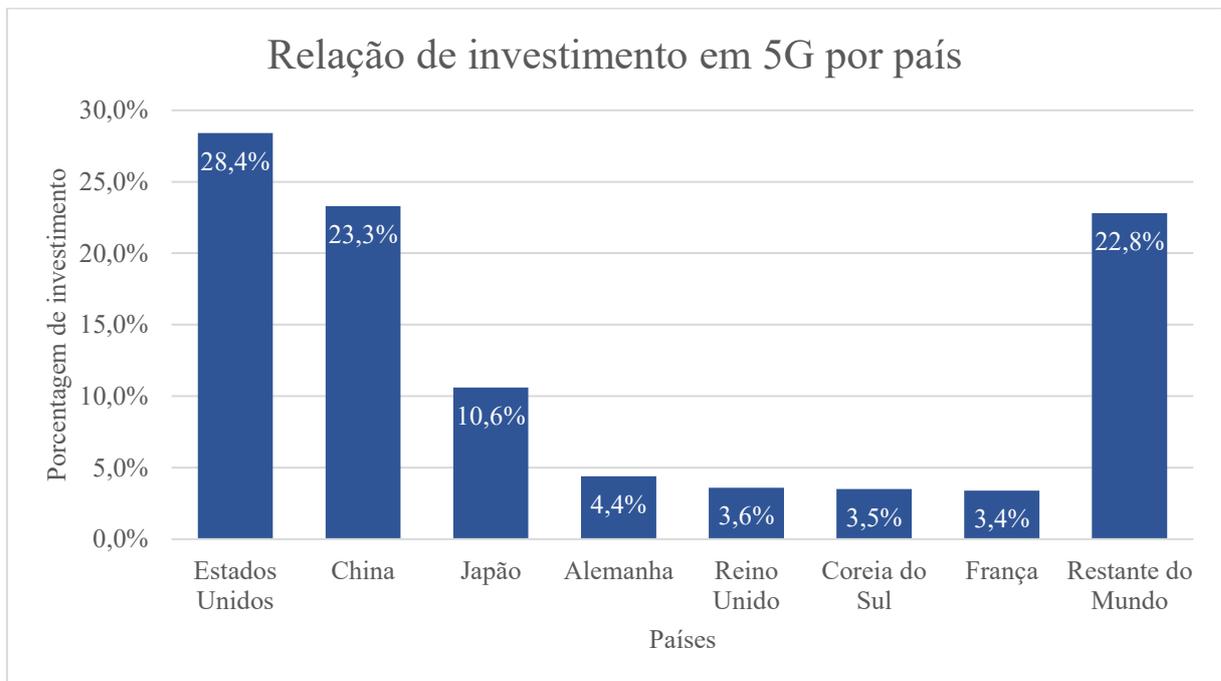
Em artigo publicado na revista eletrônica americana GSMA *Intelligence* (GSMA Intelligence, 2019), as despesas de capital, termo internacionalmente conhecido como CAPEX e que representa investimento em bens de capital, representarão o maior volume de gasto para implantação do 5G. Presume ainda, que a grande parte das despesas de capital será para investimentos em áreas de baixa densidade populacional e de baixa receita por usuário (WRAN) (ALVES, et al., 2015).

Ainda nesse sentido, uma instituição britânica especialista em informações financeiras, IHS Markit (CAMPBELL, 2017), fez um estudo econômico da cadeia de valor do 5G para os sete países que estão na vanguarda do desenvolvimento da rede (China, Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão, Reino Unido, Alemanha e França). Presume-se que os gastos CAPEX e com pesquisa e desenvolvimento (P&D) por parte das empresas envolvidas na cadeia de valor do 5G nesses países, chegarão na marca de 200 bilhões de dólares anualmente, no período de 2020 e 2035. Assim como a pesquisa da GSMA *Intelligence*, o estudo da IHS Markit mostrou que os principais gastos da implantação do 5G serão para desenvolvimento em infraestrutura de rede. O estudo britânico também prevê que nos primeiros anos o investimento em P&D e rede dominarão os investimentos em 5G. Entretanto, é esperado que com o passar do tempo este tipo de gasto seja lentamente estabilizado. Nesse momento os investimentos não serão focados em

infraestrutura, mas no desenvolvimento de aplicativos e serviços que aproveitem as novas possibilidades advindas da tecnologia 5G.

Os dois países que mais investirão em pesquisa e em bens de capital ao longo dos 16 anos projetados pelo estudo, são os Estados Unidos e China, desembolsando 1,2 trilhões de dólares e 1,1 trilhões de dólares, respectivamente (CAMPBELL, 2017). Esses valores correspondem a 28 e 24% de todo o gasto com investimento em 5G ao redor do mundo. A Figura 4.2 apresenta um estudo comparativo da porcentagem do que será investido China, Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão, Reino Unido, Alemanha, França e no restante do mundo. Desses valores, destaca-se os Estados Unidos e China, que somados, representaram mais de 50% do total de investimento.

Figura 4.2 – Porcentagem de gasto em P&D e CAPEX por país.



Fonte: Modificado pelo autor (CISCO, 2020).

Em 2019 a empresa polonesa privada IS Wireless fez uma análise em termos qualitativos dos gastos de implementação e manutenção comparando quatro situações distintas (CHECKO, et al., 2019): para o caso de uma macro célula ou estação rádio base, para um sistema de antena distribuída (do inglês *Distributed Antenna System*, DAS), para células pequenas (do inglês *small cells*) e para o caso de uma rede de acesso via rádio baseada na tecnologia de rede definida por *software* (do inglês *Software Defined Networking*, SD-RAN), a tecnologia empregada nas infraestruturas de redes 5G. As seguintes considerações foram feitas, para DAS, *small cells* e SD-RAN os custos são baseados para uma célula, e para macro célula

é referente a uma estação (CAMPBELL, 2017). A análise foi dividida em dois tipos de custos, despesas de capitais ou investimentos em bens de capitais (CAPEX) e despesas operacionais ou relativas à atividade de gestão empresarial (OPEX).

A conclusão de tal estudo econômico é que o sistema de transmissão baseado em uma macro célula é o mais oneroso, seguido do DAS, as *small cells* e SD-RAN, respectivamente. Alguns pontos que podem ser levados em consideração para justificar o menor custo do sistema SD-RAN é o fato de não necessitar de investimento em espaço físico e mão-de-obra, por exemplo, já que as infraestruturas de rede definida por *software* requerem menos espaço e capacidade, uma vez que várias funções podem ser desempenhadas em um único servidor, sendo necessário menos *hardware* físico.

4.4 Impacto Econômico Mundial

Espera-se que seja agregado valor a diversos setores industriais e para sociedade como um todo à medida que a tecnologia 5G se desenvolver e se consolidar ao longo dos próximos anos. Alguns serviços que serão impactados com a inovação tecnológica proposta, e que inclusive já foram citados ao longo do texto, são: hospitais que com equipamentos 5G viabilizarão atendimento remoto ao paciente e ambulâncias que se comunicarão com médicos em tempo real; carteiras digitais conectadas a relógios e carros; e indústrias dotadas de sensores como nunca (CHOW, et al., 2021). Esses casos demonstram quão expressivo será o impacto do 5G na economia mundial.

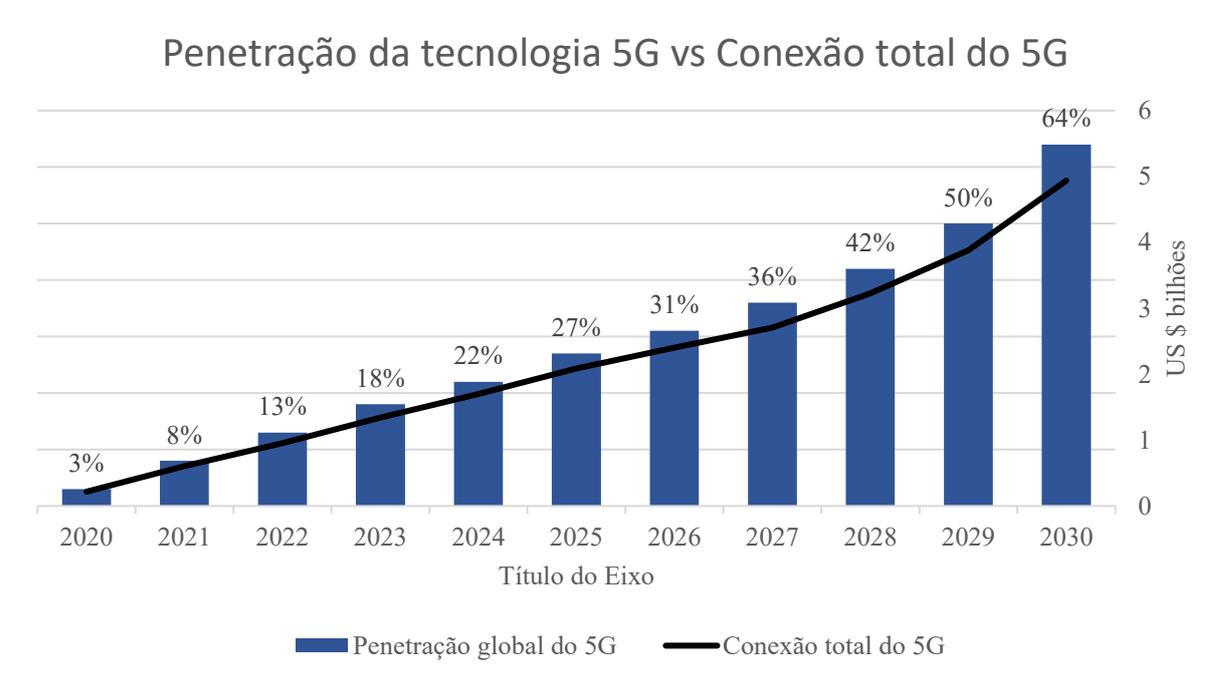
A natureza e a extensão desse impacto, no entanto, estão atreladas ao nível de desenvolvimento da região e da indústria. A perspectiva é que até 2025 o 5G contribua moderadamente para o crescimento econômico ao redor do mundo, uma vez que as empresas de telecomunicação ainda estarão focadas na construção da infraestrutura de rede. Depois disso, os investimentos feitos garantirão um retorno relevante para a economia mundial enquanto as aplicações possibilitadas pelo 5G são difundidas pelo globo. Nesse contexto da extensão do impacto econômico da tecnologia 5G no mundo, circulam pelo meio científico e acadêmico artigos publicados recentemente e que possuem metodologias semelhantes. Dessa forma é possível fazer um paralelo entre eles, confrontando os resultados encontrados em cada um (CHOW, et al., 2021).

Um estudo realizado em 2020 pela empresa PwC (CHOW, et al., 2021) e outro publicado em fevereiro de 2022 pela GSMA Intelligence (SUARDI, et al., 2022) fazem projeções da contribuição do 5G no aumento do produto interno bruto global entre os anos de

2020 e 2030. A pesquisa publicada pela PwC concluiu que em 2030 a contribuição direta do 5G no PIB mundial será de 1,35 trilhões de dólares, o que corresponde a 1% valor total do PIB. Já o estudo feito pela GSMA espera que o 5G contribua com o aproximado a 0,70% do PIB total mundial, o equivalente a 960 bilhões de dólares. Acredita-se que o sistema de saúde será o setor com maior contribuição para os ganhos econômicos relacionados ao 5G. A PwC prevê que o setor será responsável pela adição de 530 bilhões de dólares ao produto interno bruto mundial até 2030. O efeito do aumento da produtividade na área da saúde em um sistema de único pagador e financiado por impostos, por exemplo, pode ser liberar recursos do governo para serem gastos em outros programas. Em um sistema baseado em seguros privados, o aumento da eficiência pode permitir que os consumidores realoquem gastos para outros setores.

Para que os números projetados sejam alcançados, a taxa de penetração da tecnologia em todo o mundo é um fator importante. A previsão é que até 2030 a penetração no mercado do 5G alcance a taxa de 64%, e que o número de conexões chegue a quase 5 bilhões (SUARDI, et al., 2022). Essa informação é apresentada em maiores detalhes na Figura 4.3, onde-se faz a projeção da penetração e conexões 5G do ano de 2020 a 2030.

Figura 4.3 – Penetração do 5G no mundo e a quantidade de conexão do 5G.



Fonte: Modificado pelo autor (SUARDI, et al., 2022).

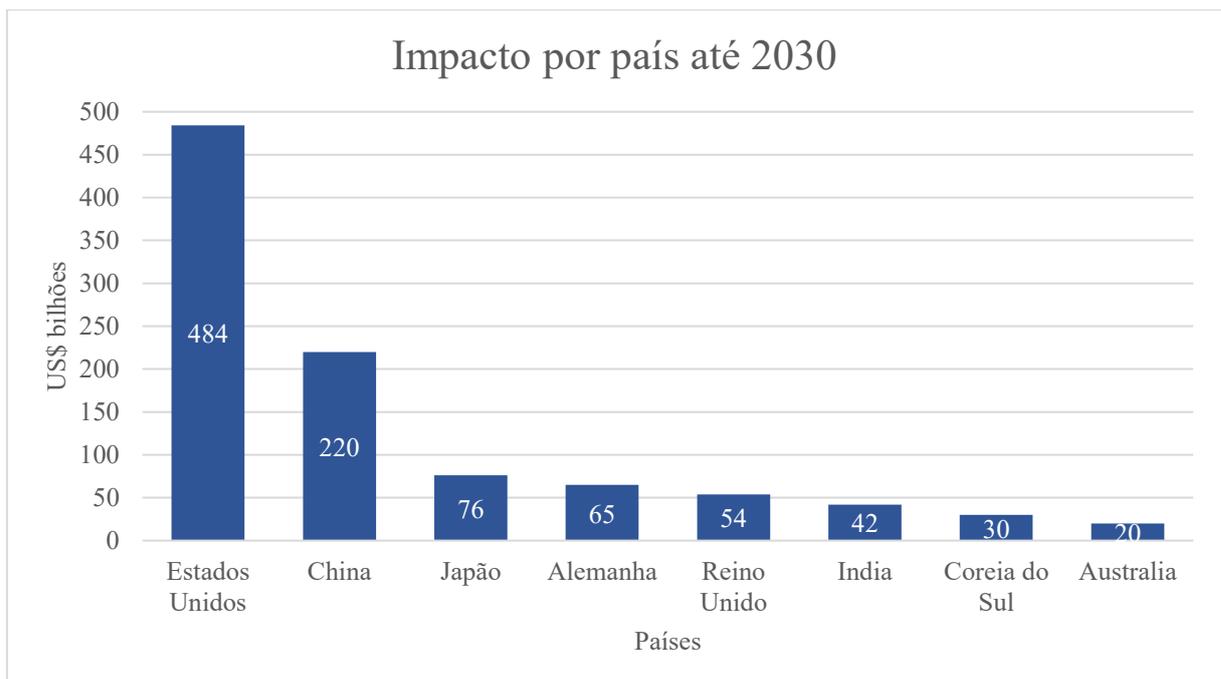
Outro fator que influenciará nos benefícios econômicos do 5G é como os casos de uso serão aplicados aos diferentes setores da economia. É esperado, por exemplo, que as aplicações relacionadas a *massive* IoT (MioT) desempenhem um papel importante na transformação digital

do setor manufatureiro, aumentando a produtividade e reduzindo custos. Vale ressaltar, no entanto, que a eficiência da aplicação da tecnologia dependerá do grau de tecnologia disponível no local e das habilidades entre os trabalhadores (SUARDI, et al., 2022).

Aspectos como a evolução da tecnologia utilizando os casos de uso, a prontidão de uma economia em adotar os casos de uso e a estrutura da economia, podem influenciar nas diferentes projeções do impacto econômico para cada região do mundo. Para a PwC, a América do Norte experimentará o maior aumento percentual do PIB devido a inovações do 5G. Seguido pela Ásia, Oceania, Europa, Oriente Médio e África (CHOW, et al., 2021).

O gráfico da Figura 4.4 revela a projeção do impacto econômico do 5G no PIB, em bilhões de dólares, por país até 2030. Entre os países analisados, aqueles com processos produtivos mais fortes e modernos se beneficiarão mais que aqueles que se baseiam em serviços industriais como bancos (CHOW, et al., 2021).

Figura 4.4 – Impacto no PIB por país até 2030.



Fonte: Modificado pelo autor (CHOW, et al., 2021).

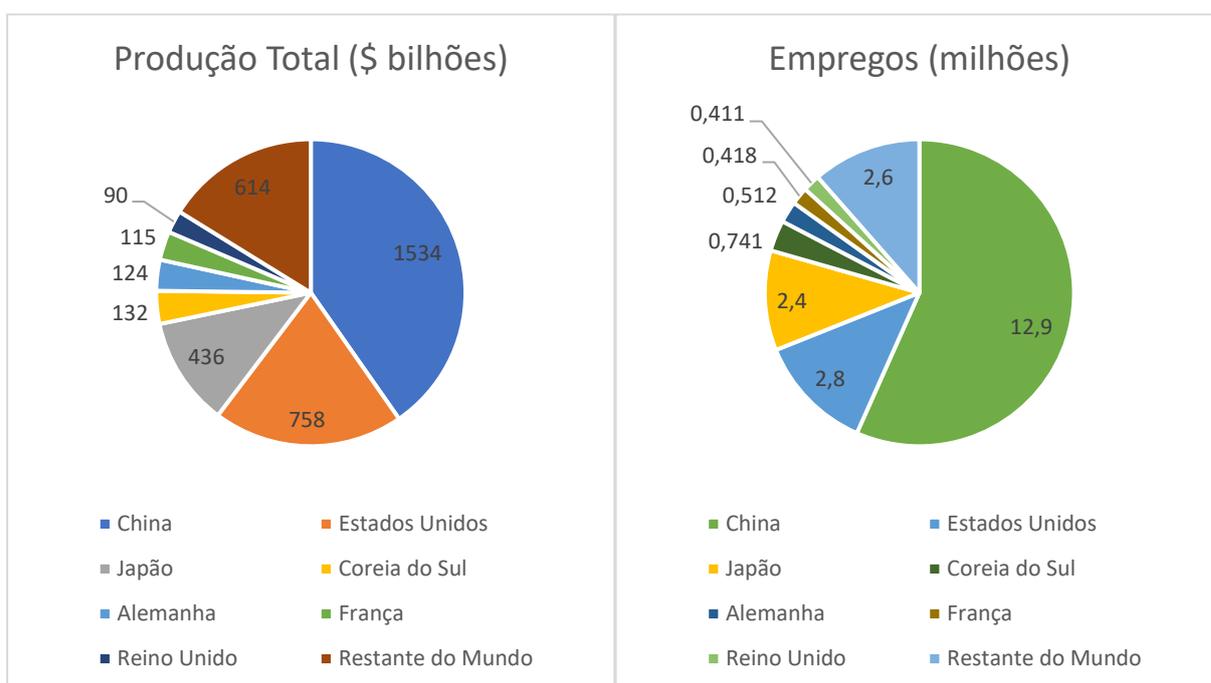
As maiores economias e mais desenvolvidas serão as líderes em contribuição econômica. Pois, são nesses mercados onde estão as maiores taxas de penetração do 5G e onde as aplicações do 5G serão absorvidas primeiro (SUARDI, et al., 2022).

Um artigo publicado em novembro de 2020 pela IHS Markit (BANERJEE, et al., 2020), o qual aborda o papel do 5G na recuperação da economia mundial após o Covid-19, antecipa que as taxas de crescimento econômico após a pandemia serão menores que as estimadas

anteriormente, em publicações do ano de 2019, por exemplo. Estima-se que haverá uma redução de 2,8% nos níveis de produção global e de 3,1% na arrecadação do produto interno bruto até 2035 (BANERJEE, et al., 2020).

O estudo da IHS Markit estimou que a cadeia do 5G irá gerar cerca de 3,8 trilhões de dólares e produção e impulsionará a criação de 22,8 milhões de novos empregos até o ano de 2035. O gráfico da Figura 4.5 mostra que sete países (China, Estados Unidos, Japão, Coreia do Sul, Alemanha, França e Reino Unido) serão responsáveis por 84% do ganho em produção estimado e por mais de 88% dos empregos gerados até 2035 (BANERJEE, et al., 2020).

Figura 4.5 – Impacto econômico do 5G por país até 2035.



Fonte: Modificado pelo autor (BANERJEE, et al., 2020).

Devido ao maior número de habitantes em relação aos demais países e os investimentos feitos, não é surpresa que o maior número de empregos criados seja na China. As menores taxas de crescimento econômico após a Covid-19, reduzirão os investimentos para desenvolvimento da tecnologia 5G por parte das economias emergentes. Em outro estudo econômico realizado pela IHS Markit em 2019, a projeção da participação do restante do mundo na cadeia de valor do 5G foi de 757 bilhões de dólares, logo, no estudo de 2020 é estimado 143 bilhões de dólares abaixo do previsto. Da mesma forma, anteriormente foi previsto que a contribuição da China seria de 1,1 trilhão de dólares, o número estimado em 2020 é cerca de 400 bilhões de dólares maior (BANERJEE, et al., 2020).

4.4.1 Estados Unidos da América

O estudo sobre o impacto social e econômico decorrente do desenvolvimento da tecnologia 5G nos Estados Unidos está ilustrado com qualidade em dois recentes artigos, um publicado pela empresa de consultoria americana Accenture (ACCENTURE, 2021) e outro pela Boston Consulting Group (BCG) (VARAS, et al., 2021). De modo geral, ambas pesquisas trazem dados bastante promissores de expectativa de crescimento econômico. Algumas características inerentes à tecnologia 5G e que foram consideradas as principais possibilitadoras desse crescimento são a capacidade de criar indústrias, produtos e modelos de negócios, aumentar a produtividade e diminuir custos de produção, e aumentar consideravelmente a qualidade dos serviços e bens (ACCENTURE, 2021). Para o primeiro estudo, realizado pela Accenture, a previsão é que o PIB americano aumente em 1,5 trilhão de dólares e gere 16 milhões de empregos no período de 2021 a 2025. Além disso, o 5G tem o potencial para impulsionar as vendas de qualquer segmento industrial, em até 2,7 trilhões de dólares (ACCENTURE, 2021). De acordo com o segundo estudo, da BCG, o desenvolvimento do 5G contribuirá para o PIB com um valor entre 1,4 e 1,7 trilhões de dólares até o ano de 2030, e criará de 3,8 a 4,6 milhões de empregos (VARAS, et al., 2021).

Quanto à criação de novos empregos, todos os setores da economia absorverão esses trabalhadores. Entretanto, para certos setores os empregos ofertados serão para mão-de-obra qualificada embora com maior remuneração. A natureza do trabalho também passará por mudança, aumentará a necessidade por cientistas de dados, engenheiros e profissionais de automação. Esse cenário poderá ser visto na agroindústria, a demanda por automatização e digitalização do setor impulsionará a contratação de novos funcionários, como operadores de drones por exemplo, que trabalharão ao lado dos agricultores tradicionais (ACCENTURE, 2021).

Os dois artigos fazem uma análise específica do impacto econômico para cada distrito americano em particular. Existe um consenso que os estados mais populosos serão os mais beneficiados pela implantação da tecnologia 5G (ACCENTURE, 2021). Somente no estado da Califórnia, por exemplo, é esperado a criação de cerca de 2,4 milhões de empregos e a contribuição com até 253 bilhões para o PIB americano. Por outro lado, embora em menor escala, os estados que estão fora dos centros de alta tecnologia também sentirão os efeitos da implantação das redes 5G.

A intensidade e o tempo que levará para cada região sentir os impactos do 5G dependerá das características econômicas e demográficas de cada local. Regiões com alta concentração de

empresas tecnologicamente desenvolvidas serão impactadas quase imediatamente à medida que as redes 5G forem instaladas e novos serviços começarem a serem oferecidos. Regiões com indústrias menos tecnológicas experimentarão um crescimento indireto e mais moderado quando comparado as indústrias que absorverem as novas tecnologias como sensores inteligentes, realidade virtual e aumentada, e computação em nuvem. Quanto as características demográficas de cada região, aspectos como pirâmide etária, educação, distribuição de renda, influenciarão na velocidade e extensão do impacto econômico local do 5G (VARAS, et al., 2021).

Para alcançar o sucesso e a materialização de todos os benefícios econômicos e sociais previstos até aqui, é importante a união de esforços de todos os níveis do governo, federal, estadual e municipal. E, para entregar à próxima geração os produtos digitais, serviços e processos prometidos, é necessário ainda que a implementação do 5G flua dentro do tempo proposto e conte com talentos principalmente na área de computação e engenharia. Desse modo, a precisão e capacitação dos envolvidos são de extrema importância para atingir todo o potencial econômico do 5G (VARAS, et al., 2021).

Quanto às responsabilidades por parte do governo americano, é preciso que o governo federal faça as concessões adicionais do espectro da forma mais apropriada, pois apesar dos Estados Unidos serem referência em distribuir espectro de baixa e alta frequência para serviços comerciais sem fio, quanto à concessão de média frequência estão atrasados. Já o desenvolvimento da infraestrutura da rede 5G requer aprovação dos governos estadual e municipal. A Comissão Federal de Comunicação já tem esclarecido e modernizado elementos-chaves das regulamentações de infraestrutura a fim de agilizar a revisão dos processos burocráticos, no entanto, é importante também que os municípios implementem as mesmas medidas para evitar atrasos. É estimado que a cada seis meses de atraso no desenvolvimento das redes 5G, em média, será perdido 25 bilhões de dólares dos benefícios esperados de 2020 a 2030 (VARAS, et al., 2021).

Por fim, é importante ainda que o governo ofereça oportunidades para desenvolver as habilidades da mão-de-obra disponível e crie políticas públicas que atraiam talentos de outras partes do mundo. Pois, para cada 1% de *déficit* em fornecimento de mão-de-obra, poderá ser perdido 20 bilhões de dólares do potencial de benefícios do 5G (VARAS, et al., 2021).

4.4.2 França, Espanha, Polônia, Bélgica e Romênia

Quanto ao contexto europeu, a tecnologia 5G é esperada também com altas expectativas. Ela é tratada como um ponto crucial para a transformação digital na Europa, representando a oportunidade de desenvolver, aumentar e integrar novos sistemas poderosos na criação de valor econômico, social e ambiental (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

A empresa de telecomunicação francesa chamada Orange encomendou à consultora de negócios, Omdia, um relatório para elucidar o impacto do 5G na economia, geração de emprego e emissão de gases de efeito estufa (GEE) na França, Espanha, Polônia, Bélgica e Romênia até o ano de 2030 (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021). Tal relatório concluiu que até o ano de 2030 o 5G contribuirá com a receita de 407 bilhões de euros (488 bilhões de dólares) em vendas capacitadas (do inglês *enabled sales*), a criação de 1,03 milhão de empregos e 33 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_{2e}) poderão ser evitadas, considerando a contribuição de todos os países que entraram no estudo (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

O termo “vendas capacitadas” diz respeito ao processo de vendas que conta com uma estratégia de capacitação da equipe através de conteúdo, orientação e treinamento. Nesse caso, o termo ainda está relacionado à produção bruta ou às vendas totais de atividades econômicas ligadas ao 5G. A produção bruta ou vendas totais é um conceito mais amplo que o próprio PIB, uma vez que PIB representa a soma do valor monetário dos bens e serviços finais, a produção bruta inclui o valor tanto de bens e serviços finais quanto dos bens e serviços intermediários dos produtores (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

A cadeia de valor 5G é diversificada, abrangendo usuários finais (consumidores, empresas e outras organizações), operadoras de telecomunicações, fornecedores de infraestrutura, fabricantes de dispositivos, provedores de componentes, provedores de *software* e plataforma, provedores de conteúdo e aplicativos e muito mais. Alguns dos participantes (operadoras de telecomunicações) fornecem bens e serviços finais (conectividade) aos usuários finais. Outros (provedores de componentes) contribuem com bens intermediários (módulos 5G) para bens finais (dispositivos) (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

Na última década, a implantação do 4G LTE ajudou a fomentar a economia de aplicativos. Nesse momento, o 5G tem potencial para viabilizar a receita de novos tipos de serviços e experiências. Em combinação com outros recursos como *edge computing*, nuvem,

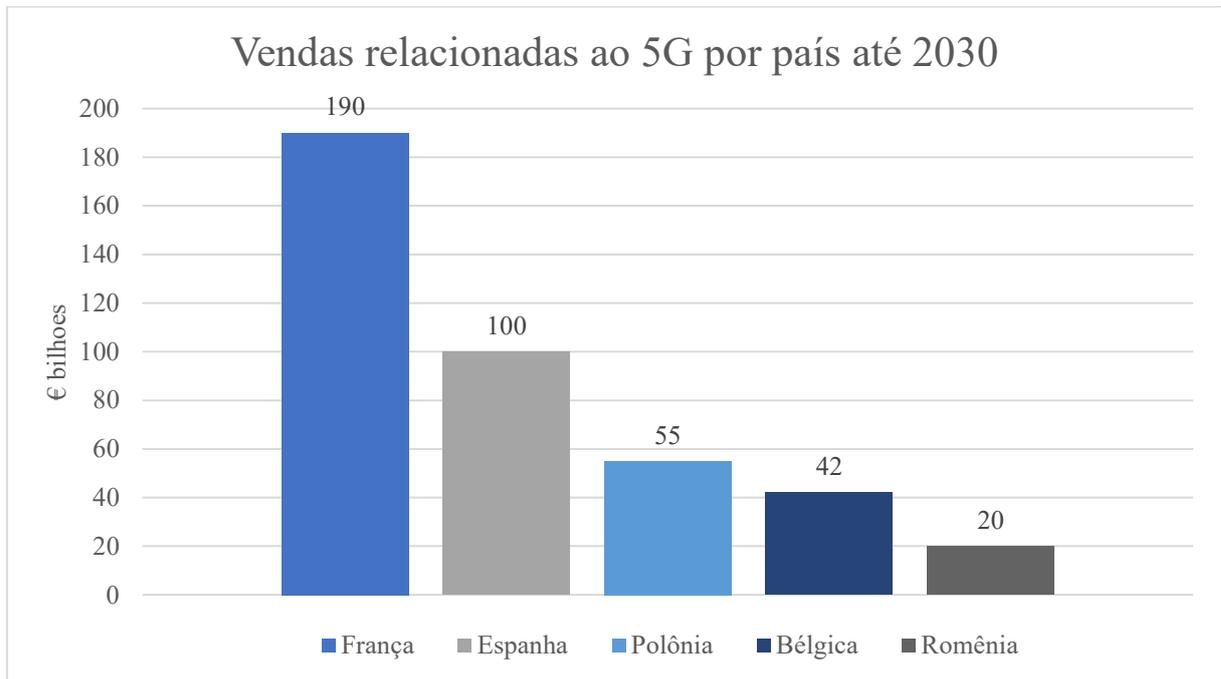
inteligência artificial e *machine learning*, o 5G será um importante catalisador da transição para modelos de negócios diferenciados, conhecido atualmente como “*as a service*” ou “Tudo como serviço”, além de possibilitar melhorias na produtividade que levarão a um aumento nas vendas (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

Desse modo, o conceito de vendas capacitadas inserido no contexto do 5G representa uma abordagem econômica mais ampla, não se refere apenas as vendas de bens e serviços finais e intermediários, mas também a viabilização das vendas por meio de melhorias de produtividade e o desenvolvimento de novos modelos de negócios que alavancarão a conectividade 5G (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

O 5G impulsionará as vendas tanto dos mercados tradicionais de telecomunicação quanto das verticais da nova indústria. De acordo com a última previsão de lucros e assinatura de serviço móvel realizada pela Omdia em fevereiro de 2021, o 5G responderá por um terço do total de assinaturas móveis na Europa em 2025, quando as receitas totais de serviços móveis ultrapassarão 117 bilhões de euros (140 bilhões de dólares). Além disso, o 5G continuará impulsionando cada vez mais o mercado global de *smartphones*, o qual no ano de 2019 contribuiu com a receita de 440 bilhões de dólares (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

A Omdia ainda prevê que a receita mundial relacionada aos gastos com infraestrutura de rede do 5G, a receita obtida pelos fornecedores de equipamentos de rede através das vendas para as operadoras de telecomunicação, corresponderão a 28 bilhões de dólares no ano de 2024. Além do investimento em 5G por parte das operadoras, a Omdia prevê gastos significativos por parte de diferentes setores industriais. Por exemplo, é esperado que os gastos com 5G no setor de manufatura de sete grandes economias mundiais ultrapassem 48 bilhões de dólares até 2030 (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

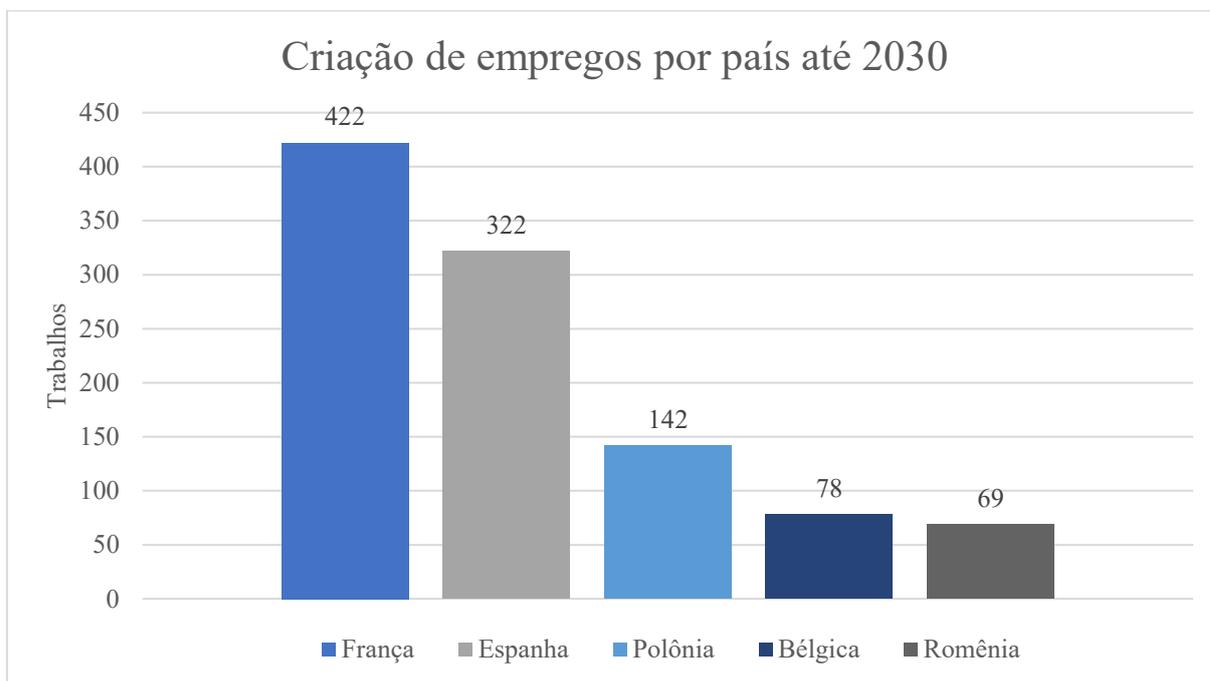
Logo, o impacto econômico do 5G se estenderá a operadoras, provedores de *smartphones* e fornecedores de infraestrutura para produtores intermediários e indústrias que, em última análise, usarão o 5G para criar diferentes fontes de receita. Até 2030, de acordo com as previsões da Omdia, as vendas relacionadas ao 5G representarão cerca de 3,3% da produção bruta, ou 407 bilhões de euros, da economia de todos os países estudados (França, Espanha, Polônia, Bélgica e Romênia). A contribuição de cada um desses países corresponde a 50%, 25%, 13%, 10% e 5% do valor total, respectivamente. O gráfico da Figura 4.6 demonstra o valor, em bilhões de euros, da receita de cada país em vendas relacionadas ao 5G até 2030 (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

Figura 4.6 – Vendas por país na Europa.

Fonte: Modificado pelo autor (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

Quanto ao impacto do 5G no trabalho, comparado a atual realidade do 4G, a Omdia prevê o aumento de até um quinto dos trabalhadores, principalmente os que exercem funções móveis, de campo e industriais. A previsão de criação de 1,03 milhões de empregos nos cinco países corresponde a 0,6% da população total e 1,3% do total de empregos gerados. O gráfico da Figura 4.7 mostra o número de empregos criados por país, até o ano de 2030 (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

Figura 4.7 – Geração de emprego por países na Europa.



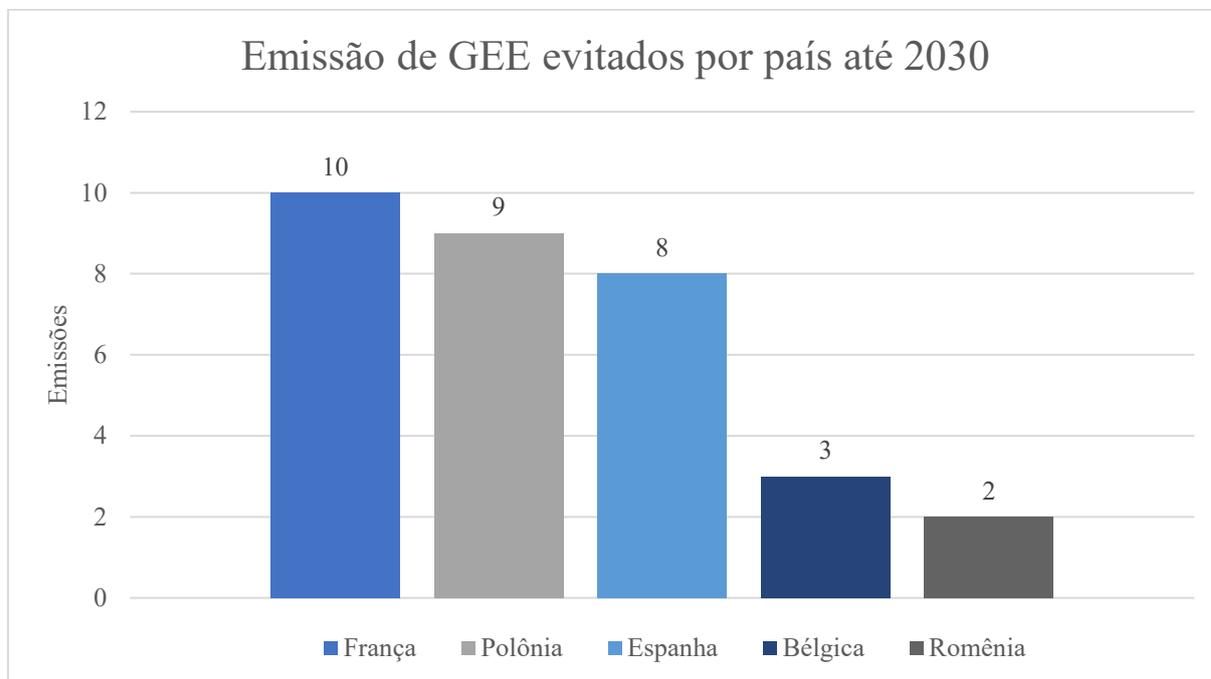
Fonte: Modificado pelo autor (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

O 5G abrangerá um leque maior de ocupações e estilos de trabalho em relação as redes móveis anteriores. Até 2030, as indústrias que mais contribuirão com o aumento da oferta de empregos serão serviço público (26%), informação e comunicação (25%) e transporte e armazenamento (9%). Embora em alguns setores da economia o desenvolvimento da automação levará a uma substituição da mão-de-obra, a Omdia ainda acredita que haverá impacto líquido positivo na criação de empregos no setor industrial como um todo (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

O poder do 5G de conectar pessoas também impactará o meio ambiente, segundo previsão do estudo poderá ser observado uma diminuição de 33 MtCO₂e ao longo dos cinco países. O gráfico da Figura 4.8 mostra a quantidade de GEE emitidos que serão evitados até 2030 por país, em MtCO₂e (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021). Entretanto, não é possível dizer que todo impacto será positivo. Entre as consequências negativas estão a emissão de GEE por parte das estações de base, terminais e centros tecnológicos. No entanto, ao passo que o 5G contribuirá com o aumento da conectividade e inteligência de indústrias, construções, cidades e fazendas ao longo dos cinco países, ganha em eficiência e redução do movimento de pessoas e coisas, havendo assim uma redução da emissão de GEE por unidade de produto acabado. A previsão é que a tecnologia do 5G possibilitará que outras indústrias reduzam níveis maiores de emissão de GEE quando comparado a quantidade

emitida diretamente pelos serviços 5G (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

Figura 4.8 – Quantidade de GEE por país da Europa.



Fonte: Modificado pelo autor (ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth, 2021).

4.4.3 Reino Unido

Os estudos envolvendo o impacto econômico esperado para o território do Reino Unido encontram-se em estágio avançado e contam com publicações de fontes relevantes, apesar de todos os desafios particulares de medição enfrentados nesse tipo de estudo (DELOITTE, 2018).

Uma provedora de serviços de telecomunicação britânica, chamada O₂, emitiu em 2017 um relatório que prevê que a infraestrutura de rede 5G contribuirá diretamente com um aumento na arrecadação nacional de 7 bilhões de euros por ano até 2026, e mais 3 bilhões de euros anuais através de impactos indiretos por meio da cadeia de suprimentos (DELOITTE, 2018).

Existem dois estudos que abordam os aspectos econômicos do 5G no contexto mundial e europeu, que são internacionalmente citados e reconhecidos. São os artigos publicados pelas empresas britânicas do ramo de comunicação, IHS Markit e Tech4i2 (DELOITTE, 2018). A publicação da IHS Markit é considerada no meio científico como o estudo que fornece a avaliação mais sofisticada até hoje do potencial econômico do 5G. Foi utilizada uma metodologia própria e com bastante embasamento científico, que conta com três pontos principais. Primeiramente, os impactos da cadeia de valor são estimados usando as técnicas de

entrada e saída de processos tomando como base as previsões da IHS Markit para o CAPEX relacionado ao 5G. O efeito em outros setores é estimado com base em uma seleção de 21 casos de uso do 5G, com um cálculo dependente da avaliação do IHS Markit acerca do impacto potencial de vendas em outros setores para cada caso de uso. Por fim, o impacto econômico global é calculado usando um modelo autoral denominado *Computable General Equilibrium* (CGE) (DELOITTE, 2018). Dessa forma, o resultado previsto segundo essa pesquisa é que as saídas de processos inseridas na cadeia de valor do 5G gerem 76 bilhões de dólares no Reino Unido e seja responsável pela geração de 600 mil empregos até o ano de 2035. Para o contexto mundial os números são 3,5 trilhões de dólares e 22 milhões de empregos (DELOITTE, 2018).

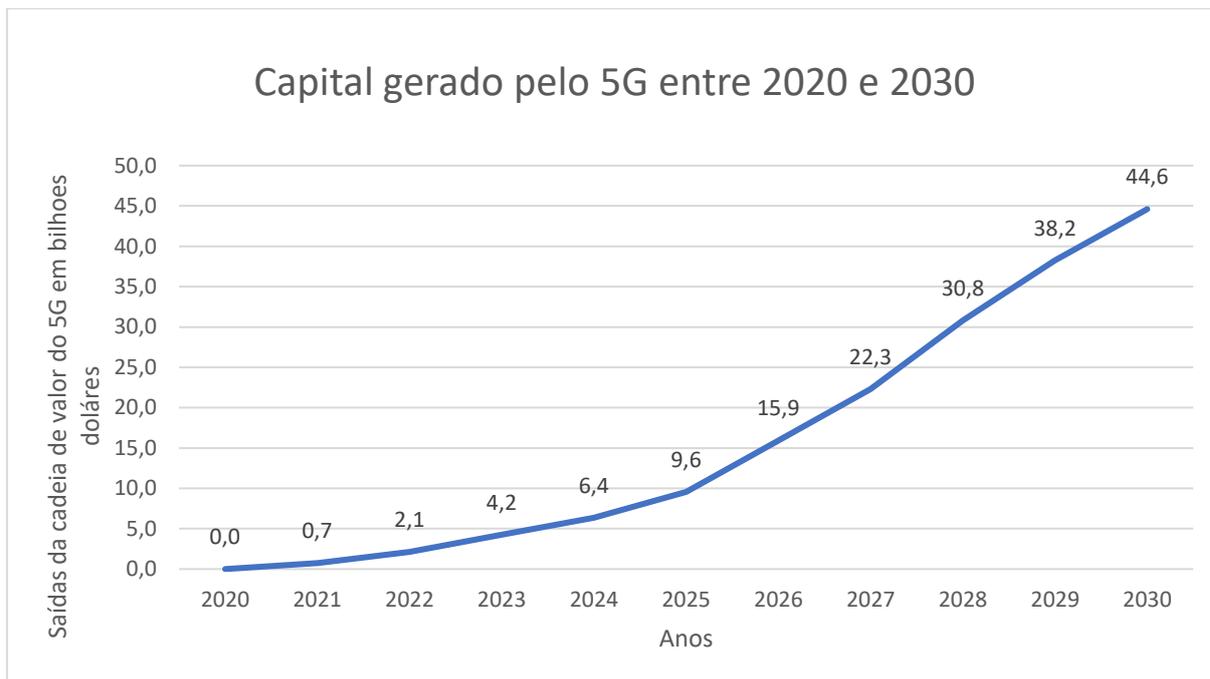
O outro estudo citado, da Tech4i2, foi encomendado pela Comissão Europeia para auxiliar no planejamento estratégico para a introdução do 5G na Europa. Nesse caso, a metodologia de análise utilizada foi considerar como a introdução das competências do 5G afetarão quatro mercados verticais, automotivo, saúde, transporte e utilidades, e quatro ambientes que muitas vezes estão associados ao 5G na literatura, cidades inteligentes, áreas não urbanas, casas inteligentes e local de trabalho inteligentes. Dentro desses cenários estudados, a previsão é que os benefícios para a economia da União Europeia seja de 113 bilhões de euros por ano em 2025 (DELOITTE, 2018). Considerando a diferença de extensão territorial e o número de países integrantes do Reino Unido e da União Europeia, os benefícios estimados pela Tech4i2 são menores do que as estimativas da IHS Markit. Essa diferença pode ser justificada pela abordagem mais conservadora tomada pelo Tech4i2, além do fato dos dois resultados não serem diretamente comparativos devido à diferença em prazos e metodologias utilizadas. Portanto, ao colocar os dois estudos lado a lado é necessário levar em consideração alguns fatores da metodologia usada pelo estudo do Tech4i2 (DELOITTE, 2018).

A maioria das estimativas de impacto dentro de cada vertical ou ambiente foram baseadas em resultados estimados de estudos anteriores os quais foram realizados com diferentes metodologias e sem foco específico no 5G. E para chegar nas estimativas apresentadas no estudo, foi tomado como base somente a parcela de benefícios atribuível ao 5G (DELOITTE, 2018). Outro fator, é que ao escolher um determinado conjunto de mercados verticais e ambientes para análise, o estudo pode subestimar os impactos nas demais partes da economia. Por outro lado, se houver sobreposição de estimativas de verticais e ambientes não contabilizados, pode levar a uma superestimação no final (DELOITTE, 2018). Por último, assim com o estudo do IHS Markit, esse também não faz referência aos custos envolvidos no desenvolvimento, implantação e transição da tecnologia 5G. Desse modo, as estimativas finais podem representar os benefícios brutos e não os benefícios líquidos (DELOITTE, 2018).

4.4.4 Suíça

Em 2019 foi publicado uma pesquisa pela empresa Tech4i2 com uma previsão dos impactos socioeconômicos do 5G na Suíça. Em resumo, o relatório investiga o que o 5G pode de fato agregar aos cidadãos, indústrias, trabalhadores e *stakeholders*. O objetivo foi demonstrar uma nova realidade que é possível graças aos recursos fornecidos pelo 5G, de modo que as partes interessadas compreendam melhor os benefícios dessa nova tecnologia (TECH4I2, 2019). Esse estudo foi requisitado pela Associação Suíça de Telecomunicação, com a intenção de replicar a pesquisa publicada também pela Tech4i2 a pedido da Comissão Europeia, baseando dessa vez na realidade suíça (TECH4I2, 2019). A metodologia empregada resumiu em selecionar 16 setores industriais na Suíça para prever o impacto econômico do 5G em 2030, ou seja, dez anos após a primeira implantação da tecnologia no país. Para isso, foram utilizados mais de 240 relatórios e estudos prévios com o tema 5G para estimar qualitativa e quantitativamente o impacto econômico em decorrência das novas habilidades atribuídas ao 5G (TECH4I2, 2019).

O gráfico da Figura 4.9 mostra a expectativa de capital gerado (em franco-suíços) em consequência da tecnologia do 5G, desde o início da sua implantação em 2020, até o ano de 2030. O estudo concluiu que o desenvolvimento do 5G tem o potencial de gerar 42,4 bilhões de franco-suíços como saídas da cadeia de valor (TECH4I2, 2019). Esse resultado é esperado com a suposição que a Suíça alcance a taxa média global de implantação e de adoção das habilidades do 5G por parte dos cidadãos, empresas e governo. No entanto, como a Suíça alcançou taxas mais rápidas do que quase todos os países europeus de implantação das infraestruturas de rede 3G e 4G, essa é uma suposição válida.

Figura 4.9 – Capital gerado pelo 5G até 2030 em dólares.

Fonte: Modificado pelo autor (TECH4I2, 2019).

Nota-se, pelo gráfico da Figura 4.9, que o impacto é limitado nos primeiros anos de implantação e passa por uma ascensão rápida entre 2024 e 2030. Esse resultado procede, uma vez que nos primeiros anos a tecnologia não está bem difundida e há pouca adesão por parte dos usuários finais e empresas. Em contrapartida, passado esse primeiro contato, o esperado é que a disseminação seja mais fácil, logo o cronograma previsto para obter os benefícios 5G é relativamente rápido (TECH4I2, 2019).

A Tabela 4.1 apresenta o total de capital gerado pelo impacto do 5G e os empregos criados por cada um dos setores industriais estudados para a Suíça no ano de 2030 (TECH4I2, 2019). A manufatura é o setor com maior peso na geração de lucro na cadeia de valor do 5G e na criação de empregos, sendo 9,9 bilhões de franco-suíços e 137 mil empregos, respectivamente. A empresa de tecnologia Ericsson fez uma previsão que 19% da receita proveniente da digitalização industrial em 2026 será criada no setor de manufatura. Uma outra pesquisa feita pela Qualcomm prevê que o setor de manufatura representará 27% do capital gerado pelo 5G em 2035 (TECH4I2, 2019). Atrasos no desenvolvimento da rede 5G terão efeitos significativos na efetivação dos benefícios previstos. Por exemplo, um ano de atraso nos sete primeiros anos de desenvolvimento da tecnologia, levarão a uma perda acumulada de 3,1 bilhões de franco-suíços de receita. Já as perdas de emprego devido à atraso na produção, atingiriam 2820 empregos em 2025 (TECH4I2, 2019).

Tabela 4.1 – Impacto econômico por setor e empregos a ser gerados na Suíça em 2030.

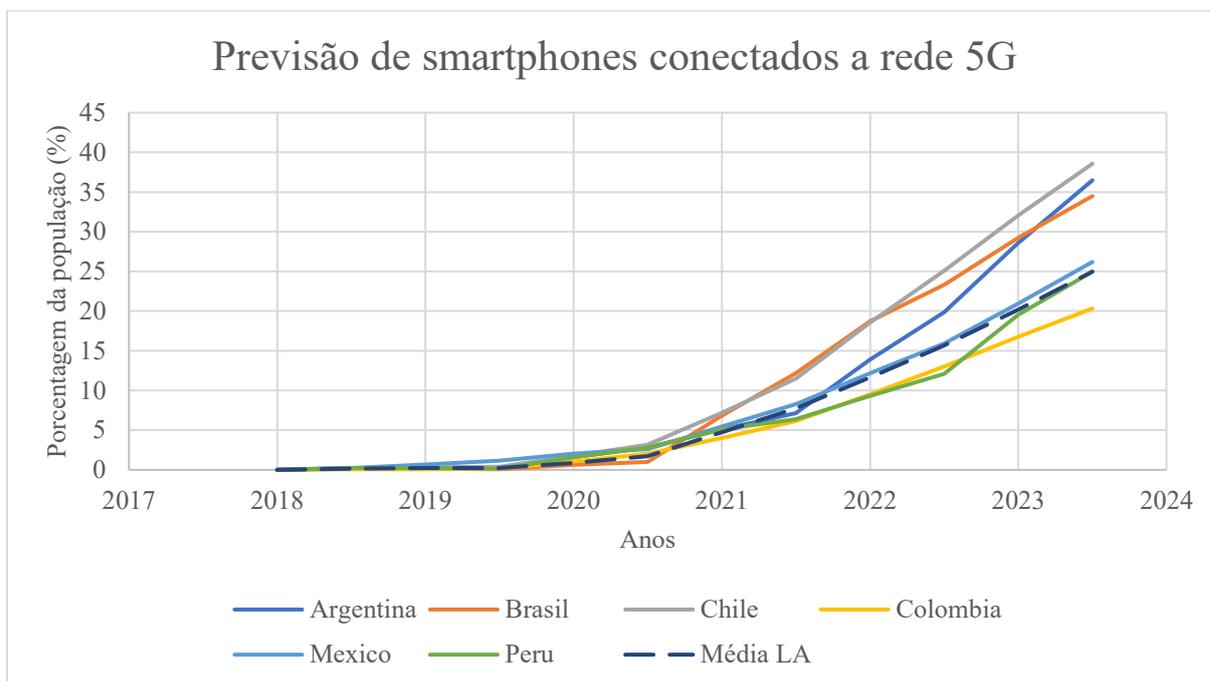
Setor	Impacto econômico (milhões de franco-suíços)	Empregos gerados	Porcentagem (%)
Manufatura	9990	20600	23,5
Informação e comunicação	4970	14350	11,7
Administração pública	4230	7750	10
Varejo	4040	15050	9,5
Finanças e seguro	3860	8650	9,1
Serviços profissionais	3700	18750	8,7
Transporte e estoque	3070	8900	7,3
Construção	2630	11500	6,2
Saúde e trabalho social	1710	12050	4,0
Utilidades	1550	1550	3,6
Imobiliário	1120	1200	2,7
Comida	740	7900	1,7
Agropecuário	430	4700	1,0
Arte e entretenimento	190	1700	0,4
Educação	150	2300	0,4
Mineração	50	110	0,1
Total	42400	137100	100

Fonte: Modificada pelo autor (TECH4I2, 2019).

4.4.5 América Latina

O desenvolvimento da tecnologia e a transição para rede 5G entre os países da América Latina estão visivelmente atrasados quando comparado aos países de primeiro mundo. Tal atraso é compreensível e pode ser justificado pela adoção tardia do 4G ainda. Segundo estudo recente divulgado pela Omdia, em parceria com a Nokia, na América Latina, até o final do ano de 2019, cerca de 52% das redes móveis eram 4G e 33% eram 3G (SWAIN, et al., 2020). A rede 2G ainda contava com uma parcela significativa de 13% de linhas, e provavelmente não desaparecerá até o ano de 2024.

O gráfico da Figura 4.10 mostra a evolução do ingresso do 5G através dos *smartphones* nos maiores países da América Latina, em um horizonte temporal de 2017 ao ano de 2024. Em 2024, a média de penetração da tecnologia entre os países latinos será de 17%, com alguns países alcançando 22% (SWAIN, et al., 2020).

Figura 4.10 – Porcentagem da população conectada à rede 5G pelo smartphone.

Fonte: Modificado pelo autor (SWAIN, et al., 2020).

O aumento expressivo da porcentagem de linhas 5G, principalmente nos últimos cinco anos da análise, implicam em uma cobertura populacional significativa de serviços 5G. É esperado que até o fim da década o nível de cobertura do 5G seja comparável ao que é visto hoje para o 4G. No entanto, é válido ponderar as diferenças entre áreas urbanas e rurais, ou mesmo entre áreas urbanas. A porcentagem de cobertura pode variar 15 ou mais pontos entre os grandes centros urbanos e cidade menores, além de existir zonas rurais sem nenhuma conexão 4G ainda (SWAIN, et al., 2020).

Segundo estimativas da Omdia, 50% da América Latina não está conectada a nenhum serviço de banda larga, cerca de 100 milhões de habitantes não possuem cobertura de rede. Por outro lado, estima-se também que 211 milhões de habitantes não assinam banda larga móvel ou fixa, apesar de haver cobertura, o que pode ser explicado pela falta de qualidade e baixa velocidade de navegação (SWAIN, et al., 2020).

A implantação da tecnologia 5G é esperada e motivada na América Latina pela promessa de transformação da economia existente. Há um consenso entre instituições acadêmicas, influenciadores, governos, que recursos naturais e agricultura continuarão como importante fonte de renda nos países latinos por um tempo. No entanto, é esperado que os países latinos diversifiquem suas fontes de renda e trabalho em atividades com maior valor agregado. Com a transformação digital serão oferecidos serviços menos poluentes e mais seguros para os

trabalhadores, além da possibilidade de aumentar a produtividade de atividades importantes como a agricultura, mineração e manufatura (SWAIN, et al., 2020).

De acordo com a pesquisa da Omdia, impacto econômico do 5G na América Latina será de 3,3 trilhões de dólares e o aumento de produtividade resultará em 8,7 bilhões de dólares em 2035. A Tabela 4.2 apresenta o capital gerado correspondente a cada setor industrial de cada um dos principais países da América Latina (SWAIN, et al., 2020).

Tabela 4.2 – Impacto econômico por setor industriais do 5G nos países latino-americanos.

Setor	Argentina	Brasil	Chile	Colômbia	Mexico	Peru	Total
Agricultura	33,6	76,8	10,5	15,1	33,7	11,0	180,7
Mineração	16,4	48,6	23,8	11,4	43,6	21,6	165,4
Manufatura	57,9	181,2	29,3	29,5	134,3	22,7	454,8
Utilidades	10,2	36,2	6,2	5,4	77,0	2,5	77,0
Construção	14,5	47,9	14,1	13,3	149,1	8,1	149,1
Varejo	23,5	88,2	10,4	17,6	75,3	8,1	223,1
Informação e comunicação	54,8	240,8	40,8	13,9	136,9	-	487,2
Finança	12,7	88,6	11,7	9,7	41,9	0,0	164,7
Imobiliário	19,8	68,1	10,2	9,8	51,9	0,0	159,8
Outros serviços	34,3	151,2	39,5	9,7	112,8	51,4	399,0
Governo	21,2	189,0	9,5	26,3	29,0	0,0	275,0
Entretenimento	3,1	0	0,0	3,9	2,9	0,0	9,9
Impacto econômico (bilhões de dólares)	301,9	1216,4	206,4	165,4	730,1	125,4	2745,6
Produtividade (bilhões de dólares)	778,4	3083,6	517,2	574,1	2121,1	401,3	7475,9

Fonte: (SWAIN, et al., 2020).

4.4.6 Brasil

O impacto econômico relativo ao desenvolvimento do 5G no contexto brasileiro é de cerca de 1,2 trilhões de dólares até 2035 e o aumento de produtividade contribuirá com mais 3 trilhões de dólares (SWAIN, et al., 2020). O setor público é um dos setores econômicos que mais contribuem para o produto interno bruto brasileiro. Conseqüentemente, as principais oportunidades de implementação do 5G estão em locais onde o governo é o principal investidor. Por exemplo, o país tem dificuldade em oferecer serviços públicos como educação e saúde especialmente em zonas rurais e áreas remotas. Cerca de 25% da população, aproximadamente 50 milhões de brasileiros, não tem acesso a assistência médica básica.

O principal problema é o acesso de profissionais de saúde nesses locais, desse modo a possibilidade de comunicação por áudio e vídeo pode estreitar a relação entre a população e

equipe médica. No entanto, tanto iniciativa privada quanto estatal vêm realizando esforços para fomentar o investimento no desenvolvimento da tecnologia 5G. A Associação Brasileira de Telecomunicações (Telebrás), associação privada com 65 instituições associadas, é responsável por representar os interesses do setor de telecomunicações no Brasil e promover seu desenvolvimento (5G PPP, 2020). Com esse objetivo, assinou um acordo com os países pioneiros em 5G com foco no desenvolvimento da tecnologia e determinação de padrões globais. Além disso, idealizou o projeto “5G Brasil” o qual conta com 20 instituições associadas, entre elas indústrias, universidades, centros de pesquisas e operadoras de telecomunicações, e tem como principal objetivo criar um ambiente propício para o desenvolvimento do 5G no Brasil.

Com esse intuito, o 5G Brasil visa viabilizar e estabelecer a comunicação entre o setor de tecnologia da informação e comunicação (TIC) e outras esferas do governo (como ANATEL), buscar apoio financeiro para disseminação e uso da tecnologia 5G, promover acordos de cooperação nacional e internacional para desenvolvimento e adoção da tecnologia e manter a relação com organizações de setores não TIC (também chamados setores verticais). A organização do 5G conta com um Comitê Gestor e cinco comissões temáticas: infraestrutura, regulação, casos de pesquisa e uso, espectro e normatização.

Quanto aos esforços da iniciativa pública, o governo federal firmou uma parceria com a Ericsson, empresa sueca desenvolvedora de tecnologia de telecomunicações, visando a construção de um centro de inovação com foco em IoT e 5G em São Paulo (FARIAS, 2019). Além disso, foi instituído o Plano Nacional de *Internet* das Coisas, que tem como objetivo implementar e desenvolver a *Internet of Things* no país, priorizando quatro verticais, cidades, saúde, rural e agricultura (FARIAS, 2019).

A agricultura no Brasil é uma indústria altamente produtiva e orientada para exportação, com efeito significativo em outras indústrias, como manufatura e serviços. Ao mesmo tempo que o setor possui companhias grandes e sofisticadas, competindo com mercados internacionais, de acordo com o IBGE existem 2400 fazendas no Brasil, com 10000 hectares ou mais, que utilizam técnicas de produção e mecanização *offline* (SWAIN, et al., 2020). Em 2018 a empresa brasileira Art Presse realizou uma pesquisa com o tema “Conectividade no Campo”, onde conversou com 77 agricultores e pecuaristas vindos de 12 estados do Brasil – SP, SC, GO, PR, RS, MT, MS, MG, RN, TO, BA e RO – sobre a qualidade da conexão móvel (CNA, 2018; ART PRESSE | ELSYS, 2018). O resultado da pesquisa mostrou que o sinal da internet na zona rural é considerado regular para 40% dos entrevistados, ruim para 38,46%, inexistente para 9,23%, boa para 7,29% e ótima para apenas 4,62% deles. Além disso, 84,42%

dos agropecuários responderam que seus negócios são prejudicados quando a conexão com internet falha ou é inexistente, justificando que quando isso acontece acarreta problemas como dificuldade de comunicar com clientes e fornecedores, obter previsões meteorológicas, monitoramento de plantações e criações, impedimento de ofertar os produtos em sites e de utilizar máquinas de cartão. Por fim, a pesquisa ainda explicitou o cenário dos principais tipos de conexão presentes no campo, sendo que 28,57% vêm de provedores de acesso de Internet via rádio, 22,08% da rede 3G das operadoras móveis, 16,88% são de banda larga via satélite, 6,49% banda larga fixa; 3,9% rede móvel 4G e 2,6% GPRS (CNA, 2018; ART PRESSE | ELSYS, 2018).

Desse modo, agricultura é um setor com uma extensa possibilidade de desenvolvimento e ganho de produtividade com a conexão 5G. As oportunidades para integrar o 5G abrangem todo o processo e possuem diversos casos de uso, como agricultura de precisão, sistemas de irrigação, sensores de equipamentos, entre outros (SWAIN, et al., 2020).

4.5 Considerações finais

Neste capítulo apresentou-se o estudo teórico do impacto econômico decorrente da implementação da quinta geração de telefonia móvel celular em algumas localidades de onde já tem informações mais claras sobre a tecnologia. Espera-se que o levantamento e agrupamento de tais informações sejam as principais contribuições desse trabalho.

Capítulo 5

CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

A partir do estudo teórico do impacto econômico decorrente da implementação da quinta geração de telefonia móvel celular foi possível concluir que há um consenso no meio científico sobre o efeito positivo da banda larga móvel 5G na economia global, por meio dos impactos nos níveis do PIB e aumentos de emprego. É esperado que o 5G ofereça novos e exclusivos recursos tecnológicos, com impactos econômicos ainda maiores que os das gerações anteriores. As evidências indicam benefícios materiais para empresas na forma de maior produtividade e para os consumidores através de acesso a serviços inovadores e aplicativos.

A nova geração da banda larga móvel pode aumentar a produtividade economizando tempo, facilitando formas mais eficientes de trabalhar e aumentando as oportunidades de trabalho em casa, embora esses impactos possam ser difíceis de quantificar. Enquanto os consumidores podem ter acesso a serviços novos e aprimorados em setores como transporte, saúde, mídia e entretenimento e serviços públicos. Além disso, uma série de benefícios sociais também podem ser alcançados, desde melhorias na segurança pública até o meio ambiente.

A literatura sobre casos de uso do 5G identifica uma gama de possíveis aplicações em diferentes setores da economia com grande potencial de benefícios, principalmente por conta da capacidade do 5G de oferecer larguras de banda mais altas, serviço confiável de baixa latência e conectividade IoT em grande escala.

É necessário ressaltar, portanto, que existe certa incerteza quanto a magnitude e natureza de alguns impactos, que pode ser justificado pela literatura relativamente limitada sobre a nova geração de banda larga móvel e devido as diferentes abordagens metodológicas usadas.

Por fim, é importante pontuar também que esses benefícios não são garantidos. Os governos precisam apoiar a implantação do 5G, comercializando os espectros relevantes e

apoiando a criação de novos sites de estações base. As operadoras de telecomunicação devem investir intensamente em novas redes e serviços 5G, além de oferecer valores atraentes sobre esses serviços para que a maioria das organizações e dos usuários finais possam usufruir.

5.2 Propostas de trabalhos futuros

Até o presente momento, o 5G no Brasil ainda está em fase de testes em locais pré-determinados. Desse modo, ainda não é possível realizar um levantamento do impacto econômico decorrente da implementação da quinta geração de telefonia móvel celular em nosso contexto específico. Por esse motivo, sugere-se como trabalhos futuros o estudo econômico do 5G em locais onde os testes do 5G já vem sendo realizados e posteriormente um estudo mais detalhado com a tecnologia começar a ser difundida em território nacional.

REFERÊNCIAS

5G PPP. **Global 5G Actions The 5G Infrastructure Public Private Partnership**. 2020. Disponível em: <https://5gppp.eu/global5Gactions/>. Acesso em: 29 mai 2022.

ACCENTURE. **The Impact of 5G on the United States Economy**. Accenture Strategy, 2021.

ALVES M.H.P. e MENDES L.L. **Levantamento dos cenários de utilização das redes 5G**. XXXIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações. SBrT2015, 2015. Juiz de Fora, 2015.

ART PRESSE | ELSYS. **Pesquisa Conectividade no Campo Art Presse**. 2018. Disponível em: https://artpresse.com.br/wpcontent/uploads/2018/08/PesquisaArtPresse_Conectividade_nocampo.pdf. Acesso em: 29 mai 2022.

BANERJEE Aniruddha [et al.]. **The 5G Economy in a PostCOVID19 Era. The role of 5G in a postpandemic world economy**. IHS Markit | Omdia, 2020.

BOREAU OF COMMUNICATION AND ARTS RESEARCH. **Impacts of 5G on productivity and economic growth**. Bureau of Communications and Arts Research, 2018.

BRASIL. Ministério das Comunicações. Agência Nacional de Telecomunicações. **Resolução nº 742, de 01 de março de 2021. Regulamento Sobre Condições de Uso da Faixa de Radiofrequência de 3,5GHz**. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2021/1512resolucao742>, 2021. Acesso em 05 de junho de 2022.

BUCHHOLZ Katharina. **Where 5G Technology Has Been Deployed** statista. 2021. Disponível em: <https://www.statista.com/chart/23194/5gnetworksdeploymentworldmap/>. Acesso em: 01 mai 2022.

CAMPBELL Karen et al. **The 5G Economy: How 5G Technology Will Contribute to the Global Economy**. IHS Economics & IHS Technology, 2017.

CHECKO Aleksandra e CIELOCH Robert. **5G: Cost or Saving**. Varsóvia : ISWireless, 2019.

CHOW Wilson, TANDETZKI Thomas e MEAKIN Rolf. **The global economic impact of 5G**. PwC, 2021.

CISCO. **Cisco Annual Internet Report (2018–2023)**. White Paper Cisco, 2020.

CNA. **Pesquisa: a importância da Internet no agronegócio CNABrasil**. 2018. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/noticias/pesquisaaimportanciadainternetnoagronegocio>. Acesso em: 29 mai 2022.

DELOITTE. **The impacts of mobile broadband and 5G**. 2018.

EUROPEAN COURT OF AUDITORS. **5G rollout in the EU: delays in deployment of networks with security issues remaining unresolved.** Luxemburgo, 2022.

FARIAS Guilherme Francisco de. **5G – Redes de Comunicações Móveis de Quinta Geração, Tecnologia, Aplicações e Mercado.** Palhoça : Universidade do Sul de Santa Catarina, 2019.

FUCHUAN Zhao. **Challenges and Trends for 5G Transport.** ZTE, 2018.

GALAL Hazem e O'HALLORAN Derek. **The Impact of 5G: Creating New Value Across Industries and Society.** Genebra/Cologne : World Economic Forum, 2020.

GHOSH Amitabha [et al.]. **5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology Beyond 3GPP Release 15.** in IEEE Access. 2019. pp. 127639127651, 2019 : Vol. 7.

GRIJPKIN Ferry. **The road to 5G: The inevitable growth of infrastructure cost.** McKinsey & Company, Technology, Media & Telecommunications Report, 2018.

GSMA Intelligence. **Intelligence Brief: How much will 5G cost?.** abril de 2019. Disponível em: <https://www.mobileworldlive.com/blog/intelligencebriefhowmuchwill5Gcost>. Acesso em: 28 mar 2022.

INTERVIEW GIG. **The evolution of mobile phone generations: 0G to 5G.** 2020. Disponível em: <https://www.interviewgig.com/theevolutionofmobilephonegenerations0gto5g/>. Acesso em: 06 abr 2021.

MACCARTNEY, G. R.; T. S. RAPPAPORT; SUN, S.; DENG, S. **Indoor Office Wideband MillimeterWave Propagation Measurements and Channel Models at 28 and 73 GHz for UltraDense 5G Wireless Networks.** in IEEE Access, 2015. Vol. 3 : pp. 23882424. 2015.

MOREIRA Lourival. **5G: Uma Visão Geral da Tecnologia.** 2019. Disponível em: <https://tudosobriotech.com.br/5Gumavisaogeraldatecnologia/>. Acesso em: 26 mar 2022.

RED HAT. **What is softwaredefined networking?.** Red Hat. 2020. Disponível em: <https://www.redhat.com/en/topics/hyperconvergedinfrastructure/whatissoftwaredefinednetworking>. Acesso em: 01 mar 2022.

ROBERTS, Mike ; SIEGLE, Ed; WATSON, Julian; SIMS, Gereth. **5G Impact 2030 The impact of 5G on the economy, employment, and emissions in France, Spain, Poland, Belgium, and Romania in 2030.** Omdia, 2021.

SAMDANIS Konstantinos, COSTAPÉREZ Xavier e SCIANCALEPORE Vincenzo. **From Network Sharing to Multitenancy: The 5G Network Slice Broker.** IEEE Communications Magazine, 2016.

SHANNON C.E. **A Mathematical Theory of Communication.** 1948. Vol. 27 : pp. 379423.

SILVA Bernardo. **5G: O que é e qual sua importância política?.** 2020. Disponível em: <https://www.politize.com.br/5goquee/>. Acesso em: 27 mar 2022.

SPADINGER Robert. **Implementação da Tecnologia 5G no Contexto da Transformação Digital e Industria 4.0.** Brasília : Livraria Ipea, 2021. 79.

SUARDI Stefano e CASTELLS Pau. **The SocioEconomic Benefits of MidBand 5G Services**. GSMA Intelligence, 2022.

SWAIN Wally, LOPES Ari e AGNESE Sonia. **Why 5G in Latin America? A call to action for Latin American operators and policymakers**. Omdia | Nokia, 2020.

TECH4I2. **5G socioeconomic impact in Switzerland**. Swiss Telecommunications Association, 2019.

TREVISAN Cláudia. **5G Revolucionará Indústria, Serviços e Agronegócio**. Interesse Nacional, 2020.

TURNER Ash. **How many smartphones are in the world? Bank My Cell**. 2021. Disponível em:
<https://www.bankmycell.com/blog/howmanyphonesareintheworld#1579705085743b3697bdb9a8f>. Acesso em: 01 mar 2022.

V&S BLOG. **Afinal, o que é a tecnologia 5G e como ela impacta a indústria?**. 2021. Disponível em: <https://www.verzani.com.br/blog/5G/>. Acesso em: 06 abr 2021.

VARAS Antonio [et al.]. **5G Promises Massive Job and GDP Growth in the US**. Boston : Boston Consulting Group, 2021.

VERGARA Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. Rio de Janeiro : Atlas, 2000.

VIAVI. **Arquitetura do 5G**. 2020. Disponível em:
<https://www.viavisolutions.com/ptbr/arquiteturado5g>. Acesso em: 01 mar 2022.