

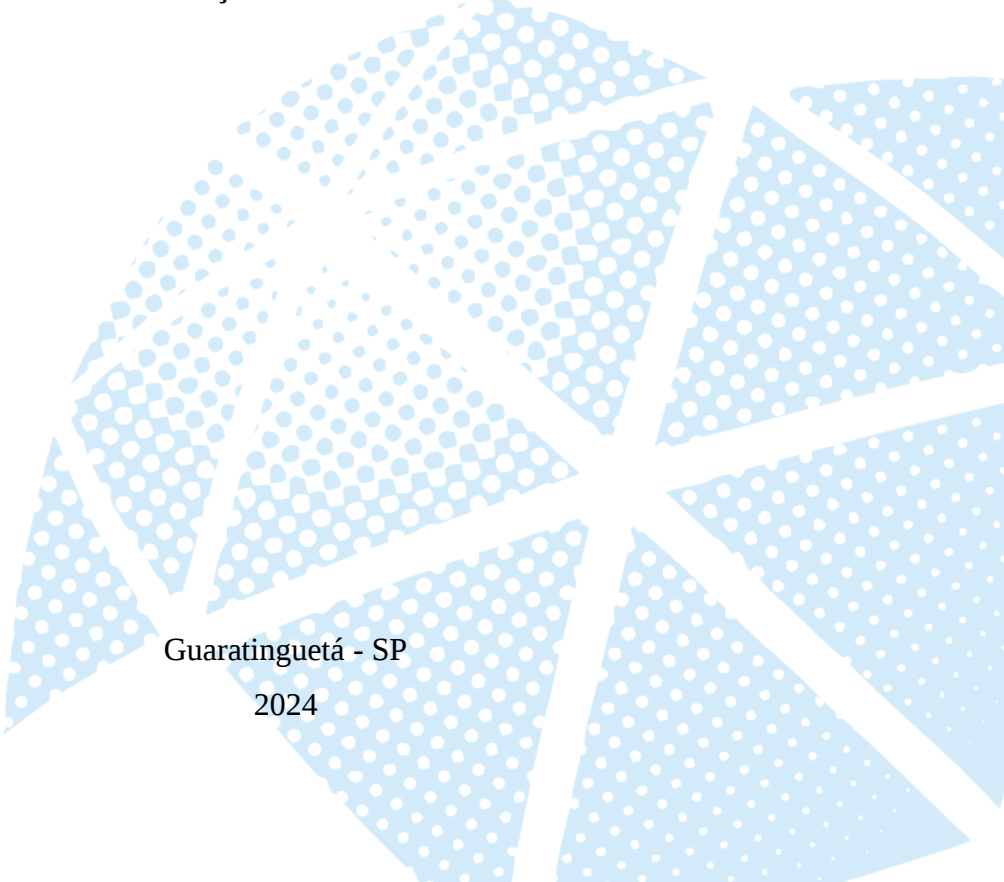
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

VINÍCIUS PESTANA CORRÊA NUNES

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS TECNOLOGIAS INSTALADAS NOS
CELULARES NO AVANÇO DA TECNOLOGIA WI-FI**

Guaratinguetá - SP

2024



VINÍCIUS PESTANA CORRÊA NUNES

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DAS TECNOLOGIAS INSTALADAS NOS
CELULARES NO AVANÇO DA TECNOLOGIA WI-FI**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Engenharia e
Ciências, Guaratinguetá, para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Augusto
Marcondes dos Santos

Coorientador(a): Prof. Dr. Teófilo
Miguel de Souza

Guaratinguetá - SP

2024

N972e

Nunes, Vinícius Pestana Corrêa

Estudo da influência das tecnologias instaladas nos celulares no avanço da tecnologia Wi-Fi / Vinícius Pestana Corrêa Nunes - Guaratinguetá, 2024.

72 f : il.

Bibliografia: f. 68-72

Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Marcondes dos Santos

1. Smartphones. 2. Telecomunicações. 3. Inclusão digital. 4. Internet das coisas. I. Título.

CDU 621.39

Vinícius Pestana Corrêa Nunes

**Estudo da influência das tecnologias instaladas nos celulares no avanço da
tecnologia Wi-Fi**

TCC apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Guaratinguetá, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Data da defesa: 13/11/2024

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Carlos Augusto Marcondes dos Santos
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Guaratinguetá



Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Guaratinguetá



Prof. Dr. Thais Santos Castro
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Campus de Guaratinguetá

DADOS CURRICULARES

VINÍCIUS PESTANA CORRÊA NUNES

NASCIMENTO 23.09.1999 – São Paulo / SP

FILIAÇÃO Marcio Corrêa Nunes
Luciana Pestana Barbosa

aos meus avós, por terem sempre me apoiado e dado todo o suporte para desenvolver meu potencial, me dando as ferramentas para enfrentar cada etapa dessa caminhada acadêmica e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha família, à minha mãe, Luciana Pestana Barbosa, ao meu pai, Marcio Corrêa Nunes, e aos meus avós, Luciano Pestana Barbosa e Maria Cecília Correa de Moraes Pestana Barbosa, pela presença constante e apoio incondicional ao longo de toda a minha jornada.

ao meu orientador, Prof. Carlos Augusto Marcondes dos Santos, pela orientação, dedicação e confiança no meu potencial ao longo deste projeto,

aos amigos da UNESP e companheiros de república, por compartilharem comigo essa jornada, oferecendo apoio nos momentos desafiadores e celebrando as conquistas,

aos funcionários do Campus de Guaratinguetá, ao corpo docente e profissionais da limpeza pelo apoio e serviços prestados,

por fim, agradeço a mim mesmo pela determinação e resiliência ao longo de cada desafio enfrentado neste caminho.

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas.”

Carl Sagan

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a relação entre o avanço das tecnologias instaladas em smartphones e o impacto que esse progresso exerce sobre a evolução das redes Wi-Fi no Brasil. A crescente utilização de dispositivos móveis, especialmente celulares de última geração, impulsiona a demanda por conexões de internet mais rápidas e estáveis, o que acelera a adoção de tecnologias mais avançadas, como o 5G e os novos padrões de Wi-Fi. A análise dos dados de vendas de dispositivos, políticas de certificação da Anatel e previsões de investimento em infraestrutura tecnológica revela que os smartphones desempenham um papel importante na implementação dessas novas tecnologias. Além disso, o estudo demonstra que os investimentos em tecnologias móveis promovem o avanço do Wi-Fi, uma vez que os consumidores exigem maior qualidade e cobertura de rede. Outro aspecto relevante é o impacto social dessas inovações, que incluem desde a expansão da internet das coisas (IoT) até o aumento da inclusão digital por meio de políticas públicas voltadas para a universalização do acesso à internet. O estudo destaca que, apesar do progresso, barreiras como o custo elevado dos dispositivos e a infraestrutura desigual em áreas mais remotas ainda limitam o pleno aproveitamento dessas tecnologias. Após a pesquisa é possível concluir que o investimento em tecnologias para smartphones tem um papel crucial no desenvolvimento das redes Wi-Fi, sendo essencial para o progresso das telecomunicações no país.

PALAVRAS-CHAVE: Smartphones; Tecnologia; Wi-Fi; 5G; Infraestrutura; Telecomunicações; Inclusão digital; Internet das Coisas (IoT); Políticas públicas; Expansão; Redes móveis.

ABSTRACT

This paper aims to analyze the relationship between the advancement of smartphone technologies and the impact this progress has on the evolution of Wi-Fi networks in Brazil. The increasing use of mobile devices, especially next-generation smartphones, drives the demand for faster and more stable internet connections, accelerating the adoption of advanced technologies such as 5G and new Wi-Fi standards. Analyzing data on device sales, certification policies from Anatel, and infrastructure investment forecasts reveals that smartphones play a crucial role in the implementation of these new technologies. Furthermore, the study shows that investments in mobile technologies promote the development of Wi-Fi networks, as consumers demand higher quality and broader network coverage. Another significant aspect is the social impact of these innovations, ranging from the expansion of the Internet of Things (IoT) to increased digital inclusion through public policies aimed at universal internet access. The study highlights that, despite the progress, barriers such as the high cost of devices and unequal infrastructure in more remote areas still limit the full utilization of these technologies. The research concludes that investment in smartphone technologies is essential to driving the development of Wi-Fi networks, which is crucial for advancing telecommunications in the country.

KEYWORDS: Smartphones; Wi-Fi; Technology; 5G; Telecommunications; Infrastructure; Digital inclusion; Internet of Things (IoT); Public policies; Mobile network; Expansion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede modo BSS, ad hoc, WDS e MBSS.	34
Figura 2 – Linha do tempo das gerações Wi-Fi.....	35
Figura 3 – Vendas globais de smartphones no 2º trimestre de 2024, top 10 mais vendidos.....	46
Figura 4 – Top 10 smartphones mais vendidos da América Latina no 2º trimestre de 2024.	47
Figura 5 – Consolidação dos Indicadores Estratégicos.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tecnologia de rede e conectividade da última geração de smartphones.	39
Tabela 2 – Pontuação IDI dos EUA.	45
Tabela 3 – Pontuação IDI do Brasil.....	45
Tabela 4 – Valores de celulares em relação ao salário mínimo de cada país.	48
Tabela 5 – Comparação das redes móveis suportadas e as tecnologias Wi-Fi incorporadas em cada dispositivo.	53
Tabela 6 – Características dos padrões Wi-Fi..	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABERT	Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão
ACSP	Associação Comercial de São Paulo
EBU	European Broadcasting Union
EFD	Estratégia Federal de Desenvolvimento
ERB	Estações Rádio Base
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBPT	Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDI	Índice de Desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IoT	Internet das Coisas
LAN	Local Area Network
M2M	Máquina a Máquina
ONU	Organização das Nações Unidas
OSI	Modelo de Interconexão de Sistemas Aberta
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PAIS	Projeto Amazônia Integrada e Sustentável
PERT	Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações
PIB	Produto Interno Bruto
PPA	Plano Plurianual da União
PPP	Prestadoras de Pequeno Porte
Q2	Segundo Trimestre
SET	Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão
SM	Salário Mínimo
TAC	Termos de Ajustamento de Conduta
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UIT	União Internacional de Telecomunicações

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	TELECOMUNICAÇÃO: DEFINIÇÕES, TECNOLOGIAS E ÓRGÃOS	16
3.1.1	Telecomunicação.....	16
3.1.2	Rede de telecomunicação	16
3.1.3	Rede móvel.....	16
3.1.4	Órgãos internacionais	17
3.1.5	Órgãos nacionais	18
3.2	INTERNET: BANDA LARGA E TIC	20
3.2.1	Acesso à internet	20
3.2.2	Índice de desenvolvimento das TICs.....	22
3.2.3	Importância dos dispositivos e infraestruturas	23
3.3	ANATEL: 5G, POLÍTICAS E METAS.....	25
3.3.1	Expansão do 5G.....	26
3.3.2	Expansão da oferta e dos investimentos em infraestrutura	26
3.3.3	Políticas públicas.....	28
3.3.4	Objetivos e metas estratégicas de resultado	30
3.4	WI-FI: GERAÇÕES E AVANÇOS	31
3.4.1	Padrão IEEE 802.11	33
3.4.2	Wi-Fi 5 e anteriores.....	34
3.4.3	Wi-Fi 6	35
3.4.4	Wi-Fi 7	36
3.5	APARELHOS CELULARES	38
3.5.1	Última geração	38
3.5.2	Demanda comercial.....	39
3.5.2.1	<i>Global</i>	39
3.5.2.2	<i>América Latina</i>	39
3.5.3	Impostos	40
3.5.4	Certificação de Estação Terminal de Acesso e de Telefone Móvel Celular	40

4	METODOLOGIA	42
5	ESTUDO TEÓRICO.....	43
5.1	5G NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL	43
5.2	SMARTPHONES NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL	45
5.2.1	Custo dos dispositivos	46
5.2.2	Acessibilidade nacional	48
5.3	WI-FI NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL	48
5.4	RELAÇÃO ENTRE WI-FI E 5G	50
5.5	RELAÇÃO ENTRE SMARTPHONES E TECNOLOGIAS WI-FI	51
5.6	PREVISÃO DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA	54
5.7	PREVISÃO DE INVESTIMENTOS EM DISPOSITIVOS	57
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
6.1	INFLUÊNCIAS DOS CELULARES NO AVANÇO DAS TECNOLOGIAS DE WI-FI	58
6.2	IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS WI-FI.....	59
6.3	POTENCIAIS IMPACTOS SOCIAIS	61
6.4	INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA	63
6.5	INVESTIMENTO EM DISPOSITIVOS	64
7	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

Os aparelhos celulares se tornaram parte integral das nossas vidas atualmente, sempre passando por inúmeras revoluções e avanços em suas tecnologias (INTERVIEW GIG, 2023). De acordo com a tese de Carneiro, 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.

O mercado de dispositivos móveis está experienciando um crescimento incrível, e o uso de dados móveis estão disparando para níveis jamais antes vistos. Conforme esse aumento na utilização de dispositivos móveis continua, a maneira como a nova tecnologia Wi-Fi está sendo adotada também está mudando com ele. Operadoras de rede e fabricantes de smartphones estão começando a incorporar novas tecnologias muito mais cedo do que nunca. Smartphones estão prontos para se beneficiar muito com o que há de mais recente em Wi-Fi, e estão prestes a se tornar um dos principais impulsionadores de suas tecnologias (DE VEGT, 2013).

No artigo publicado por de Vegt (2013), ele afirma como os smartphones já se tornaram o principal vetor da inovação em tecnologia em todo o mundo e o Wi-Fi não é exceção. O Wi-Fi é uma área clara onde o impacto imenso dos dispositivos móveis na indústria de alta tecnologia pode ser visto, e a importância dos dispositivos móveis só aumentará com o tempo.

De acordo com a própria Anatel em seu relatório anual de 2023, cerca de 82,5% dos acessos a banda larga móvel foram feitos utilizando a tecnologia 4G, sendo a porcentagem de habitantes com acesso à internet estimado em 84,15, a cada grupo de 100 habitantes.

Segundo Adami (2023), a expansão do acesso às telecomunicações tem se dado, essencialmente, pela ação do mercado e sobretudo por meio de dispositivos móveis (celulares) e que a ideia de universalização, em sua essência, deve transcender as forças de mercado, deve ser algo ligado à realização dos objetivos sociais da regulação econômica e se materializa em política pública.

Seria possível abordar o tema da universalização a partir da ótica fiscal, que desempenha um papel importante em qualquer política de inclusão digital. Afinal, não se desconhece que a fruição do serviço de telecomunicações depende necessariamente da intermediação de um terminal, como um smartphone. Portanto, é igualmente inegável que o custo desses terminais pode representar, por si só, uma barreira ao acesso universal às telecomunicações (ADAMI, 2023).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a relação entre o avanço das tecnologias instaladas em smartphones e o impacto que esse progresso exerce sobre a evolução das redes Wi-Fi no Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar como o crescimento do uso de smartphones de última geração influencia a implementação de novas tecnologias Wi-Fi no Brasil;
- Avaliar as políticas públicas e regulamentações da Anatel que impactam o desenvolvimento das redes móveis e Wi-Fi no país;
- Analisar o impacto dos investimentos em infraestrutura tecnológica no avanço das redes móveis e Wi-Fi em diferentes regiões do Brasil;
- Explorar os potenciais impactos sociais decorrentes da expansão das tecnologias móveis e Wi-Fi, incluindo a inclusão digital e a disseminação da Internet das Coisas (IoT).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TELECOMUNICAÇÃO: DEFINIÇÕES, TECNOLOGIAS E ÓRGÃOS

3.1.1 Telecomunicação

As telecomunicações constituem o ramo da engenharia elétrica que trata do projeto, da implantação e da manutenção dos sistemas de comunicações e têm por objetivo principal atender à necessidade do ser inteligente de se comunicar a distância (MEDEIROS, 2018).

Segundo Medeiros (2018), através dos sistemas de comunicações, os assinantes, usuários ou correspondentes trocam informações, operando equipamentos terminais, elétricos ou eletrônicos, tecnicamente compatíveis com o sistema. As informações fluem pelos canais de comunicações como fio, rádio ou fibra óptica, na forma de sinais elétricos ou eletromagnéticos.

3.1.2 Rede de telecomunicação

Uma rede é a combinação de dois ou mais computadores e seus elos de conexão. Uma rede física é o *hardware* (equipamentos como adaptadores, cabos e linhas telefônicas) que compõe a rede. O *software* e o modelo conceitual compõem a rede lógica (IBM, 2022).

Uma rede deve ser entendida como a infraestrutura do sistema de comunicações (MEDEIROS, 2018).

A IBM (2022) afirma em sua publicação que a complexidade das redes de computadores modernas resulta em vários modelos conceituais para explicar como funcionam as redes. Um dos mais comuns destes modelos é o Modelo de Interconexão de Sistemas Aberta (OSI).

3.1.3 Rede móvel

Em sua obra, Medeiros (2018) descreve rede móvel como um sistema de comunicações sem fio, *wireless*, constituído de rádios móveis, terminais dos usuários (celulares), e estações rádio base (ERB) fixas. Através da ERB, um radiomóvel se liga com outro radiomóvel, A fala com B, ou com qualquer telefone da rede fixa por uma central telefônica à qual a ERB está ligada.

Segundo Fiorese (2005), o nome celular é proveniente de uma rede formada por células; as células são estações rádio base ou antenas com capacidade de cobertura limitada a uma determinada região; para formar uma rede com cobertura abrangente utilizam-se várias células.

As células podem ser maiores ou menores e sua capacidade de transmissão de dados simultâneos, ou seja, a quantidade de celulares que consegue atender simultaneamente na região a que se destina, urbana ou rural, dependerá da potência dos sinais, da quantidade de telefones que podem ser tratados simultaneamente nos circuitos instalados, bem como do tipo de tecnologia de interface aérea sendo utilizada (FIORESE, 2005).

Um conjunto de células forma uma rede de cobertura celular ou rede de cobertura *wireless*, em que estas células comunicam-se entre si através de centrais telefônicas de comutação, muito parecidas com as centrais da rede de comunicação fixa (FIORESE, 2005).

Os sistemas de comunicação móvel são essenciais para uma sociedade conectada. Ao contrário das redes de comunicação fixa, que operam apenas em locais específicos, os sistemas de comunicação móvel permitem conexões em qualquer momento e lugar, principalmente por meio de dispositivos como celulares e smartphones (INTERVIEW GIG, 2023).

3.1.4 Órgãos internacionais

União Internacional de Telecomunicações (UIT)

Segundo a própria UIT (2024), eles são uma agência especializada das Nações Unidas para tecnologias de informação e comunicação (TICs), composta por 194 Estados Membros e mais de 1000 empresas, universidades e organizações internacionais e regionais. Sua sede está localizada em Genebra, Suíça, e possui escritórios regionais em todos os continentes. A UIT é a agência mais antiga da família da Organização das Nações Unidas (ONU), conectando o mundo desde o surgimento do telégrafo em 1865.

A UIT tem como objetivo facilitar a conectividade internacional nas redes de comunicação. Eles desenvolvem os padrões técnicos que garantem que as redes e tecnologias se conectem de forma harmoniosa e trabalham para melhorar o acesso às tecnologias digitais em comunidades subatendidas em todo o mundo (UIT, 2024).

A UIT coleta e dissemina dados essenciais e realiza pesquisas de classe mundial para monitorar e entender a transformação digital em nível global (UIT, 2024).

European Broadcasting Union (EBU)

De acordo com a União Europeia de Radiodifusão (2024), eles são a principal aliança mundial de mídia de serviço público (PSM), com 113 organizações membros em 56 países e mais 31 associados na Ásia, África, Australásia e Américas.

A EBU busca garantir um futuro sustentável para a mídia de serviço público, fornecendo aos seus membros conteúdo de classe mundial, desde notícias a esportes e música, baseando-se na ética de solidariedade e cooperação para criar um centro de aprendizado e compartilhamento (EBU, 2024).

Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE)

O IEEE (2024) se descreve como a maior organização profissional técnica do mundo, dedicada a promover a tecnologia para o benefício da humanidade. O IEEE e seus membros buscam inspirar uma comunidade global por meio de suas publicações amplamente citadas, conferências, padrões tecnológicos e atividades profissionais e educacionais.

O IEEE é um dos principais desenvolvedores de padrões internacionais que sustentam muitos dos produtos e serviços de telecomunicações, tecnologia da informação e geração de energia atuais. Eles são, frequentemente, a principal fonte de padronização em uma ampla gama de tecnologias emergentes. Isso inclui os renomados padrões IEEE 802 para redes locais, metropolitanas e outras redes de área, como *Ethernet* e *Local Area Network* (LAN) sem fio (IEEE, 2024).

3.1.5 Órgãos nacionais

Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão (Abert)

A ABERT nasceu da luta contra os vetos do presidente João Goulart ao Código Brasileiro de Telecomunicações, aprovado pelo Congresso Nacional, em 1962. Ao procurar os jornalistas Roberto Marinho (Rádio Globo do Rio de Janeiro) e Nascimento Brito (Rádio Jornal do Brasil), João de Medeiros Calmon, presidente do Sindicato de Empresas de Radiodifusão do Rio de Janeiro, cria um grupo de trabalho para discutir os vetos. Os participantes do encontro foram responsáveis não só pela derrubada dos 52 vetos, como

também pela formação da Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão (ABERT, 2024).

Fundada em 27 de novembro de 1962, dia da apreciação dos vetos, a ABERT nasce como uma sociedade civil sem fins econômicos, de duração indeterminada, constituída por empresas de radiodifusão autorizadas a funcionar no País. Tem como principal objetivo a defesa da liberdade de expressão, em todas as suas formas, bem como dos interesses das emissoras de radiodifusão, suas prerrogativas como executoras de serviços de interesse público, assim como seus direitos e garantias (ABERT, 2024).

Sociedade Brasileira de Engenharia de Televisão (SET)

A SET, fundada em 25 de março de 1988, é uma associação técnico-científica sem fins lucrativos de profissionais de engenharia, tecnologia, operação, pesquisa e atividades fins, instituições de ensino e empresas, e tem por finalidade a difusão de conhecimentos técnicos, operacionais e científicos e o aperfeiçoamento das tecnologias das mídias eletrônicas de áudio e vídeo (SET, 2024).

Ministério das Comunicações

O Ministério das Comunicações é um órgão da administração federal direta que foi criado em junho de 2020, a partir do desmembramento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. A pasta foi criada com o objetivo de fortalecer as áreas de política nacional de telecomunicações, política nacional de radiodifusão; e, serviços postais, telecomunicações e radiodifusão (Ministério das Comunicações, 2024).

Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel)

Criada pela Lei Geral de Telecomunicações (Lei 9.472, de 16 de julho de 1997), a Anatel foi a primeira agência reguladora a ser instalada no Brasil, em 5 de novembro de 1997. Conforme estabelece a Lei 9.472/1997, a Anatel é uma entidade integrante da Administração Pública Federal indireta, submetida a regime autárquico especial e vinculada ao Ministério das Comunicações. É administrativamente independente e financeiramente autônoma (ANATEL, 2024).

A Agência trabalha com o objetivo de promover o desenvolvimento das telecomunicações do país de modo a dotá-lo de uma moderna e eficiente infraestrutura de telecomunicações, capaz de oferecer à sociedade serviços adequados, diversificados e a preços justos, em todo o território nacional (ANATEL, 2024).

3.2 INTERNET: BANDA LARGA E TIC

3.2.1 Acesso à internet

De acordo com a UIT (2023), em 2023, 67% da população mundial (5,4 bilhões de pessoas) acessaram a internet, enquanto 33% (2,6 bilhões de pessoas) ainda permanecem desconectadas. Apesar do crescimento no número de usuários de internet, a UIT destaca a necessidade de intensificar os esforços para garantir uma conectividade universal e significativa até 2030, reforçando a importância de um progresso sustentável nesse sentido.

Segundo estimativas da UIT (2023), o crescimento da conectividade à internet tem sido mais acelerado em países de baixa renda, com um aumento de 3 pontos percentuais (de 24% em 2022 para 27% em 2023). No entanto, menos de um terço da população nesses países está conectada à internet. Em contraste, em nações mais desenvolvidas, como Estados Unidos, Austrália e Coreia do Sul, o acesso à internet supera 90% da população. Além disso, as taxas de penetração dos acessos fixos são significativamente mais baixas do que as dos acessos móveis, especialmente nos países de baixa renda.

Enquanto as conexões fixas são comuns em residências de países de rendas média alta e alta, elas são quase inexistentes em países de baixa renda, devido aos preços altos e à falta de infraestrutura (ANATEL, 2024).

Embora o número de assinantes de banda larga fixa continue a crescer, a banda larga móvel permanece como a principal plataforma de acesso à internet, especialmente em países de baixa renda. Isso ocorre devido à limitada oferta de serviços e aos preços mais elevados, particularmente para aqueles que vivem fora dos grandes centros urbanos (ANATEL, 2024).

É fundamental lembrar que a pandemia de Covid-19 agravou ainda mais a situação no Brasil, evidenciando as desigualdades de condição social. Durante o confinamento, milhares de crianças e adultos das periferias e de classes mais pobres não puderam estudar, acessar informações, ler conteúdos educativos ou informativos de qualidade, nem desfrutar de momentos de lazer. Isso se deve à falta de acesso, tanto físico quanto econômico, às redes de

banda larga, meio pelo qual hoje se acessa a internet em dispositivos como telefones celulares, tablets e aparelhos de televisão conectados (ADAMI, 2023).

Com dados fornecidos pela UIT (2023), para o consumidor médio de um país de baixa renda, o pacote mais acessível de banda larga móvel corresponde a 8,6% de sua renda total, um valor 6,6 vezes superior à média mundial (1,3%). Já o custo da internet de banda larga fixa chega a representar 31,3% de seus rendimentos, enquanto em países de alta renda esse gasto é de apenas 1% da renda dos consumidores.

Utilizando o banco de dados da UIT (2024), podemos ver um aumento percentual de 3,7 pontos, de 80,5% em 2022 para 84,2% em 2023, em relação aos indivíduos com conectividade à internet no Brasil. Para o consumidor médio brasileiro, o pacote mais acessível de banda larga móvel corresponde a 0,81% de sua renda total. Já o custo da internet de banda larga fixa chega a representar 2,7% de seus rendimentos.

No relatório anual de gestão da Anatel (2023), é apresentada a quantidade de acessos dos serviços de banda larga móvel e banda larga fixa, por grupo de cem habitantes, no Brasil no final de 2022. Em relação a banda larga móvel, a quantidade de acessos foi de 93,1 a cada grupo de cem habitantes, nos colocando na 80ª posição num ranking global. Sobre a banda larga fixa, a quantidade de acessos foi de 21,0 a cada grupo de cem habitantes, nos colocando na 69ª posição num ranking global.

No final de 2023, o Brasil registrou 235,5 milhões de acessos à banda larga móvel, representando um crescimento de 4,1% em comparação ao ano anterior. Esses acessos foram distribuídos entre as seguintes tecnologias: 4G (82,5%), 3G (8,8%) e 5G (8,7%) (ANATEL, 2024).

A densidade da banda larga fixa aumentou no Brasil, alcançando, ao final de 2023, 23,7 acessos para cada 100 habitantes. As prestadoras de pequeno porte (PPPs) têm desempenhado um papel importante na expansão do acesso à banda larga fixa, inclusive em áreas menos atrativas em termos de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Produto Interno Bruto (PIB) e densidade populacional (ANATEL, 2024).

Segundo dados fornecidos pela Anatel no Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações de 2024 (PERT, 2024), é possível observar a porcentagem de domicílios com e sem acesso à internet em relação a diferentes fatores. Em relação a área, a região urbana tem 86% de domicílios com acesso e a região rural possui 74%. Com base na renda familiar, em relação a quantidade de salários mínimos (SMs), identificam-se os seguintes percentuais de domicílios com acesso com: até 1 SM são 70%; 1 SM até 2 SM são 84%; 2 SM até 3 SM são 93%; 5 SM até 10 SM são 98%; mais de 10 SM são 93%.

Apesar de haver uma disparidade entre o acesso à internet nas áreas urbanas e rurais, o estudo revela que a renda é o fator principal para determinar o acesso aos serviços de internet, independentemente da modalidade. Isso evidencia uma lacuna significativa que deveria ser abordada pelas políticas públicas de universalização (ADAMI, 2023).

3.2.2 Índice de desenvolvimento das TICs

As tecnologias da informação e comunicação (TIC) são definidas como um conjunto diversificado de ferramentas e recursos tecnológicos utilizados para transmitir, armazenar, criar, compartilhar ou trocar informações. Essas ferramentas e recursos tecnológicos incluem computadores, Internet (sites, blogs e e-mails), tecnologias de transmissão ao vivo (rádio, televisão e *webcasting*), tecnologias de transmissão gravada (*podcasting*, *players* de áudio e vídeo e dispositivos de armazenamento) e telefonia (fixa ou móvel, satélite, videoconferência, etc.) (UNESCO, 2024).

Em 2023, a União Internacional de Telecomunicações (UIT) divulgou os dados do Índice de Desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (IDI). Criado em 2009, o IDI foi desenvolvido para avaliar o nível de desenvolvimento do setor de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nos países e foi publicado pela UIT entre 2009 e 2017.

No entanto, em 2023, o índice passou por uma revisão para incorporar o conceito de Conectividade Universal e Significativa em sua metodologia. A nova metodologia foi aprovada por 98% dos Estados-Membros que participaram da consulta realizada pela UIT (ANATEL, 2024).

Segundo a Anatel (2024), o IDI é composto pelos seguintes indicadores:

- Conectividade Universal: Proporção dos indivíduos que utilizaram a internet, de qualquer local, nos últimos 3 meses; Proporção de domicílios com acesso à internet; e o número de assinantes da banda larga móvel por grupo de 100 habitantes.
- Conectividade Significativa: Cobertura da rede de telefonia móvel; Tráfego de internet via banda larga móvel por assinante da banda larga móvel (GigaByte - GB); Tráfego de internet via banda larga fixa por assinante da banda larga fixa (GB); Cesta de preços da telefonia móvel (voz e dados) de alto consumo (% da Renda Nacional Bruta per capita); Cesta de preços da banda larga fixa (% da Renda Nacional Bruta per capita); e porcentagem de indivíduos que possuem telefone celular.

No IDI 2024, em uma escala de zero a cem, o Brasil recebeu uma pontuação relativa ao IDI de 82. Sendo a pontuação relativa ao pilar da Conectividade Universal 77,1 e a pontuação relativa ao pilar da Conectividade Significativa sendo 87 (UIT, 2024).

O IDI médio é de 31,5 para países de renda baixa, 62,0 para países de renda média-baixa, 76,4 para países de renda média-alta e 90,1 para países de renda elevada (ANATEL, 2024).

O resultado revelou que a correlação entre as pontuações do IDI 2023 e fatores como população, densidade populacional e área geográfica é nula ou quase nula, indicando que regiões menores, menos povoadas ou mais densamente povoadas não são necessariamente beneficiadas em termos de conectividade. Em contrapartida, os dados mostram uma forte correlação entre o desempenho no IDI e os níveis de renda, medidos pela Renda Nacional Bruta (RNB) per capita (ANATEL, 2024).

3.2.3 Importância dos dispositivos e infraestruturas

O setor de telecomunicações é importante para qualquer país e precisa ser valorizado devido à sua importância na geração de valor para as atuais e futuras gerações. O rápido avanço tecnológico tornou serviços como smartphones, vídeo sob demanda e internet de alta velocidade parte essencial da vida cotidiana (KUBOTA, 2024).

Globalmente, os dispositivos e conexões estão crescendo mais rapidamente do que tanto a população quanto os usuários da Internet. Essa tendência está acelerando o aumento no número médio de dispositivos e conexões por domicílio e per capita. A cada ano, vários novos dispositivos em diferentes formatos, com capacidades e inteligência aprimoradas, são introduzidos e adotados no mercado. Um número crescente de aplicações M2M (máquina a máquina) está contribuindo de maneira significativa para o crescimento de dispositivos e conexões (CISCO, 2020).

Embora novas tecnologias tragam oportunidades e negócios, a dinâmica do mercado evidencia a necessidade de medidas regulatórias para garantir que a infraestrutura seja realmente desenvolvida e acessível a todos (KUBOTA, 2024).

O principal desafio para a universalização das telecomunicações atualmente está em seu foco: o interesse coletivo concentra-se nos serviços que proporcionam acesso à internet. Contudo, a internet depende diretamente dos serviços de telecomunicações que lhe servem de suporte (ADAMI, 2023).

Essa constatação deveria orientar as políticas públicas a considerarem dois aspectos fundamentais: a expansão das redes e a ampliação da cobertura dos serviços, de modo que estejam acessíveis à população, independentemente de sua capacidade financeira; e a busca por mecanismos que garantam a contratação do serviço por aqueles que não possuem poder aquisitivo para isso (ADAMI, 2023).

Um exemplo claro da relevância de dispositivos e infraestrutura pode ser visto no plano de investimentos em infraestrutura lançado pelo governo dos Estados Unidos em 2021. Uma de suas metas é universalizar o acesso à banda larga de alta velocidade, cobrindo as lacunas de acesso ao serviço. Além da expansão do serviço, o plano inclui um subsídio adicional específico para famílias de baixa renda, visando mitigar os impactos da pandemia. Mesmo um país com uma infraestrutura de telecomunicações mais desenvolvida, como os EUA, mantém um planejamento cuidadoso, especialmente no que diz respeito ao acesso efetivo pelos usuários (ADAMI, 2023).

A constante mudança na variedade e o crescimento de dispositivos sem fio que acessam redes móveis em todo o mundo é um dos principais fatores que impulsionam o aumento do tráfego móvel global. A cada ano, diversos novos dispositivos com formatos variados, capacidades avançadas e maior inteligência são lançados no mercado (CISCO, 2020).

A explosão de aplicações móveis e a expansão do alcance da conectividade móvel para um número crescente de usuários finais têm impulsionado a necessidade de uma gestão otimizada da largura de banda e de novos modelos de monetização de redes para sustentar uma indústria móvel em amadurecimento. Em um mercado móvel altamente competitivo, observamos o crescimento das implementações globais de 4G e 5G. A conectividade 5G está emergindo de sua fase inicial para se tornar uma forte concorrente na conectividade móvel, impulsionada pelo crescimento da IoT móvel (CISCO, 2020).

O setor de telecomunicações passou por mudanças significativas, e os reguladores devem considerar essas transformações para incentivar a inovação e viabilizar a infraestrutura necessária que sustenta a economia digital (KUBOTA, 2024).

No Brasil, a necessidade de um planejamento setorial e a implementação de políticas públicas para expandir os serviços de telecomunicações é altamente esperada e desejável. Essas medidas são especialmente oportunas no contexto das discussões sobre o aumento da demanda por transmissão de dados, impulsionada pela Internet das Coisas (IoT), e pela adoção de novas tecnologias, como o 5G. Ambos os temas têm um impacto profundamente transformador na sociedade, e, para aproveitar plenamente seu potencial, é essencial contar com políticas públicas claras e adequadas (ADAMI, 2023).

Uma das principais soluções para atender à crescente demanda por largura de banda tem sido, há muito tempo, o uso de redes Wi-Fi, que permite aos operadores ampliar a capacidade para atender às necessidades de seus assinantes. Com os avanços e ratificações nos padrões Wi-Fi, ambientes densos com muitos dispositivos conectando-se simultaneamente e conexões IoT, como aeroportos, transporte público, saúde, cidades inteligentes, estádios, entre outros, resultam em casos de uso de Wi-Fi público em diversos segmentos da indústria (CISCO, 2020).

A mobilidade é outra ferramenta importante para capacitar a força de trabalho. Os usuários corporativos esperam conectividade de alto desempenho em qualquer lugar, a qualquer momento e em qualquer dispositivo (via redes Wi-Fi ou celulares). Além disso, os dispositivos IoT sem fio estão se tornando cada vez mais comuns em muitos setores empresariais (manufatura, saúde, logística, etc.). Essa onda de aplicações IoT está mudando drasticamente os requisitos das redes sem fio em termos de escala, padrões e volumes de tráfego e segurança (CISCO, 2020).

A nova geração de banda larga móvel pode impulsionar a produtividade ao economizar tempo, facilitar modos de trabalho mais eficientes e ampliar as oportunidades de trabalho remoto, apesar de ser difícil quantificar esses impactos. Consumidores terão acesso a serviços novos e aprimorados em áreas como transporte, saúde, mídia, entretenimento e serviços públicos. Adicionalmente, os benefícios sociais podem incluir avanços em segurança pública e sustentabilidade ambiental (CARNEIRO, 2022).

Universalizar o serviço de telecomunicações, hoje, significa garantir ao usuário os meios adequados para acessar de forma eficiente as funcionalidades oferecidas pela internet. Isso implica que a simples disponibilidade do serviço não é suficiente; é preciso assegurar as condições necessárias para seu uso pleno (ADAMI, 2023).

Os avanços nas redes celulares (4G/LTE ou 5G) e nas atualizações de Wi-Fi (Wi-Fi 6) são impulsionados por nossa demanda insaciável por conectividade sem fio. Inovações móveis contínuas serão necessárias para suportar a alta densidade de conexões IoT (CISCO, 2020).

3.3 ANATEL: 5G, POLÍTICAS E METAS

No seu relatório anual, a Anatel apresenta suas principais contribuições para o cumprimento das políticas públicas no país, tratando principalmente da expansão do 5G.

3.3.1 Expansão do 5G

A tecnologia 5G representa um marco significativo para a conectividade, oferecendo não só maiores taxas de transmissão de dados e baixa latência, mas também abrindo oportunidades para novos serviços e aplicações, com destaque para a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial e *big data* (ANATEL, 2024).

No Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) tem promovido diversas iniciativas para acelerar a implementação dessa tecnologia, como a destinação de mais de 120 MHz de espectro na faixa de 4,9 GHz, o que promete melhorar a capacidade e o desempenho das redes nacionais. A expansão do uso da faixa de 3,5 GHz para mais municípios possibilita a instalação de estações 5G *standalone*, o que representa um avanço em eficiência comparado às arquiteturas anteriores (ANATEL, 2024).

Além disso, a Anatel iniciou uma consulta pública com o objetivo de incentivar a transição das redes 2G e 3G para padrões mais modernos, como o 4G e o 5G, buscando um uso mais eficiente do espectro. Em paralelo, a agência propôs alocações nas faixas de 6 GHz e 10 GHz, visando otimizar o tráfego de dados em áreas densamente povoadas. Outra medida essencial inclui a modernização das legislações municipais sobre a instalação de antenas, a fim de permitir maior densidade dessas infraestruturas para suportar o 5G puro (ANATEL, 2024).

Entretanto, desafios significativos permanecem para que o 5G atinja todo seu potencial no Brasil. A redução das desigualdades regionais e sociais no acesso ao 5G é fundamental para evitar a ampliação da exclusão digital. A liberação e limpeza da banda C-estendida é outro desafio crucial para garantir a eficiência do espectro, além da necessidade de preservar um equilíbrio econômico nas outorgas de uso de radiofrequências. Manter um ambiente competitivo e garantir incentivos suficientes são medidas indispensáveis para sustentar o investimento contínuo na infraestrutura 5G e promover seu desenvolvimento sustentável (ANATEL, 2024).

3.3.2 Expansão da oferta e dos investimentos em infraestrutura

A demanda por redes de alta velocidade, baixa latência e confiabilidade tornou-se inevitável em um mundo cada vez mais conectado. A expansão da infraestrutura de telecomunicações é essencial para suprir essa necessidade crescente, viabilizando a

conectividade de inúmeros dispositivos e garantindo uma cobertura geográfica ampla e contínua (ANATEL, 2024).

A Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) tem implementado diversas iniciativas para fortalecer essa infraestrutura e promover a inclusão digital, como o Projeto Amazônia Integrada e Sustentável (PAIS), que prevê novas infovias para ampliar a conectividade na região amazônica, impulsionando o desenvolvimento sustentável por meio da comunicação digital (ANATEL, 2024).

A Anatel tem conduzido estudos sobre Tecnologias Disruptivas, Impactos Econômicos e Adequação do Modelo Regulatório, focando no potencial da arquitetura OpenRAN. Essa tecnologia de acesso aberto promete reduzir custos na infraestrutura de telecomunicações, tornando o desenvolvimento de redes mais acessível e eficiente. Além disso, foi aprovada uma regulamentação para o compartilhamento de postes entre distribuidoras de energia e prestadoras de telecomunicações, visando um uso racional e eficiente dessas infraestruturas, permitindo uma expansão integrada dos serviços em ambos os setores (ANATEL, 2024).

Outra importante medida em desenvolvimento é a revisão do Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações (PERT), buscando alinhar a estratégia de conectividade da Anatel com uma visão mais ampla e completa sobre as necessidades de conectividade no país. Esse esforço pretende não só ampliar a infraestrutura física, mas também garantir conectividade significativa e de qualidade para a população (ANATEL, 2024).

A Anatel ainda promoveu o Prêmio ABDI Anatel de Conectividade em Redes Privativas, que destacou inovações no uso eficiente do espectro em setores estratégicos como agricultura, indústria, mineração, e cidades inteligentes. Essas iniciativas refletem o impacto positivo da conectividade em diversas áreas econômicas e sociais (ANATEL, 2024).

A expansão da infraestrutura de telecomunicações no Brasil enfrenta uma série de desafios importantes. Um dos principais é a preservação de um ambiente competitivo no mercado de acesso à infraestrutura. Isso é fundamental para garantir que diferentes operadoras possam atuar de maneira equilibrada, evitando monopólios e estimulando a inovação e a qualidade dos serviços oferecidos aos consumidores (ANATEL, 2024).

Outro desafio significativo é manter os incentivos necessários para que os investimentos em infraestrutura se mantenham nos níveis exigidos para sustentar os novos usos da conectividade. Esse cenário é ainda mais crítico diante do alegado desequilíbrio econômico entre operadoras de telecomunicações e as grandes plataformas digitais, o que pode afetar a capacidade das operadoras de continuar expandindo suas redes e serviços (ANATEL, 2024).

Um objetivo central é atender à meta nº 3 do Plano Estratégico da Anatel, que visa ampliar a infraestrutura de *backhaul* de fibra óptica em localidades brasileiras. Em 2021, apenas 598 localidades com mais de 600 habitantes possuíam essa infraestrutura, de um universo de aproximadamente 4.387 localidades (ANATEL, 2024).

Por fim, outro ponto crítico é garantir a segurança e a resiliência da infraestrutura de cabos submarinos do Brasil (ANATEL, 2024).

3.3.3 Políticas públicas

No seu relatório anual, a Anatel apresenta suas principais contribuições para o cumprimento das políticas públicas no país. É importante ressaltar que, no âmbito das telecomunicações, a conectividade desempenha um papel essencial devido à sua relevância na sociedade atual. Nesse sentido, é responsabilidade do Poder Público “criar condições para a ampliação da conectividade e da inclusão digital, com prioridade para a cobertura de estabelecimentos públicos de ensino” (ANATEL, 2024).

Nos próximos segmentos deste capítulo, serão discutidas as ações e iniciativas específicas que a Anatel tem implementado para atender a essas diretrizes e desempenhar seu papel na promoção das políticas públicas relacionadas às telecomunicações, como descritas em seu relatório anual.

Compromissos de expansão da infraestrutura e de prestação dos serviços de telecomunicações

Os compromissos de expansão da infraestrutura e de prestação de serviços de telecomunicações são estabelecidos pela Anatel por meio da celebração de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC). Esses termos definem as diretrizes para uma série de iniciativas estratégicas voltadas à ampliação do acesso à conectividade em diversas regiões do Brasil (ANATEL, 2024).

Entre as principais ações, destaca-se a expansão das redes de transporte de telecomunicações de alta capacidade, com prioridade para cidades, vilas, áreas urbanas isoladas e aglomerados rurais que ainda não possuem essa infraestrutura. Além disso, há foco especial em localidades com projetos aprovados para a implantação de Cidades Conectadas, incentivando o desenvolvimento de cidades inteligentes (ANATEL, 2024).

Outro ponto importante é a expansão da cobertura de redes de acesso móvel em banda larga. A prioridade, nesse caso, é atender cidades, vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais e rodovias federais que ainda não dispõem dessa infraestrutura, garantindo maior inclusão digital em áreas mais afastadas (ANATEL, 2024).

A expansão das redes de acesso em banda larga fixa também é uma prioridade. O foco é direcionado para setores censitários definidos pelo IBGE que ainda não possuem oferta de acesso à internet por meio dessa infraestrutura, promovendo o acesso a regiões que, até então, permanecem desconectadas (ANATEL, 2024).

Por fim, a Anatel estabelece a prestação temporária de serviço de banda larga, fixa ou móvel, com o objetivo de promover o acesso à internet para uso individual ou coletivo, assegurando que pessoas em áreas carentes ou emergenciais também possam usufruir dos benefícios da conectividade (ANATEL, 2024).

Estratégia federal de desenvolvimento para o Brasil

Outra diretriz fundamental para o cumprimento das políticas públicas de telecomunicações é a Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil (EFD), que abrange o período de 2020 a 2031. A EFD estabelece desafios e orientações com o objetivo de definir uma visão de longo prazo para a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal (ANATEL, 2024).

A EFD delinea uma série de diretrizes voltadas para enfrentar os principais desafios do país. No que se refere à Anatel, destacam-se as orientações focadas na modernização dos serviços de telecomunicações, com o propósito de enfrentar o desafio de assegurar a soberania e promover os interesses nacionais no cenário global (ANATEL, 2024).

Plano Plurianual da União para o período de 2020 a 2023

O Plano Plurianual da União (PPA) 2020-2023 é um instrumento crucial para orientar as ações do Governo Federal ao longo desse período. No que diz respeito às telecomunicações, o principal objetivo é promover o acesso universal e melhorar a qualidade dos serviços de comunicações no país. O foco do programa é aumentar o acesso à internet em banda larga nos lares brasileiros, com a meta de elevar a cobertura de 74,68% para 91% (ANATEL, 2024).

Programa de Aceleração do Crescimento

A nova versão do Programa de Aceleração do Crescimento (Novo PAC) é uma iniciativa coordenada pelo Governo Federal em parceria com diversos atores, incluindo o setor privado, estados, municípios e movimentos sociais. Seu principal objetivo é impulsionar o crescimento econômico, promover a inclusão social, gerar emprego e renda, além de reduzir as desigualdades sociais e regionais (ANATEL, 2024).

O programa é composto por Medidas Institucionais e nove Eixos de Investimento, sendo que o Eixo de Inclusão Digital e Conectividade é especialmente relevante para as atividades da Anatel. Esse eixo tem como foco "universalizar a conectividade em 138 mil escolas públicas de ensino básico e estabelecer conexão em 24 mil unidades básicas de saúde". Para alcançar essas metas, o programa prevê a expansão do sinal 4G, a implantação do 5G em áreas sem cobertura e a construção e ampliação de redes de fibra óptica em todo o país (ANATEL, 2024).

3.3.4 Objetivos e metas estratégicas de resultado

O Plano Estratégico 2023-2027 da Anatel, descrito em seu relatório anual, está organizado em objetivos estratégicos, metas e iniciativas, com foco em resultados direcionados à promoção da conectividade à internet, ao desenvolvimento de mercados dinâmicos e à prestação de serviços de comunicação de qualidade para todos. O documento definiu quatro objetivos de resultado para os próximos anos, que representam as metas finais da Agência. Esses objetivos buscam entregar valor público à sociedade e estão alinhados com as exigências legais e as políticas públicas em vigor.

O primeiro objetivo é promover a conectividade de serviços de comunicação com qualidade para todos. Isso implica garantir que a população tenha acesso a redes estáveis, rápidas e seguras, permitindo uma conectividade inclusiva, abrangendo desde áreas urbanas até regiões mais remotas (ANATEL, 2024).

O segundo objetivo visa estimular mercados dinâmicos e sustentáveis de serviços de comunicação e conectividade. A Anatel se compromete a incentivar a competitividade, inovação e o desenvolvimento de novos modelos de negócios, assegurando um ambiente saudável para a expansão de empresas do setor (ANATEL, 2024).

O terceiro objetivo é fomentar a transformação digital da sociedade, garantindo que esse processo ocorra em condições de equilíbrio de mercado. Isso significa promover a inclusão

digital de forma justa, evitando a concentração de poder econômico e assegurando que todos possam usufruir dos benefícios da digitalização (ANATEL, 2024).

Por fim, o quarto objetivo busca garantir uma atuação de excelência da Anatel, com foco nos resultados para a sociedade. Isso envolve a otimização dos processos internos da Agência, a melhoria da eficiência regulatória e a entrega de resultados que impactem positivamente a vida dos cidadãos e o desenvolvimento do país (ANATEL, 2024).

3.4 WI-FI: GERAÇÕES E AVANÇOS

A tecnologia Wi-Fi é baseada na série de padrões de conectividade sem fio IEEE 802.11™, que revolucionou a forma como nos comunicamos e acessamos informações (IEEE, 2023). O termo *Wireless Fidelity*, ou simplesmente Wi-Fi, refere-se a conexões de internet de alta qualidade que dispensam cabeamento. Ao longo do tempo, essas conexões evoluíram significativamente, com melhorias na amplitude de cobertura, aumento da velocidade suportada e redução da latência, proporcionando mais autonomia, rapidez, segurança e conforto aos usuários. Atualmente, uma ampla variedade de dispositivos utiliza essa tecnologia em diversos setores da sociedade (CHOPRA; GUPTA; LAMBORA, 2019).

Atualmente, bilhões de dispositivos Wi-Fi são utilizados em todo o mundo, transformando profundamente a interação entre indivíduos, empresas, governos e sociedades. Pode-se afirmar, sem exagero, que a série de padrões IEEE 802.11 desempenhou um papel fundamental ao viabilizar o acesso à internet de maneira acessível e equitativa em escala global (IEEE, 2023).

Embora os termos 802.11 e Wi-Fi (rede local sem fio) sejam muitas vezes usados como sinônimos, a Wi-Fi Alliance aplica o termo "Wi-Fi" para se referir a um conjunto de padrões sobrepostos, porém ligeiramente distintos. A família 802.11 utiliza técnicas de modulação sem fio para comunicação, baseando-se em protocolos que definem regras específicas. O IEEE 802.11 foi o primeiro padrão de rede sem fio, mas o IEEE 802.11b se tornou o primeiro amplamente aceito (KAUSHIK, 2012).

De acordo com Banerji e Chowdhury (2013), as tecnologias de banda larga sem fio foram desenvolvidas com o objetivo de oferecer serviços comparáveis aos das redes com fio. As redes celulares agora suportam transferência de dados de alta largura de banda para inúmeros usuários móveis simultaneamente. Além disso, também fornecem suporte de mobilidade para comunicação de voz. As redes de dados sem fio podem ser classificadas em diversos tipos, de acordo com sua área de cobertura. São elas:

- WLAN: *Wireless Area Networks*, com uma área de cobertura de até cem metros de raio, utilizada principalmente em ambientes residenciais e de escritório.
- WMAN: *Wireless Metropolitan Area Network*, cobre áreas mais amplas, geralmente o tamanho de uma cidade inteira.
- WWAN: *Wireless Wide Area Network*, com um raio de célula de cerca de 50 km, cobrindo áreas maiores que uma cidade.

Segundo Gulasekaran e Sankaran (2021), as redes 802.11 podem operar de quatro modos. Eles são:

- *Basic Service Set* (BSS).
- *Ad hoc* ou *Independent Basic Service Set* (IBSS).
- *Wireless Distribution System* (WDS).
- *Mesh BSS* (MBSS).

O mais comum é o modo em que dispositivos como laptops e smartphones se conectam a outra rede, como a Internet ou uma intranet corporativa, por meio de um ponto de acesso (PA). Nesse modo, conhecido como *Basic Service Set* (BSS), cada dispositivo cliente se associa a um PA, que, por sua vez, está ligado a outra rede. Os dados são transmitidos e recebidos pelo cliente através do PA. Diversos PAs podem ser interligados, geralmente por meio de uma rede com fio chamada sistema de distribuição, formando uma rede 802.11 estendida. Dessa forma, os dispositivos conectados podem trocar informações entre si via seus respectivos PAs (TANENBAUM; FEAMSTER; WETHERALL, 2021).

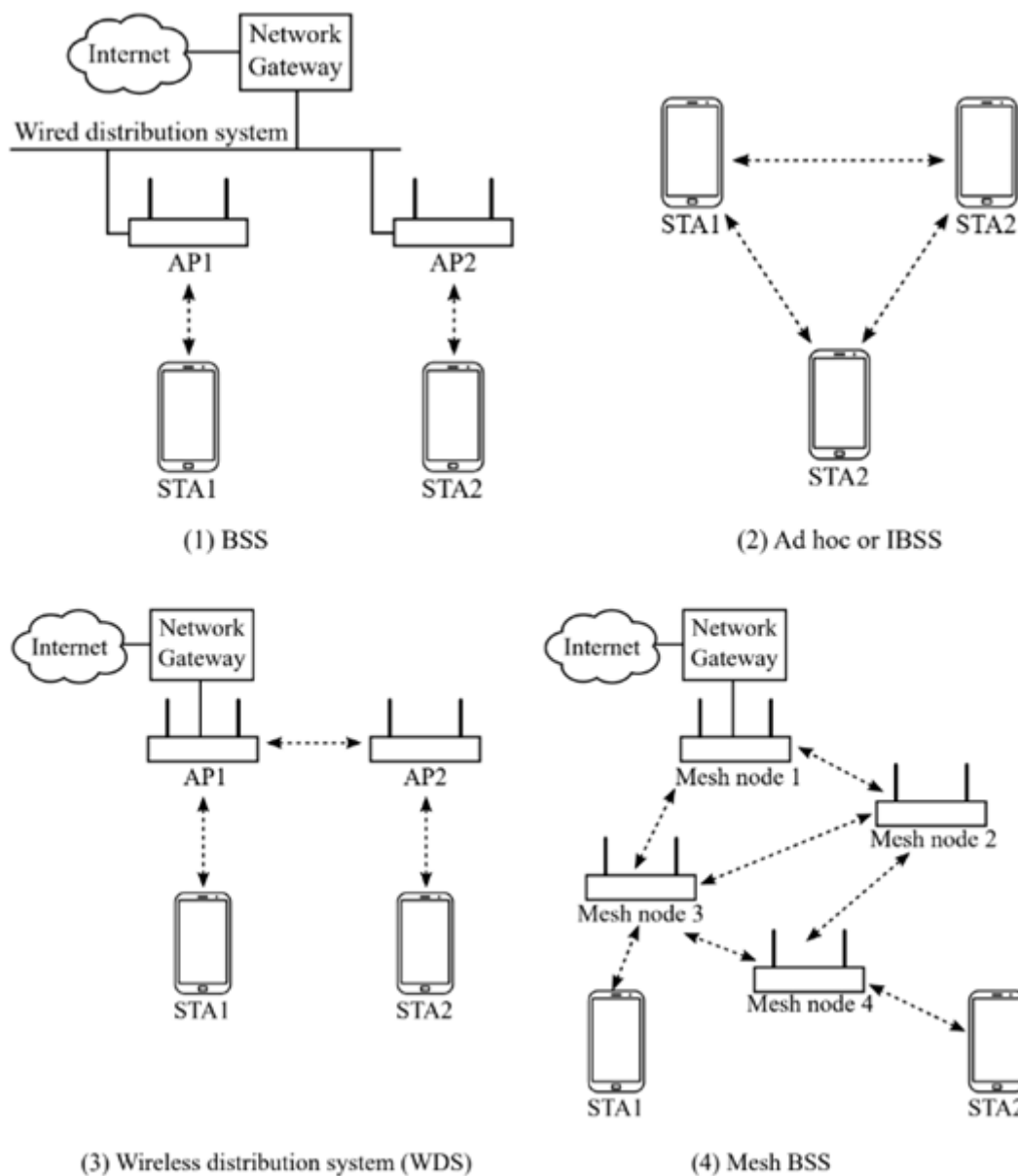
O segundo modo é o modo *ad hoc* ou IBSS, que permite que um grupo de dispositivos se conecte diretamente entre si, sem a necessidade de um PA. Porém, devido ao uso predominante da Internet em redes sem fio, as redes *ad hoc* são menos comuns (TANENBAUM; FEAMSTER; WETHERALL, 2021).

A arquitetura do sistema de distribuição sem fio (WDS) fornece um *link* de retaguarda sem fio para pontos de acesso (APs) localizados em locais onde não é possível estabelecer um link de retaguarda com fio. Esse sistema ajuda a estender o alcance da rede sem fio usando múltiplos saltos através de conexões sem fio (GULASEKARAN; SANKARAN, 2021).

A arquitetura *Mesh BSS* (MBSS) utiliza o padrão 802.11s para formar redes *mesh* de múltiplos saltos. O *mesh* 802.11s é mais sofisticado do que a arquitetura WDS e permite a formação de redes *mesh* complexas com múltiplos links de retaguarda sem fio para tolerância a falhas (GULASEKARAN; SANKARAN, 2021).

A Figura 1 representa as arquiteturas de rede descritas, BSS, IBSS, WDS e MBSS.

Figura 1 – Rede modo BSS, ad hoc, WDS e MBSS



Fonte: Gulasekaran; Sankaran (2021).

3.4.1 Padrão IEEE 802.11

O IEEE 802.11 é um conjunto de padrões para redes locais sem fio (WLAN) de comunicação entre computadores, desenvolvido pelo Comitê de Padrões LAN/MAN da IEEE (IEEE 802) nas faixas de espectro público de 5 GHz e 2,4 GHz, que são as faixas mais populares e amplamente utilizadas para conexão à internet (KAUSHIK, 2012).

O Wi-Fi foi lançado no mercado em 1997, quando o padrão técnico pioneiro IEEE 802.11 foi publicado, permitindo a transmissão de dados sem fio a até 2 Mbit/s usando o espectro de rádio não licenciado de 2,4 GHz (IEEE, 2023).

Desde então, a contínua evolução dos padrões Wi-Fi IEEE 802.11 levou a taxas de transmissão de dados muito mais rápidas, maior alcance e conexões mais confiáveis e seguras. Todas as emendas dos padrões IEEE 802.11 são elaboradas de modo que dispositivos que operam de acordo com suas especificações sejam retrocompatíveis com versões anteriores, permitindo que qualquer dispositivo moderno baseado em IEEE 802.11 possa se comunicar com produtos mais antigos (IEEE, 2023).

A Wi-Fi Alliance criou uma convenção de nomenclatura (“Wi-Fi #”) para facilitar ao público a identificação das diferentes implementações do IEEE 802.11 (IEEE, 2023).

A Figura 2 demonstra de linha do tempo das gerações de Wi-Fi até o Wi-Fi 6.



Fonte: IEEE (2023).

3.4.2 Wi-Fi 5 e anteriores

O IEEE 802.11 é o padrão Wi-Fi pioneiro de 2,4 GHz mencionado acima, lançado em 1997, e ainda é referido por essa nomenclatura. Este padrão e suas emendas subsequentes são a base para redes sem fio Wi-Fi e representam os protocolos de redes de computadores sem fio mais amplamente utilizados no mundo (IEEE, 2023).

O IEEE 802.11b, ou Wi-Fi 1, foi lançado em 1999. Ele também operava a 2,4 GHz, mas, para reduzir a interferência de micro-ondas, telefones sem fio e outras fontes, além de alcançar maiores taxas de dados, incorporou esquemas de modulação chamados espectro de espalhamento de sequência direta/codificação de código complementar (DSSS/CCK). O Wi-Fi 1 permitia comunicações sem fio a distâncias de aproximadamente 38 m em ambientes internos e 140 m em ambientes externos (IEEE, 2023).

O IEEE 802.11a, ou Wi-Fi 2, também foi introduzido em 1999 como sucessor do IEEE 802.11b. Foi a primeira especificação Wi-Fi a apresentar um esquema de modulação de múltiplas portadoras (OFDM) para suportar altas taxas de dados, ao contrário do design de

portadora única do Wi-Fi 1. Ele operava em 5 GHz e sua largura de banda de 20 MHz suportava várias taxas de dados (IEEE, 2023).

O IEEE 802.11g, ou Wi-Fi 3, foi lançado em 2003. Ele permitia taxas de dados mais rápidas de até 54 Mbit/s na mesma frequência de 2,4 GHz que o IEEE 802.11b, graças a um esquema de modulação de múltiplas portadoras (OFDM) e outras melhorias. Isso atraía os usuários do mercado de massa, pois dispositivos de 2,4 GHz eram mais baratos do que os de 5 GHz (IEEE, 2023).

O IEEE 802.11n, ou Wi-Fi 4, foi introduzido em 2009 para suportar as faixas de frequência de 2,4 GHz e 5 GHz, com taxas de dados de até 600 Mbit/s, múltiplos canais em cada faixa de frequência e outros recursos. As taxas de transferência de dados do IEEE 802.11n possibilitaram o uso de redes WLAN em substituição a redes com fio, uma característica significativa que permitiu novos casos de uso e redução de custos operacionais para usuários finais e organizações de TI (IEEE, 2023).

O IEEE 802.11ac, ou Wi-Fi 5, foi lançado em 2013 para suportar taxas de dados de até 3,5 Gbit/s, com ainda maior largura de banda, canais adicionais, melhor modulação e outros recursos. Foi o primeiro padrão Wi-Fi a permitir o uso da tecnologia de múltiplas entradas/múltiplas saídas (MIMO), para que várias antenas pudessem ser usadas tanto nos dispositivos de envio quanto nos de recepção, reduzindo erros e aumentando a velocidade (IEEE, 2023). Segundo a Oi (2023), o Wi-Fi 5 é a tecnologia mais utilizada atualmente.

3.4.3 Wi-Fi 6

O IEEE 802.11ax, ou Wi-Fi 6, é o padrão mais recente da série, publicado em 2021, e dispositivos baseados nele estão sendo implantados em bilhões de unidades por ano (IEEE, 2023).

Embora sua taxa de dados teórica seja de 9,6 Gbit/s, este padrão não é focado principalmente em aumentar a velocidade do Wi-Fi em si. Ele aborda o fato de que o uso de Wi-Fi se tornou tão disseminado que o desempenho da rede pode ser prejudicado em áreas de tráfego intenso de Wi-Fi, como estádios, salas de shows e centros de transporte público, e cada vez mais em nossas próprias casas, onde os roteadores precisam se comunicar com um número crescente de dispositivos digitais simultaneamente (IEEE, 2023).

O IEEE 802.11ax oferece diversas melhorias. Ele emprega um mecanismo multiusuário que permite dividir a taxa de 9,6 Gbit/s entre vários dispositivos (IEEE, 2023). De acordo com Ehad e Cordeiro (2022), enquanto todas as gerações anteriores de Wi-Fi dependiam de

cada dispositivo competir de forma independente pelo acesso ao canal, o Wi-Fi 6 introduziu um modo de operação baseado em gatilho, onde um ponto de acesso (AP) pode acionar várias estações (STAs) para transmitirem dados simultaneamente. O acesso baseado em gatilho foi necessário para permitir a introdução de outra grande capacidade — a operação multiusuário de *uplink*. Outros novos recursos introduzidos com o Wi-Fi 6 em 2019 foram:

- Um novo formato de símbolo que aumentou o tempo do símbolo e reduziu o espaçamento dos portadores OFDM em 4x, resultando em maior eficiência espectral e maior resiliência a múltiplos caminhos.
- Divisão de múltiplos acessos ortogonais por frequência (OFDMA) em *downlink* (DL) e *uplink* (UL), que permite a operação multiusuário tanto em DL quanto em UL utilizando a tecnologia OFDMA.
- Tempo de despertar alvo, *target wake time* (TWT), individual, que permite a uma STA negociar horários de disponibilidade com seu AP para melhorar o consumo de energia.

O novo esquema de acesso, em conjunto com o suporte a OFDMA e outros recursos do Wi-Fi 6, como o reuso espacial e as melhorias subjacentes de capacidade, continuaram a reduzir as latências e a melhorar a qualidade geral do serviço (QoS) oferecida pelo Wi-Fi, especialmente em ambientes com espectro congestionado. Além da especificação técnica, a tecnologia e certificação Wi-Fi 6 adicionaram um perfil de certificação dedicado para dispositivos que suportam apenas canais de 20 MHz. Isso, junto com a certificação de recursos como o período máximo de ociosidade BSS, criou um perfil de dispositivo mais adequado ao segmento de mercado IoT, onde o principal foco é o custo e a longa duração da bateria, em vez de desempenho máximo (EHUD; CORDEIRO, 2022).

Coletivamente, esses recursos melhoram a taxa de transferência agregada e suportam o uso crescente do Wi-Fi em situações de alto consumo de dados e em aplicações como vídeo e acesso à nuvem, onde o desempenho em tempo real e o baixo consumo de energia para dispositivos alimentados por bateria são essenciais. Em particular, espera-se que o vídeo em alta definição se torne o tipo dominante de tráfego em muitas implantações futuras de Wi-Fi (IEEE, 2023).

3.4.4 Wi-Fi 7

Com o Wi-Fi 6 consolidado, o IEEE e a indústria de Wi-Fi iniciaram o trabalho na próxima atualização geracional sob o programa IEEE 802.11be, com expectativas de que

produtos que suportam a tecnologia Wi-Fi 7, baseada no 802.11be, estejam disponíveis no mercado já em 2024 (EHUD; CORDEIRO, 2022).

Segundo Ehud e Cordeiro (2022), as principais características da tecnologia incluem:

- Operação de múltiplos *links* (MLO)
- Suporte para canais de 320 MHz de largura
- Esquema de modulação 4096-QAM
- Operação em canais pontilhados (por meio do modo operacional multi-RU)
- Procedimento de compartilhamento Triggered TxOp
- OFDMA e MIMO de subida (UL) e descida (DL) para um único usuário e multiusuário, com até oito fluxos espaciais

Este padrão representa um grande marco evolutivo na tecnologia Wi-Fi, com taxas de dados 4x mais rápidas (aproximadamente 40 Gbit/s) e o dobro da largura de banda (canais de 320 MHz em oposição a canais de 160 MHz do Wi-Fi 6). Ele também permite um uso mais eficiente e confiável do espectro disponível e contíguo por meio de agregação de multibandas/multicanais e outros meios. O padrão apresenta diversas melhorias nos protocolos MIMO e muitos outros avanços e aperfeiçoamentos das capacidades Wi-Fi existentes (IEEE, 2023).

O Wi-Fi 7 pode dar ao Wi-Fi 6 apenas alguns anos no centro das atenções. Várias novas tecnologias, sendo algumas que estrearam no Wi-Fi 6E, mas ainda não foram totalmente exploradas, permitirão que roteadores e dispositivos Wi-Fi 7 façam uso completo de uma nova faixa de espectro de 6 GHz. Esse espectro, primeiro utilizado com o Wi-Fi 6E, adiciona uma terceira faixa sem fio, além das já conhecidas faixas de 2,4 GHz e 5 GHz (IEEE, 2022).

O resultado de todas essas melhorias técnicas é que, para o usuário, a tecnologia Wi-Fi 7 será muito mais rápida, terá uma latência muito menor, suportará muitos mais dispositivos e terá um desempenho muito melhor em espaços Wi-Fi congestionados e onde redes Wi-Fi se sobrepõem (IEEE, 2023).

O desenvolvimento e a integração da tecnologia Wi-Fi 7 envolvem os esforços colaborativos de várias grandes empresas do setor, incluindo Apple, Intel, Qualcomm, Broadcom e MediaTek (GEORGE; GEORGE; BASKAR, 2023).

A Qualcomm é uma importante empresa no mercado de chips *wireless*, especialmente para smartphones e outros dispositivos móveis. A empresa tem se envolvido ativamente no desenvolvimento da tecnologia Wi-Fi 7. A Qualcomm deve estar entre as primeiras a introduzir suporte ao Wi-Fi 7 em seus produtos, permitindo que os fabricantes de dispositivos

integrem o novo padrão em suas ofertas. Isso será fundamental para impulsionar a adoção do Wi-Fi 7 em toda a indústria (GEORGE; GEORGE; BASKAR, 2023).

A MediaTek também é um dos principais designers de chips *wireless* para smartphones, tablets e outros dispositivos, o suporte da empresa para o Wi-Fi 7 é essencial para a ampla adoção do novo padrão. O envolvimento da MediaTek no desenvolvimento do Wi-Fi 7 ajudará a impulsionar a inovação e garantirá que uma ampla gama de dispositivos possa se beneficiar das capacidades aprimoradas oferecidas pelo padrão (GEORGE; GEORGE; BASKAR, 2023).

3.5 APARELHOS CELULARES

3.5.1 Última geração

Segundo dados obtidos pela consultoria Counterpoint (2024), uma empresa de pesquisa global especializada em produtos de tecnologia no setor de tecnologia, mídia e telecomunicações, as 4 marcas mais vendidas foram a Apple, Samsung, Motorola e Xiaomi. Com base nisso, utilizando a ficha técnica e informações nos sites de cada uma das empresas, conseguimos formular a tabela a seguir. A Tabela 1 indica os melhores smartphones fornecidos por essas empresas e as tecnologias de rede e conectividade que elas possuem.

Tabela 1 – Tecnologia de rede e conectividade da última geração de smartphones.

Marca	Modelo	Rede	Conectividade
Apple	iPhone16 Pro Max	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6/6E/7
Samsung	Galaxy S24 Ultra	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6/6E/7
Motorola	Edge 50 Ultra	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6/6E/7
Xiaomi	14T	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6/6E

Fonte: Produção do próprio autor

3.5.2 Demanda comercial

A pesquisa da Counterpoint (2024) traz os smartphones mais vendidos no segundo trimestre de 2024 (Q2 2024), tanto num âmbito global quanto para a América Latina (LATAM).

3.5.2.1 Global

A seguir, será apresentada uma lista elaborada pela Counterpoint (2024), que classifica os smartphones mais vendidos, e suas respectivas marcas, no Q2 2024 globalmente:

1. iPhone 15 (Apple)
2. iPhone 15 Pro Max (Apple)
3. iPhone 15 Pro (Apple)
4. Galaxy A15 5G (Samsung)
5. Galaxy A15 4G (Samsung)
6. iPhone 14 (Apple)
7. Redmi 13C (Xiaomi)
8. Galaxy A05 (Samsung)
9. Galaxy S24 Ultra (Samsung)
10. Galaxy S24 (Samsung)

Seis smartphones da lista estão na faixa de preço premium, um a mais do que no ano passado, indicando uma preferência contínua por smartphones premium (COUNTERPOINT, 2024).

Em sua publicação para o portal Terra analisando a lista publicada pela Counterpoint, Anhesini (2024) destaca a predominância de dispositivos compatíveis com 5G na lista dos mais vendidos, o que mostra o reflexo da demanda por esse tipo de conexão.

3.5.2.2 América Latina

A seguir, será apresentada uma lista elaborada pela Counterpoint (2024), que classifica os smartphones mais vendidos, e suas respectivas marcas, no Q2 2024 na América Latina:

1. Galaxy A15 4G (Samsung)
2. Galaxy A05 (Samsung)
3. Redmi 13C 4G (Xiaomi)
4. Moto G24 4G (Motorola)
5. Moto G54 (Motorola)
6. Moto G04 4G (Motorola)
7. Redmi Note 13 4G (Xiaomi)
8. Galaxy A05s (Samsung)
9. Galaxy A35 5G (Samsung)
10. iPhone 13 (Apple)

Os principais fabricantes já possuem pelo menos alguns dispositivos no mercado com tecnologia 5G. Na lista dos 10 mais vendidos do segundo trimestre de 2024, os modelos Moto G54, Galaxy A35 e iPhone 13 eram compatíveis com 5G (COUNTERPOINT, 2024).

Além disso, o volume de vendas de dispositivos 5G entre os 10 mais vendidos cresceu em três dígitos em relação ao ano anterior e continuará crescendo à medida que mais marcas de smartphones atualizam seus portfólios para a região. Por exemplo, a Apple está reduzindo o fornecimento de smartphones 4G na região, enquanto impulsiona os modelos 5G (COUNTERPOINT, 2024).

3.5.3 Impostos

Utilizando-se do projeto Impostômetro, criado pelo Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação (IBPT) e lançado em parceria com a Associação Comercial de São Paulo (ACSP), podemos acessar os valores de taxas para smartphones no Brasil.

De acordo com o IBPT (2024) os tributos em relação a smartphones nacionais é de 36,55%, enquanto para smartphones importados chega a 62,46%.

3.5.4 Certificação de Estação Terminal de Acesso e de Telefone Móvel Celular

A Anatel publicou, em 7 de outubro de 2024, o Ato nº 14430, que atualiza os requisitos para a certificação de Estação Terminal de Acesso e Telefone Móvel. As mudanças introduzidas por esse ato entram em vigor a partir de 6 de abril de 2025 e estabelecem que, a partir dessa data, somente poderão ser certificados celulares e estações terminais de acesso

que possuam, no mínimo, tecnologia 4G ou superior. Ainda será possível certificar equipamentos com tecnologia 2G e 3G, desde que esses também suportem 4G ou tecnologias mais avançadas.

Em sua publicação, a Anatel define que o objetivo principal dessas novas diretrizes é assegurar que os dispositivos homologados pela Agência sejam compatíveis com as redes mais modernas, como 4G e 5G. Isso visa evitar que os aparelhos parem de funcionar quando as operadoras desativarem as redes 2G e 3G, prevenindo, assim, prejuízos aos usuários dos serviços de telecomunicações. Importante destacar que a medida não afeta os equipamentos já certificados e em uso no Brasil, mas busca garantir que todos os novos dispositivos introduzidos no mercado sejam compatíveis com as redes de última geração.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e descritivo, fundamentada na análise teórica e documental sobre a relação entre o avanço das tecnologias instaladas em smartphones e o impacto que esse progresso exerce sobre a evolução das redes Wi-Fi no Brasil. O objetivo central foi compreender como a modernização dos dispositivos móveis influencia o desenvolvimento das tecnologias de conectividade sem fio, tanto no cenário nacional quanto no internacional, observando suas implicações técnicas, econômicas e sociais.

Para atingir esse propósito, foi realizado um levantamento bibliográfico abrangente em artigos científicos, relatórios técnicos, publicações institucionais e fontes especializadas, com destaque para materiais disponibilizados pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), pelo Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) e por empresas líderes do setor, como Cisco e Qualcomm. Esses materiais forneceram a base teórica necessária para compreender os aspectos evolutivos das tecnologias Wi-Fi e de redes móveis, bem como as políticas e ações de infraestrutura que sustentam sua expansão no país.

O estudo também se valeu de uma análise comparativa entre dados internacionais e nacionais sobre a adoção das tecnologias Wi-Fi e 5G, considerando fatores como disponibilidade de dispositivos, custos de aquisição, níveis de conectividade e desempenho técnico. Essa comparação permitiu identificar assimetrias tecnológicas e econômicas, especialmente relacionadas ao acesso a smartphones de última geração e à adoção das novas gerações de Wi-Fi no Brasil. As tabelas e quadros elaborados no decorrer do trabalho sintetizam essas comparações, oferecendo uma visão sistematizada das diferenças observadas entre mercados e tecnologias.

A coleta e a seleção das informações seguiram critérios de relevância, atualidade e confiabilidade, priorizando estudos e relatórios publicados entre 2019 e 2024, período marcado pela consolidação do 5G e pelo desenvolvimento dos padrões Wi-Fi 6, 6E e 7.

Por fim, a análise dos dados foi conduzida por meio da correlação entre o avanço das tecnologias de smartphones e a progressão dos padrões Wi-Fi, observando de que maneira essas inovações se retroalimentam e impulsionam mutuamente. A metodologia adotada, de natureza qualitativa e descritiva, possibilitou compreender de forma ampla o fenômeno estudado, contribuindo para a construção de um panorama consistente sobre a interação entre smartphones e redes Wi-Fi no contexto brasileiro e internacional.

5 ESTUDO TEÓRICO

Este estudo teórico tem como objetivo apresentar a influência das tecnologias instaladas nos celulares no avanço da tecnologia Wi-Fi. Para isso, serão analisados diversos aspectos que envolvem tanto o acesso à internet no Brasil quanto os planos da Anatel para a disseminação do 5G. Além disso, será discutida a importância dos celulares e da infraestrutura para o avanço da conectividade, destacando-se os modelos de celulares mais avançados no mercado atual e os mais vendidos na América Latina, que, em sua maioria, ainda utilizam a tecnologia 4G.

A partir dos dados fornecidos, a análise buscará entender como as inovações presentes nos dispositivos móveis afetam a evolução da tecnologia Wi-Fi e, por consequência, a experiência de conectividade dos usuários. Este estudo visa identificar as barreiras tecnológicas e de infraestrutura que influenciam essa relação, bem como apontar as tendências e os possíveis caminhos para a convergência das tecnologias móveis e de redes sem fio nos próximos anos.

5.1 5G NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

A Anatel diz, em sua publicação de 2022 sobre a tecnologia 5G, que esta possui o potencial de massificar e diversificar a Internet das Coisas (IoT) em setores como segurança pública, telemedicina, educação à distância, cidades inteligentes, além de automação industrial e agrícola, entre muitos outros. O 5G consolidará e expandirá conceitos como a Internet das Coisas e o aprendizado de máquina em tempo real, promovendo uma transformação significativa na maneira como pessoas e organizações interagem e se conectam.

Para analisar o 5G no contexto internacional, este estudo utilizará os Estados Unidos como referência para a comparação de valores e indicadores. O país foi escolhido por ser um exemplo onde a tecnologia 5G já está amplamente disseminada, com elevado nível de acesso e viabilidade. Dessa forma, os dados dos EUA servirão como base para avaliar o estágio de desenvolvimento do 5G em relação ao Brasil, oferecendo uma perspectiva comparativa relevante para o entendimento do cenário nacional.

A Tabela 2 indica as pontuações relativas ao IDI, com base no banco de dados da UIT, recebidas pelos EUA (UIT, 2024).

Tabela 2 – Pontuação IDI dos EUA.

Indicadores	Pontuação
IDI	96,7
Conectividade Universal	99,0
Conectividade Significativa	94,4

Fonte: DataHub – ICT Development Index (2024)

De acordo com pesquisa realizada pela Ookla (2024), os provedores dos EUA estão continuando a expandir o alcance das redes 5G no mercado. O serviço 5G subiu de 68,4% no terceiro trimestre de 2023 para 76,7% no primeiro trimestre de 2024.

Seguindo com informações fornecidas pela pesquisa da Ookla (2024), provedores de telefonia móvel nos EUA estão priorizando melhorias no desempenho de *download*, tendência que deve continuar em 2024, com T-Mobile, AT&T e Verizon buscando vantagem competitiva. Entretanto, à medida que os ganhos no *download* apresentam retornos marginais decrescentes, a importância do desempenho de *upload* e da latência deve crescer, especialmente para casos sensíveis à latência, como chamadas de vídeo, jogos móveis e realidade aumentada.

Agora num âmbito nacional, a Tabela 3 indica as pontuações relativas ao IDI, com base no banco de dados da UIT, recebidas pelos Brasil (UIT, 2024).

Tabela 3 – Pontuação IDI do Brasil.

Indicadores	Pontuação
IDI	82,0
Conectividade Universal	77,1
Conectividade Significativa	87,0

Fonte: DataHub – ICT Development Index (2024)

Segundo publicação da Anatel (2024) em relação a infraestrutura do 5G, em julho de 2024 o 5G completou dois anos do início de sua implantação no país e atualmente possui cobertura média da tecnologia de 45%.

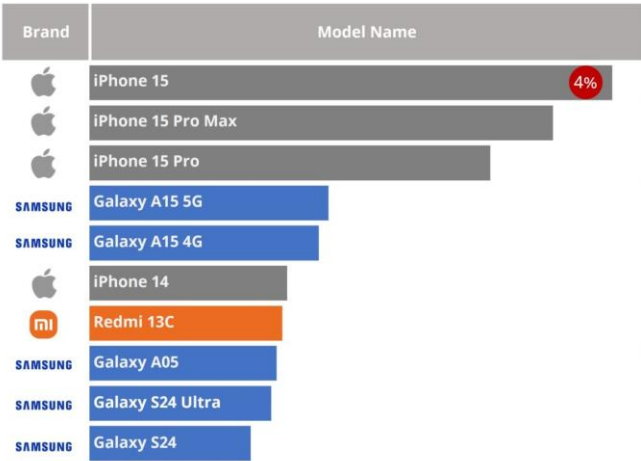
Em pesquisa realizada pela Mobile Time (2024), um dos tópicos abordados em relação dos brasileiros com seus smartphones foi a funcionalidade mais importante na escolha de um smartphone novo. Dos dados obtidos foi visto que, para o público geral, apenas 5% das pessoas se importam se o dispositivo possui a tecnologia 5G (MOBILE TIME, 2024).

5.2 SMARTPHONES NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

Em sua publicação para Wi-Fi Alliance, Rolf de Vegt (2013) afirma que os smartphones já se consolidaram como o principal motor da inovação tecnológica global. Tendo isso em vista o papel importante desses dispositivos, vê-se relevante analisar o mercado global e nacional.

Para analisar o mercado de smartphones no contexto internacional, este estudo utilizará novamente os Estados Unidos como referência para a comparação de valores. Para termos como base os modelos mais vendidos internacionalmente, a Figura 3 traz a relação dos smartphones mais comprados no segundo trimestre de 2024.

Figura 3 – Vendas globais de smartphones no 2º trimestre de 2024, top 10 mais vendidos.

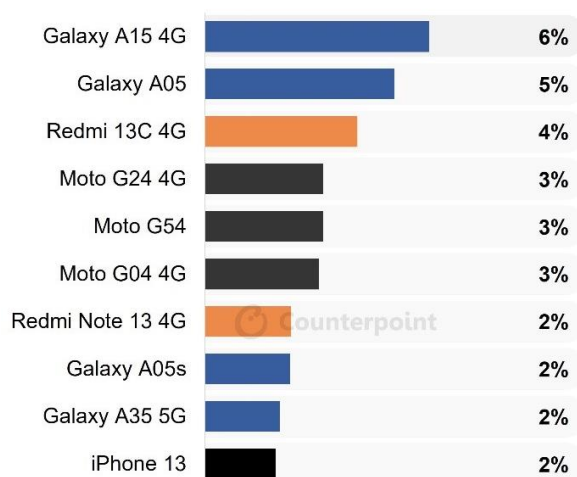


Fonte: Counterpoint (2024).

De acordo com o Tax Foundation (2024), os impostos sobre vendas nos EUA são compostos pela taxa do estado e pela local, que variam bastante de região para região. Com os dados fornecidos, temo-se uma média de 6,6% em taxas. Essas taxas são utilizadas para diversos produtos, incluindo os smartphones comprados no país.

A análise do mercado de smartphones brasileiro será realizada com base nos dados referentes à América Latina, que servirão como parâmetro comparativo. Para ter-se como base os modelos mais vendidos nacionalmente, a Figura 4 traz a relação dos smartphones mais comprados no segundo trimestre de 2024.

Figura 4 – Top 10 smartphones mais vendidos da América Latina no 2º trimestre de 2024



Fonte: Counterpoint (2024).

De acordo com o IBPT (2024), os tributos em relação a smartphones nacionais em 2024 é de 36,55%, enquanto para smartphones importados chega a 62,46%.

Internacionalmente observa-se uma qualidade de celulares superior, além de uma quantidade maior de aparelhos com tecnologia 5G e com tecnologia de conectividade para Wi-Fi 6 e alguns até 7, ocupando as posições de celulares mais vendidos em relação ao mais vendidos nacionalmente. Os nacionais acabam possuindo, em sua maioria, apenas tecnologia 4G e Wi-Fi 5 como tecnologia mais avançada de conectividade. Além disso, é possível perceber uma grande diferença na taxa sobre o produto, o que influencia nessa divergência na qualidade dos aparelhos.

5.2.1 Custo dos dispositivos

Para obter-se perspectiva do custo real dos dispositivos, será utilizado como base alguns dos aparelhos mais vendidos apresentados nas Figuras 3 e 4. Além disso, para que haja uma maior compreensão de seu valor, seu custo também será representado como porcentagem do

salário mínimo de cada país para que o poder de aquisição do país em questão também possa ser analisado. Essas relações serão representadas na Tabelas 4.

Segundo o U.S. Department of Labor (DOL), o salário mínimo nos EUA em 2024 é de US\$7,25 por hora, o que equivale a US\$ 1160 mensais (em uma jornada de trabalho de 40 horas semanais). Já no Brasil, segundo o governo, o salário mínimo mensal é de R\$ 1412.

Os valores dos produtos serão retirados a partir de plataformas de cada país, que têm como foco a comparação das especificações dos celulares, assim como disponibilizar o melhor preço encontrado para o produto. Para pesquisa dos valores internacionais será utilizada a plataforma GSMArena (2024), para os nacionais será utilizada a plataforma TudoCelular (2024). A Tabela 4 demonstra os valores de celulares.

Tabela 4 – Valores de celulares em relação ao salário mínimo de cada país.

Modelo	Valor (US\$)	Valor relativo ao SM EUA (%)	Valor (R\$)	Valor relativo ao SM Brasil (%)
iPhone 15	579,99	50,0	4781	338,6
iPhone 14	459,95	39,7	4190	296,7
Galaxy A15 4G	136,99	11,8	755	53,5
Galaxy A05	89,99	7,8	629	44,5
Redmi 13C	119,50	10,3	694	49,2
Moto G54	129,99	11,2	1029	72,9

Fonte: Produção do próprio autor

Os dados apresentados na Tabela 4 indicam que, nos Estados Unidos, há uma viabilidade significativamente maior para a aquisição de smartphones de linhas mais avançadas, que incorporam tecnologias mais recentes, mesmo considerando o salário mínimo. Essa realidade facilita a inserção da tecnologia 5G na sociedade, uma vez que, mesmo que o usuário não busque essa tecnologia de forma explícita, ela tende a ser incluída nos dispositivos adquiridos, devido à sua natureza de modelos mais novos.

5.2.2 Acessibilidade nacional

Trazendo os dados da Tabela 4 para analisar o mercado brasileiro, pode-se observar a inviabilidade de se adquirir modelos de última linha para um cidadão comum, tendo valores acima de três vezes um salário mínimo.

Devido aos preços, os celulares que oferecem melhor custo-benefício e se tornam os mais vendidos frequentemente não incluem a tecnologia 5G. Isso dificulta a inserção dessa tecnologia no mercado brasileiro, uma vez que, segundo pesquisa da Mobile Time (2024), a população já demonstra uma falta de interesse em ter essa tecnologia em seus dispositivos móveis.

Em publicação feita pelo O Globo (2024), de acordo com uma pesquisa divulgada pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), o volume de celulares vendidos de forma ilegal alcançou 25% do mercado no último trimestre de 2023.

Os dispositivos classificados como ilegais são aqueles originados de contrabando ou roubo, que não possuem registro na Anatel, não têm garantia dos fabricantes e não foram submetidos a testes de segurança.

A relação entre os preços elevados dos aparelhos e o crescimento do mercado ilegal de celulares é evidente. Com modelos de última geração custando mais de três vezes o salário mínimo, muitos consumidores brasileiros são levados a buscar alternativas mais acessíveis.

Esse cenário não apenas compromete a segurança dos usuários, mas também prejudica a arrecadação de impostos e impacta negativamente a indústria nacional, que é forçada a competir com produtos que não seguem as regulamentações estabelecidas. A popularidade dos celulares ilegais, que representam 25% do mercado, revela um descompasso entre a oferta de produtos legalizados e as reais necessidades financeiras da população. Assim, é importante que medidas sejam implementadas para coibir a venda de dispositivos ilegais e, ao mesmo tempo, facilitar o acesso a tecnologias mais avançadas, como o 5G, para que os consumidores possam fazer escolhas informadas e seguras.

5.3 WI-FI NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL

A evolução das tecnologias Wi-Fi e sua implementação variam substancialmente entre o Brasil e outros países, especialmente em nações com maior índice de desenvolvimento econômico e de inovação tecnológica. No contexto internacional, observa-se um progresso acelerado na qualidade dos dispositivos móveis, com maior adoção de tecnologias de

conectividade como o Wi-Fi 6 e o emergente Wi-Fi 7. Em contraste, no Brasil, os dispositivos mais vendidos ainda utilizam, em grande parte, o Wi-Fi 5, refletindo uma defasagem em relação aos avanços disponíveis em mercados internacionais.

Segundo George, George e Baskar (2023), o Wi-Fi 7 representa uma nova fase de conectividade sem fio, prometendo avanços significativos em velocidade, latência e eficiência de rede. Esta tecnologia, além de suportar indústrias diversificadas, está posicionada para transformar a experiência do usuário em aplicações críticas e no dia a dia, à medida que for amplamente implementada. Contudo, o desenvolvimento bem-sucedido do Wi-Fi 7 dependerá da colaboração entre os principais agentes da indústria, operadoras de redes e órgãos reguladores. A adoção acelerada de tecnologias de ponta, como o Wi-Fi 7, em países desenvolvidos contrasta com a situação nacional, onde o Wi-Fi 5 ainda é o padrão predominante.

A tributação e as políticas fiscais exercem um impacto direto nessa disparidade. Em mercados como o brasileiro, a taxação elevada sobre dispositivos importados e os altos custos de implementação de novas infraestruturas tecnológicas limitam o acesso a dispositivos mais modernos. No cenário internacional, essa limitação é menor, e os consumidores frequentemente têm acesso a aparelhos com tecnologia avançada de conectividade a preços mais competitivos. Com isso, observa-se que a velocidade de adoção de novas gerações de Wi-Fi é mais elevada em países desenvolvidos, que têm menor carga tributária sobre produtos tecnológicos, facilitando o acesso a equipamentos que suportam as inovações mais recentes.

Além das diferenças de infraestrutura e acesso, a latência e o desempenho de redes Wi-Fi também variam consideravelmente em função das condições tecnológicas de cada país. Conforme argumentam Ehud e Cordeiro (2022), a latência *end-to-end* (E2E) em Wi-Fi tem sido reduzida com as evoluções nas gerações 6 e 7 da tecnologia. Em ambientes internacionais com melhor infraestrutura, o Wi-Fi 6, e em breve o Wi-Fi 7, permitem uma conectividade com latência ultra-baixa, o que viabiliza aplicações de Internet das Coisas em tempo real, como as “fábricas sem fio”. No Brasil, contudo, o uso do Wi-Fi 5, com menor capacidade de lidar com demandas complexas, limita a utilização desses casos de uso avançados, retardando o desenvolvimento de setores que dependem de tecnologia com conectividade mais robusta.

Portanto, enquanto globalmente o Wi-Fi caminha para a implementação de tecnologias cada vez mais eficientes e que suportam uma maior variedade de aplicações, no Brasil a infraestrutura ainda enfrenta desafios para acompanhar esse ritmo. Essa diferença ressalta a necessidade de políticas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico, incluindo a

modernização da infraestrutura e a redução de barreiras fiscais, de modo a viabilizar a adoção de padrões globais e a promover a inclusão tecnológica no país.

5.4 RELAÇÃO ENTRE WI-FI E 5G

A relação entre Wi-Fi e 5G é complexa e multifacetada, caracterizando-se tanto pela complementaridade quanto pela concorrência. Nos últimos anos, a crescente demanda por conectividade sem fio, seja para dispositivos pessoais, ambientes corporativos ou industriais, intensificou a necessidade de coexistência entre essas tecnologias. Ambas foram concebidas para atender às demandas de conectividade, mas diferem em contextos de aplicação, padrões regulatórios e perspectivas de adoção (MARTÍNEZ; RIBEIRO; MOTA, 2023)

Historicamente, o Wi-Fi se consolidou como a tecnologia preferida para redes locais, principalmente em ambientes internos como residências e escritórios. Seu processo de padronização é ágil, a infraestrutura de equipamentos é ampla e acessível, e há grande base de adoção, facilitando sua atualização contínua. Contudo, o avanço do 5G, focado em ambientes de mobilidade e em proporcionar uma conectividade robusta em contextos de alta densidade e mobilidade, colocou essas tecnologias em um contexto de possível concorrência (OUGHTON; LEHR; KATSAROS; SELINIS; BUBLEY; KUSUMA, 2021). Embora o 5G represente uma solução potente para conectar dispositivos de maneira ampla, ele também traz desafios associados a altos custos de implantação e consumo energético, especialmente em ambientes fechados.

As tendências de mercado indicam que Wi-Fi e 5G devem continuar coexistindo e colaborando para atender às diversas demandas de conectividade. Essa relação mútua permite que ambas as tecnologias possam ser integradas de forma complementar em diferentes cenários, onde o Wi-Fi continua a ser a opção de menor custo e fácil implementação em ambientes *indoor*, enquanto o 5G é mais indicado para situações que requerem alta mobilidade e escalabilidade, como em espaços externos ou industriais. Essa complementaridade é estratégica, pois ambos os padrões visam aumentar a eficiência espectral e a experiência do usuário, proporcionando novos modelos de negócios e de uso do espectro.

No cenário industrial, por exemplo, empresas têm a opção de utilizar Wi-Fi para necessidades de conectividade interna, ou implementar redes 5G privadas para setores específicos que exigem qualidade de serviço rigorosa, como a Internet das Coisas industrial. As escolhas de rede se baseiam em considerações de custo e flexibilidade, o que torna o Wi-Fi

uma solução eficaz para demandas locais e menos exigentes, e o 5G mais atraente para cenários que requerem controle rigoroso e alta confiabilidade (OUGHTON; LEHR; KATSAROS; SELINIS; BUBLEY; KUSUMA, 2021).

A possibilidade de operação do 5G em espectros não licenciados também aponta para um futuro de maior convergência tecnológica. Esse avanço implica na criação de redes híbridas, onde o Wi-Fi complementa o 5G, atendendo dispositivos e aplicações de menor exigência, enquanto o 5G suporta requisitos mais rigorosos de qualidade de serviço. No entanto, a transição para uma infraestrutura que suporte ambos ainda enfrentam desafios regulatórios e de alocação de espectro, especialmente em países onde o acesso a bandas de espectro é limitado.

No Brasil, a adoção de Wi-Fi e 5G enfrenta barreiras distintas. A cobertura de 5G é fragmentada, e sua implementação é onerosa, o que ressalta a importância do Wi-Fi como tecnologia complementar, especialmente em regiões com infraestrutura limitada (OUGHTON; LEHR; KATSAROS; SELINIS; BUBLEY; KUSUMA, 2021). A estratégia nacional, portanto, deve focar na criação de políticas que promovam a convivência dessas tecnologias, equilibrando suas funções em diferentes contextos e possibilitando um desenvolvimento mais acessível e sustentável da infraestrutura de redes sem fio.

Em resumo, embora existam discussões sobre a possibilidade de uma tecnologia substituir a outra, o consenso atual entre especialistas sugere que a coexistência e integração entre Wi-Fi e 5G não são apenas viáveis, mas também desejáveis. Essa colaboração permite que ambas contribuam para um ecossistema de conectividade que responde a diferentes necessidades de mercado e perfis de uso, assegurando uma conectividade abrangente, estável e eficiente em diferentes ambientes e aplicações.

5.5 RELAÇÃO ENTRE SMARTPHONES E TECNOLOGIAS WI-FI

A relação entre smartphones e tecnologias Wi-Fi é profundamente interconectada. O avanço em uma dessas frentes inevitavelmente impulsiona a outra. À medida que os dispositivos móveis se tornam mais sofisticados e amplamente acessíveis, a demanda por conectividade rápida e eficiente também cresce exponencialmente. O papel dos smartphones como principal vetor de inovações tecnológicas é incontestável, especialmente quando se trata de Wi-Fi, uma tecnologia essencial para atender à crescente demanda por dados.

Conforme apontado por Adami (2023), o crescimento do setor de telecomunicações está intimamente ligado à proliferação de dispositivos móveis, que agora representam a principal

forma de acesso à internet para milhões de usuários. A expansão dessas redes de telecomunicações, no entanto, não é apenas uma questão de disponibilidade. Ela depende de políticas públicas que garantam não apenas a expansão das redes, mas também a capacidade dos indivíduos de contratar e usar esses serviços, independentemente de sua classe social ou poder aquisitivo.

Para compreender melhor a evolução tecnológica dos smartphones em relação às capacidades de conectividade Wi-Fi e redes móveis, na Tabela 5 com informações detalhadas sobre marcas e modelos contemporâneos. A Tabela 5 inclui uma comparação das redes móveis suportadas e as tecnologias Wi-Fi incorporadas em cada dispositivo.

Tabela 5 – Comparação das redes móveis suportadas e as tecnologias Wi-Fi incorporadas em cada dispositivo.

Marca	Modelo	Rede	Conectividade
Apple	iPhone16 Pro Max	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6/6E/7
Samsung	Galaxy S24 Ultra	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6/6E/7
Motorola	Edge 50 Ultra	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6/6E/7
Xiaomi	14T	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6/6E
Xiaomi	13C	2G, 3G e 4G	802.11 a/b/g/n/ac
Motorola	Moto G24	2G, 3G e 4G	802.11 a/b/g/n/ac
Motorola	Moto G54	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac
Samsung	Galaxy A15	2G, 3G e 4G	802.11 a/b/g/n/ac
Samsung	Galaxy A05	2G, 3G e 4G	802.11 a/b/g/n/ac
Apple	iPhone 13	2G, 3G, 4G e 5G	802.11 a/b/g/n/ac/6

Fonte: Produção do próprio autor

A acessibilidade é fundamental para o crescimento sustentável dessa infraestrutura, e é nesse ponto que a tecnologia Wi-Fi se torna ainda mais relevante. O Wi-Fi oferece uma maneira eficiente de aumentar o alcance das redes de dados móveis, permitindo que operadoras e empresas possam atender a uma demanda crescente de dados sem sobrecarregar

as redes móveis tradicionais. Nesse sentido, a adoção massiva de smartphones tem sido um dos principais motores para a expansão do Wi-Fi, transformando a forma como o mercado e as tecnologias se desenvolvem.

Conforme destacado por Rolf de Vegt (2013), o crescimento exponencial no uso de smartphones não apenas molda o mercado de dispositivos móveis, mas também direciona a maneira como novas tecnologias, como o Wi-Fi, são adotadas. O avanço dos smartphones tem sido, em grande parte, responsável pela aceleração da inovação nas tecnologias de conectividade, à medida que as demandas por maior velocidade, eficiência e confiabilidade crescem.

As operadoras de rede e fabricantes de smartphones agora incorporam rapidamente novas tecnologias Wi-Fi, uma vez que os consumidores exigem cada vez mais conectividade de alta qualidade. Isso posiciona os smartphones como protagonistas na evolução do Wi-Fi, que se tornou um recurso essencial para o funcionamento eficiente desses dispositivos, especialmente em ambientes com alta densidade de usuários.

A CISCO (2020), em seu estudo, aponta que a expansão das aplicações de Internet das Coisas (IoT) e a emergência da conectividade 5G estão mudando drasticamente os requisitos das redes sem fio. Esse aumento não se limita apenas aos smartphones, mas esses continuam a ser os principais vetores de dados.

O 5G, por outro lado, promete oferecer uma conectividade móvel sem precedentes, mas o Wi-Fi permanece como uma solução crítica para lidar com a crescente demanda por largura de banda. De fato, o Wi-Fi tem sido um recurso essencial para atender à necessidade de conectividade de alta performance, principalmente em áreas urbanas, onde a densidade de dispositivos conectados é alta.

No contexto internacional, observa-se uma maior qualidade e variedade de smartphones com conectividade avançada, refletindo a superioridade dos modelos disponíveis no mercado global. Dispositivos mais vendidos globalmente já apresentam, em sua maioria, suporte ao 5G, bem como Wi-Fi 6 e, mais recentemente, Wi-Fi 7, o que evidencia a rápida adoção dessas tecnologias em outros países. Em contrapartida, no Brasil, as vendas de smartphones são amplamente concentradas em modelos que suportam apenas Wi-Fi 5 e conectividade 4G, limitando a experiência do usuário em termos de velocidade e eficiência de rede, como discutido no subcapítulo 4.3.

Além disso, fatores econômicos, como a tributação elevada sobre esses dispositivos no Brasil, influenciam diretamente essa disparidade tecnológica, dificultando o acesso a modelos mais modernos e avançados. O Wi-Fi 5 permanece a tecnologia mais amplamente disponível

nos aparelhos nacionais, enquanto o acesso ao Wi-Fi 6 e 7 ainda está restrito a aparelhos de alto custo, que representam uma parcela menor do mercado. Essa diferença de acessibilidade afeta não apenas a experiência do usuário, mas também a evolução das redes de conectividade, uma vez que o mercado nacional se adapta mais lentamente às inovações globais.

Essa disparidade tecnológica ressalta o papel fundamental do Wi-Fi em complementar o 5G, especialmente em países onde o avanço do 5G ainda enfrenta desafios de infraestrutura e custo. A relação entre smartphones e Wi-Fi é, portanto, de mútua influência: enquanto a disseminação de dispositivos móveis continua a alimentar a demanda por tecnologias de conectividade avançadas, essas mesmas tecnologias ajudam a expandir e otimizar a experiência de conectividade para um público mais amplo (MARTÍNEZ; RIBEIRO; MOTA, 2024; OUGHTON; LEHR; KATSAROS; SELINIS; BUBLEY; KUSUMA, 2021).

Ademais, o uso de Wi-Fi é uma ferramenta fundamental para garantir a mobilidade da força de trabalho, permitindo que funcionários em qualquer local possam se conectar de forma eficiente. A convergência entre as tecnologias de Wi-Fi e IoT está moldando o futuro das redes sem fio, onde se espera que os smartphones desempenhem um papel ainda maior, servindo como *hubs* para conectar múltiplos dispositivos (CISCO, 2020; IEEE, 2024).

A proliferação dos dispositivos móveis não apenas depende da evolução das tecnologias de conectividade, mas também as impulsiona. À medida que mais smartphones entram no mercado, a demanda por conexões Wi-Fi rápidas e confiáveis continua a crescer, promovendo novas inovações. Essa relação simbiótica deve continuar a moldar o futuro tanto dos dispositivos móveis quanto das redes sem fio, com o avanço contínuo da IoT e da tecnologia 5G (ADAMI, 2023; GEORGE; GEORGE; BASKAR, 2023).

5.6 PREVISÃO DE INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA

A evolução das telecomunicações, especialmente com a chegada do 5G, demanda investimentos significativos em infraestrutura. O planejamento estratégico da Anatel, refletido nas metas estabelecidas para o período de 2023 a 2027, oferece uma visão clara das áreas prioritárias para investimentos, bem como dos desafios que ainda precisam ser superados para garantir uma infraestrutura robusta e inclusiva (ANATEL, 2024). Tais metas estão representadas na Figura 5.

A primeira grande meta da Anatel é promover a conectividade e assegurar a prestação de serviços de comunicação com qualidade para todos os brasileiros. Um dos principais focos

de investimento está na expansão da cobertura do 5G *Standalone*, cuja previsão é atingir 57,67% da população até 2027, partindo de 0% em 2021. Até junho de 2023, esse número já alcançava 52,66%, evidenciando um progresso substancial nessa área (ANATEL, 2024). Essa expansão exige um adensamento da infraestrutura de antenas, principalmente em áreas urbanas densas, como capitais e regiões metropolitanas, conforme indicado nas ações da Anatel para modernizar a legislação municipal de antenas e otimizar o uso do espectro em faixas críticas como a de 6 GHz e 10 GHz (ANATEL, 2024). A Figura 5 representa a consolidação dos indicadores estratégicos apresentados pela Anatel (2024).

Além disso, há uma forte ênfase na expansão das redes de *backhaul* de fibra óptica, essenciais para suportar a crescente demanda por dados. A previsão é que até 2027, 100% dos municípios brasileiros estejam conectados via fibra óptica (em comparação aos 83,97% de 2021), com um avanço gradual observado, atingindo 76,92% em abril de 2023 (ANATEL, 2024). No que se refere às localidades com mais de 600 habitantes, a conectividade de fibra óptica deverá passar dos atuais 13,63% para 50% até 2027, uma meta que requer investimentos expressivos em regiões ainda desconectadas (ANATEL, 2024).

As metas de melhoria da satisfação dos consumidores também demonstram o compromisso de assegurar um serviço de alta qualidade. Até 2027, espera-se elevar a satisfação dos usuários de banda larga fixa de 6,9 para 7,5 e a satisfação dos consumidores de telefonia móvel de 7,6 para 8,1 (ANATEL, 2024). Esse foco no cliente reflete a necessidade de melhorar continuamente a infraestrutura, garantindo que ela não apenas atenda às necessidades de conectividade, mas também ofereça uma experiência satisfatória (ANATEL, 2024).

Figura 5 – Consolidação dos Indicadores Estratégicos

Objetivos Estratégicos de Resultado	Meta Estratégica (ME)	Linha de base	Meta 2027	Resultado 2023
1. Promover a conectividade e a prestação de serviços de comunicação com qualidade para todos	ME01 - Ampliar a cobertura da telefonia móvel 5G Standalone de 0% em 2021 para 57,67% da população brasileira até 2027	0% (dez/2021)	57,67%	52,66% ¹ (jun/2023)
	ME02 - Expandir a conectividade de backhaul de fibra óptica de 83,97% para 100% dos municípios brasileiros até 2027	83,97% (dez/2021)	100%	76,92% (abr/2023)
	ME03 - Expandir a conectividade de backhaul de fibra óptica de 13,63% para 50% das localidades com mais de 600 habitantes até 2027	13,63% (dez/2021)	50%	13,63% (dez/2021)
	ME04 - Aumentar a velocidade média contratada na banda larga fixa de 186,3 Mbps ² para 1 Gbps ³ até 2027	186,3 Mbps (dez/2021)	1 Gbps	327,03 Mbps (nov/2023)
	ME05 - Impulsionar o cumprimento de excelência da velocidade contratada de 78,28% para 87,00% até 2027	78,28% (dez/2021)	87%	83,70% (dez/2023)
	ME06 - Elevar o nível de satisfação geral dos consumidores da Banda Larga Fixa de 6,9 para 7,5 até 2027	6,9 (dez/2021)	7,5	7,43 (dez/2023)
	ME07 - Elevar o nível de satisfação geral dos consumidores da Telefonia Móvel de 7,6 para 8,1 até 2027	7,6 (dez/2021)	8,1	7,71 (dez/2023)
2. Estimular mercados dinâmicos e sustentáveis de serviços de comunicação e de conectividade	ME08 - Manter a competição de mercado de oferta de Banda Larga Fixa em cenário agressivo até 2027	0,0964 (dez/2021)	< 0,15	0,0793 (nov/2023)
	ME09 - Manter a competição de mercado de oferta de Telefonia Móvel em cenário conservador até 2027	0,2573 (dez/2021)	< 0,3594	0,3223 (nov/2023)
3. Fomentar a transformação digital junto à sociedade em condições de equilíbrio de mercado	ME10 - Contribuir para ampliar o percentual de usuários de internet no Brasil de forma a mantê-lo compatível com os 20 países melhor avaliados pela União Internacional de Telecomunicações (UIT) até 2027	81,34% (dez/2020)	95%	84,15% (dez/2023)
	ME11 - Contribuir para expandir o percentual de usuários de internet no Brasil com habilidades moderadas em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) de forma a mantê-lo compatível com os 20 países melhor avaliados pela União Internacional de Telecomunicações (UIT) até 2027	13% (dez/2020)	30%	12% (dez/2021)
4. Garantir atuação de excelência com foco nos resultados para a sociedade	ME12 - Aprimorar o nível de governança e gestão da Anatel para estar compatível com os 20 órgãos e entidades melhor avaliados na Administração Pública Federal até 2027	70,50% (dez/2021)	90%	86,85% (dez/2023)
	ME13 - Aumentar a disponibilidade de dados e informações da Anatel em formato aberto de 21,9% para 85% até 2027	21,90% (dez/2021)	85%	82,99% (dez/2023)

Fonte: Adaptação de Relatório Anual de Gestão 2023 (Anatel).

5.7 PREVISÃO DE INVESTIMENTOS EM DISPOSITIVOS

O mercado de dispositivos móveis, especialmente smartphones, está em constante transformação, impulsionado pela evolução tecnológica e pela crescente demanda por conectividade. No Brasil, os investimentos em dispositivos não são apenas necessários para acompanhar os avanços globais, mas também para garantir a regularização do mercado, que enfrenta desafios como a comercialização de produtos ilegais e a adaptação às novas tecnologias de rede, como o 4G e o 5G (ANATEL, 2024).

A Anatel tem desempenhado um papel ativo na regulamentação e controle de dispositivos móveis. Em outubro de 2024, a Anatel atualizou os requisitos para a certificação de estações terminais de acesso (ETA) e celulares, estabelecendo que, a partir de abril de 2025, somente equipamentos com tecnologia 4G ou superior poderão ser certificados. Esta mudança visa garantir que os novos dispositivos sejam compatíveis com as redes mais modernas, evitando a obsolescência de produtos que ainda utilizam tecnologias 2G e 3G, que estão em processo de desativação (ANATEL, 2024).

O impacto dessa regulamentação será significativo para o setor, visto que as empresas precisarão investir em tecnologias de fabricação e importação de dispositivos com capacidades avançadas. Além disso, as medidas coíbem a venda de dispositivos desatualizados, que poderiam gerar prejuízos aos consumidores quando as redes mais antigas forem desativadas (ANATEL, 2024).

Outro fator que influencia os investimentos em dispositivos é o combate à comercialização de produtos ilegais. Para enfrentar esse problema, a Anatel adotou medidas mais rígidas contra a venda de celulares não homologados, especialmente em plataformas de comércio eletrônico. Em junho de 2024, a Agência estabeleceu um prazo de 25 dias para que as grandes plataformas de venda online se adequassem às normas vigentes, impondo multas diárias que variam de R\$ 200 mil a R\$ 6 milhões em caso de descumprimento. Caso as plataformas não se regularizem, poderão ter seus domínios bloqueados (ANATEL, 2024).

Os investimentos em dispositivos também desempenham um papel fundamental na transformação digital. A adoção de tecnologias como 5G, inteligência artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) depende diretamente da disponibilidade de dispositivos capazes de operar nessas redes e oferecer suporte a essas inovações. No Brasil, espera-se que a demanda por smartphones e outros dispositivos móveis avançados impulsione a expansão da conectividade, além de estimular o desenvolvimento de novos mercados, como automação residencial e industrial (ANATEL, 2024).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 INFLUÊNCIAS DOS CELULARES NO AVANÇO DAS TECNOLOGIAS DE WI-FI

O desenvolvimento das tecnologias Wi-Fi tem sido profundamente influenciado pelo avanço dos smartphones, cujas inovações e aumento de popularidade impulsionam a demanda por conectividade mais rápida e eficiente. Com o aumento exponencial do uso de dispositivos móveis, especialmente em regiões urbanas densamente povoadas, torna-se crucial que redes Wi-Fi possam suportar o tráfego elevado e a conectividade simultânea de múltiplos dispositivos. Além disso, o crescimento da IoT e da conectividade 5G, especialmente em aplicações industriais e domésticas, tem transformado o perfil de uso das redes, fazendo com que tecnologias Wi-Fi mais recentes como Wi-Fi 6 e 7 se consolidem como essenciais para a conectividade de última geração.

Internacionalmente, observa-se uma adoção mais rápida das tecnologias Wi-Fi 6 e 7, impulsionada por dispositivos móveis de alta qualidade que, em muitos casos, suportam redes 5G e Wi-Fi de última geração. Em contraste, no Brasil, a maioria dos dispositivos ainda utiliza tecnologias mais antigas, como Wi-Fi 5 e redes móveis 4G, devido a fatores como a taxação sobre produtos tecnológicos e a menor acessibilidade financeira. Esse contexto impacta diretamente a infraestrutura de redes Wi-Fi, que precisa atender tanto aos avanços tecnológicos quanto às limitações de mercado e políticas públicas que influenciam o acesso dos consumidores.

Os smartphones têm se destacado como protagonistas na adoção de novas tecnologias Wi-Fi. Como principais vetores de inovação e dispositivos predominantes para o acesso à internet, eles não só incentivam a evolução da infraestrutura Wi-Fi, como também estimulam as operadoras e fabricantes a adotarem rapidamente os padrões de conectividade mais recentes. Essa interação simbiótica entre a tecnologia Wi-Fi e os dispositivos móveis é evidenciada pela convergência entre as tecnologias Wi-Fi e IoT, onde se espera que smartphones desempenhem o papel de *hubs*, conectando múltiplos dispositivos e promovendo o desenvolvimento de ambientes de rede cada vez mais robustos e integrados.

A adoção de smartphones compatíveis com Wi-Fi 6 e 7 promete trazer benefícios significativos, principalmente em locais com alta densidade de dispositivos conectados, onde a baixa latência e a alta capacidade de tráfego são essenciais para uma experiência de usuário satisfatória. Assim, observa-se que a evolução das tecnologias de Wi-Fi é impulsionada não

apenas pela necessidade de conectividade de alta performance, mas também pela própria natureza dos smartphones, que continuamente desafiam e moldam o futuro das redes sem fio.

6.2 IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS WI-FI

As tecnologias Wi-Fi vêm desempenhando um papel transformador na sociedade, com impactos que se estendem desde a economia até o cotidiano de indivíduos e empresas. A evolução constante dos padrões Wi-Fi, como o Wi-Fi 6 e o Wi-Fi 7, permite maior velocidade, menor latência e maior capacidade de conexão simultânea, o que é importante para suportar o aumento exponencial no uso de dispositivos móveis e IoT. Esse avanço não apenas aprimora a experiência de navegação para usuários comuns, mas também possibilita aplicações complexas em setores industriais, educacionais e médicos, viabilizando, por exemplo, a realização de cirurgias remotas e operações industriais precisas.

Na Tabela 6 é ilustrado as principais especificações dos padrões Wi-Fi, evidenciando a evolução nas velocidades de transmissão, latência, capacidade de dispositivos suportados e as aplicações mais indicadas para cada padrão.

Tabela 6 – Características dos padrões Wi-Fi.

Padrão Wi-Fi	Velocidade máxima teórica (Gbps)	Latência média (ms)	Número máximo de dispositivos suportados	Locais ideais para aplicação
Wi-Fi 5	3,5	30	Moderado	Residenciais, pequenos escritórios.
Wi-Fi 6	9,6	10	Alto	Escritórios corporativos, campi universitário.
Wi-Fi 7	40	1	Muito alto	Indústrias, aeroportos, hospitais.

Fonte: Produção do próprio autor

A disseminação das redes Wi-Fi de última geração contribui significativamente para a inclusão digital e a democratização do acesso à informação, especialmente em regiões onde as redes móveis de alta velocidade, como o 5G, ainda não estão disponíveis. A acessibilidade econômica das tecnologias Wi-Fi e o uso de frequências não licenciadas tornam essa solução mais viável em áreas urbanas densas e comunidades com recursos limitados, permitindo que a população tenha acesso a uma conectividade de alta qualidade.

Além disso, as redes Wi-Fi evoluem para atender à crescente demanda por banda larga em ambientes corporativos e industriais. O Wi-Fi 6, por exemplo, é amplamente adotado em locais com alta densidade de dispositivos conectados, como centros empresariais, estádios e hospitais. Essas tecnologias oferecem resiliência e segurança aprimoradas, sendo ideais para suportar o tráfego de dados intensivo e a integração com dispositivos de IoT. À medida que o Wi-Fi se converte em infraestrutura essencial para empresas e residências, os benefícios dessas tecnologias vão além da conveniência, impactando diretamente a produtividade, o desenvolvimento de novos modelos de negócios e a inovação em larga escala.

Portanto, espera-se que o Wi-Fi 7 impulse ainda mais a conectividade, possibilitando novos cenários de uso que vão desde o entretenimento em alta definição até o controle avançado em ambientes industriais e de saúde. Esses avanços solidificam o Wi-Fi como um pilar para o progresso digital, complementando e, em muitos casos, substituindo outras tecnologias de conectividade e contribuindo para uma rede global mais acessível, ágil e integrada.

De acordo com o artigo de EHUD e Cordeiro (2022), projeções para o Wi-Fi 8 indicam que essa futura geração, com lançamento previsto para 2027-2028, trará avanços significativos em taxa de transmissão, capacidade e latência, atendendo às demandas de aplicações de alta exigência, como realidade aumentada (AR), realidade virtual (VR) e Internet das Coisas Industrial (IIoT). A nova tecnologia deverá incorporar funcionalidades como operação colaborativa entre dispositivos, melhor coordenação entre pontos de acesso e novos esquemas de transmissão, especialmente em redes *peer-to-peer* (P2P).

Além disso, o Wi-Fi 8 deve aprimorar a gestão de qualidade de serviço (QoS) por meio de aprendizado de máquina, permitindo a otimização da rede em tempo real. A expansão para bandas de frequência mais altas, como ondas milimétricas, também é prevista, oferecendo maior eficiência espectral, embora exija soluções específicas devido às limitações de propagação em frequências elevadas. Esses avanços posicionam o Wi-Fi 8 como uma tecnologia chave para o futuro das redes sem fio, adaptando-se à crescente demanda por conectividade eficiente e rápida em diversos setores.

6.3 POTENCIAIS IMPACTOS SOCIAIS

O desenvolvimento das tecnologias de comunicação sem fio, especialmente o 5G e as gerações mais avançadas de Wi-Fi, gera mudanças substanciais nas interações sociais e nas dinâmicas econômicas globais. O 5G, ao oferecer conectividade móvel com alta velocidade e baixa latência, permite que serviços essenciais, como saúde, educação e segurança, sejam acessados com maior eficiência e acessibilidade. Nas áreas urbanas, o 5G facilita a implantação de cidades inteligentes, com sensores e dispositivos interconectados que otimizam a mobilidade urbana, segurança e até mesmo o gerenciamento de resíduos. Em locais menos favorecidos, essa tecnologia pode reduzir o isolamento digital, fornecendo acesso mais rápido e estável para serviços básicos, o que contribui diretamente para a inclusão digital.

As tecnologias Wi-Fi, ao complementar o 5G, permitem um alcance ainda mais amplo de conectividade, especialmente em ambientes fechados e locais públicos onde há grande concentração de usuários, como centros comerciais, instituições educacionais e hospitais. O Wi-Fi 5, amplamente difundido em residências e pequenos escritórios, ainda oferece conectividade robusta para atividades básicas, como videoconferências, *streaming* e ensino remoto. Isso garante que, mesmo com a chegada de tecnologias mais avançadas, o Wi-Fi 5 continue desempenhando um papel significativo na democratização do acesso à internet de qualidade.

Com a introdução do Wi-Fi 6, o desempenho de redes Wi-Fi passa a atender a demanda crescente de locais com alta densidade de dispositivos conectados. A conectividade em campus universitários, espaços de *coworking* e ambientes empresariais torna-se mais eficiente, promovendo uma experiência digital mais fluida e produtiva. A capacidade do Wi-Fi 6 de suportar múltiplos dispositivos simultaneamente também contribui para uma inclusão digital mais ampla, permitindo que usuários tenham acesso contínuo a uma infraestrutura de internet de alta performance, fundamental em ambientes colaborativos e de aprendizado.

O Wi-Fi 7, por sua vez, traz uma revolução para as aplicações que demandam alta taxa de transmissão de dados e baixa latência. A aplicação do Wi-Fi 7 em locais de saúde e educação é especialmente impactante, permitindo a realização de procedimentos remotos e o acompanhamento em tempo real de diagnósticos. Esse padrão ainda possibilita um monitoramento mais detalhado em setores industriais, com potencial para otimizar a produção e aumentar a segurança em fábricas e armazéns, contribuindo para a criação de um ecossistema digital mais integrado e eficiente.

O 5G também tem implicações significativas para o setor de saúde, especialmente em telemedicina. A baixa latência possibilitará a realização de cirurgias remotas e procedimentos que exigem uma interação rápida e confiável entre médicos e pacientes. Essa capacidade pode revolucionar o atendimento médico em áreas rurais ou em regiões com escassez de profissionais de saúde.

A convergência entre o 5G e o Wi-Fi, portanto, molda um ecossistema digital onde as duas tecnologias coexistem e se complementam. Em vez de substituir o Wi-Fi, o 5G amplia as opções de conectividade, enquanto as gerações Wi-Fi mantêm uma posição central em ambientes internos, onde a capacidade de lidar com alta densidade de dispositivos é essencial. Essa interação permite que o Wi-Fi se mantenha como uma solução eficaz e acessível, atendendo a uma demanda crescente por conectividade confiável em espaços domésticos, corporativos e educacionais. Com isso, ambas as tecnologias contribuem para um acesso mais equitativo e inclusivo à internet, especialmente em locais onde o custo da conectividade móvel pode ser um obstáculo.

O impacto social desse avanço conjunto se reflete em diversos aspectos, desde a facilitação do trabalho remoto até a promoção de uma educação mais acessível e moderna. Tecnologias de Wi-Fi mais avançadas, como o Wi-Fi 7, ampliam o acesso a serviços públicos e privados de qualidade, permitindo que setores vulneráveis da população se beneficiem da transformação digital. A possibilidade de uso massivo da internet em áreas rurais e urbanas distantes também oferece novos horizontes para o desenvolvimento social e econômico, com o potencial de reduzir a exclusão digital e promover uma sociedade mais conectada e integrada.

A longo prazo, as evoluções nas redes Wi-Fi e na conectividade 5G desempenharão um papel crucial na criação de uma infraestrutura digital robusta. A ampliação do acesso à internet de alta qualidade facilita o surgimento de novas oportunidades econômicas, promove a inclusão social e transforma profundamente as relações sociais e de trabalho. Com a continuidade desse avanço, o impacto social das tecnologias de conectividade sem fio deve se intensificar, garantindo um futuro mais inclusivo e interconectado para todas as camadas da sociedade.

Entretanto, essa revolução tecnológica não vem sem desafios. O aumento da conectividade e a dependência de tecnologias mais avançadas podem acentuar as desigualdades sociais se políticas públicas adequadas não forem implementadas. Como destacado por Adami (2023), a universalização das telecomunicações deve considerar tanto a expansão das redes quanto a acessibilidade econômica. Para que os benefícios do 5G sejam

amplamente compartilhados, é fundamental que haja um esforço concertado para reduzir as barreiras de custo ao acesso não apenas à internet, mas também aos dispositivos necessários para usufruir dessa conectividade.

A implementação dessas novas tecnologias no Brasil oferece uma oportunidade única de impulsionar o desenvolvimento social e econômico, mas também apresenta desafios que devem ser enfrentados de forma proativa. O potencial de transformação é inegável, abrangendo áreas críticas como educação, saúde e trabalho. No entanto, a criação de um ambiente digital inclusivo e seguro requer um compromisso contínuo de todas as partes envolvidas — governo, setor privado e sociedade civil — para garantir que os benefícios da conectividade sejam amplamente distribuídos e que a digitalização do Brasil aconteça de maneira justa e equitativa. O futuro da conectividade no país dependerá da capacidade de todos os envolvidos em transformar as promessas do 5G e dos novos padrões Wi-fi em uma realidade acessível e benéfica para todos.

6.4 INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA

Embora as previsões de investimento e expansão sejam promissoras, a Anatel reconhece que há desafios a serem superados. Entre eles, está a necessidade de garantir a inclusão de áreas mais remotas e menos desenvolvidas, onde a conectividade ainda é limitada. A expansão do 5G e das redes de fibra óptica depende, em grande parte, da superação dessas barreiras regionais e da promoção de um ambiente competitivo que incentive o investimento contínuo na infraestrutura de telecomunicações. A Anatel também se concentra em preservar a segurança e a resiliência das infraestruturas críticas, como os cabos submarinos que conectam o Brasil ao resto do mundo, fundamentais para a continuidade dos serviços de internet.

A ampliação da infraestrutura não deve se restringir apenas à implementação técnica, mas deve também abordar as questões de acessibilidade e inclusão digital. Para que a universalização da conectividade se torne uma realidade, é necessário que as iniciativas governamentais considerem formas de viabilizar a contratação de serviços de telecomunicações por segmentos da população que enfrentam barreiras econômicas. A criação de subsídios ou planos tarifários acessíveis pode ser um caminho viável para assegurar que aqueles em situações vulneráveis tenham acesso às tecnologias que estão moldando o futuro.

A previsão de investimentos em infraestrutura até 2027 é ambiciosa, mas essencial para garantir que o Brasil acompanhe a transformação digital global. As ações previstas pela

Anatel indicam um compromisso claro com a modernização do setor, visando não apenas expandir a conectividade, mas também melhorar a qualidade dos serviços e promover um ambiente de inovação e competitividade.

6.5 INVESTIMENTO EM DISPOSITIVOS

As previsões de investimentos em dispositivos para os próximos anos refletem um cenário de modernização, regulamentação e combate à ilegalidade no mercado de telecomunicações. A Anatel, ao atualizar seus requisitos de certificação e intensificar a fiscalização contra produtos ilegais, visa promover um ambiente mais seguro e competitivo para os consumidores e fabricantes. A transição para tecnologias 4G e 5G trará oportunidades, mas também desafios, exigindo que as empresas invistam em inovação para garantir que seus produtos estejam alinhados às exigências do mercado.

A transição para redes 4G e 5G é um movimento decisivo que irá transformar a forma como as pessoas interagem com a tecnologia. A expectativa é que essa mudança não só eleve a qualidade dos serviços de telecomunicações, mas também aumente a acessibilidade a inovações, como a Internet das Coisas e a automação, que têm o potencial de revolucionar setores inteiros da economia. Os investimentos em dispositivos modernos, portanto, não são apenas uma resposta à demanda atual, mas também um passo estratégico para preparar o Brasil para os desafios e oportunidades que virão com a era digital.

Ademais, a questão do acesso universal não pode ser dissociada da análise dos dispositivos que permitem a fruição dos serviços de telecomunicações. A dependência de terminais, como smartphones, *tablets* e computadores, destaca a necessidade de políticas que abordem também a redução dos custos desses dispositivos. O preço elevado dos equipamentos pode se tornar uma barreira significativa ao acesso à internet, dificultando a inclusão digital de amplos segmentos da população.

Com esses investimentos, o Brasil estará mais bem preparado para enfrentar as demandas da transformação digital, oferecendo dispositivos de qualidade e preparados para as novas redes, garantindo a segurança dos consumidores e a sustentabilidade do mercado de telecomunicações.

7 CONCLUSÕES

Este estudo analisou a relação entre o avanço das tecnologias instaladas em smartphones e o impacto desse progresso sobre a evolução das redes Wi-Fi e móveis no Brasil. Os resultados demonstram que os smartphones têm um papel central no desenvolvimento das tecnologias de conectividade, não apenas pela demanda crescente por velocidades mais altas e maior eficiência, mas também pela influência direta sobre a implementação de novas gerações Wi-Fi. O avanço dos dispositivos móveis, especialmente os de última geração, impulsiona o setor de telecomunicações a adotar rapidamente as inovações Wi-Fi, criando um ciclo onde ambos os setores se fortalecem mutuamente.

Ao se tratar da influência que os smartphones exercem no avanço das tecnologias de rede, identificamos que a modernização dos smartphones acelera o avanço das redes Wi-Fi, pois a necessidade de alta capacidade de conexão para suportar aplicações como *streaming* e IoT força uma adaptação nas infraestruturas de rede. Essa análise evidencia que o uso de smartphones com capacidade para Wi-Fi 6 e 7 e para 5G contribui diretamente para o aprimoramento e a disseminação dessas tecnologias no Brasil.

Através da análise das políticas públicas e regulamentações da Anatel, foi possível concluir que o desenvolvimento das redes Wi-Fi e móveis no país depende substancialmente do apoio regulatório. As políticas que visam à expansão da infraestrutura e ao acesso equitativo à conectividade são essenciais para o progresso das redes, especialmente em regiões com menos acesso.

O investimento em infraestrutura também se mostrou determinante para a evolução das redes Wi-Fi e móveis no Brasil. Os investimentos permitem que a tecnologia se expanda para áreas geográficas e setores sociais anteriormente desatendidos, promovendo, assim, uma inclusão digital mais abrangente e reforçando a conectividade em áreas urbanas e rurais.

Ao todo, no que se refere aos impactos sociais, é possível concluir que a expansão das tecnologias móveis e Wi-Fi promove uma inclusão digital significativa, permitindo que um número maior de pessoas tenha acesso a serviços digitais essenciais, como a Internet das Coisas. A conectividade avançada possibilita maior acesso a oportunidades educacionais, de saúde e de mercado, consolidando o papel dessas tecnologias como ferramentas de transformação social.

Entretanto, para que esses avanços sejam plenamente realizados, é imprescindível que políticas públicas sejam desenvolvidas com foco na inclusão digital e na redução das desigualdades sociais. O acesso a tecnologias mais avançadas deve ser garantido a todos,

independentemente de seu poder aquisitivo, para que os benefícios das novas tecnologias possam ser amplamente distribuídos.

Em síntese, o investimento nas tecnologias instaladas nos celulares não apenas catalisará o avanço das tecnologias Wi-Fi, mas também contribuirá para a construção de um ecossistema de conectividade mais robusto e inclusivo no Brasil. A interdependência entre essas tecnologias é evidente e deve ser vista como uma oportunidade de impulsionar o desenvolvimento social e econômico do país, preparando-o para os desafios e as oportunidades que a era digital apresenta. Assim, é fundamental que os esforços sejam direcionados para garantir que essa evolução tecnológica ocorra de forma equitativa, promovendo um futuro digital acessível a todos os brasileiros.

REFERÊNCIAS

ADAMI, M. P. **Telecomunicações no Brasil**: universalização e desafios. São Paulo: Almedina, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. **5G completa dois anos de implantação no Brasil**. 8 jul. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/5g-completa-dois-anos-de-implantacao-no-brasil>. Acesso em: 11 out. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. **Anatel define que somente poderão ser certificados celulares e estações terminais de acesso compatíveis com tecnologias mais modernas**. out. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/anatel-estabelece-que-somente-poderao-ser-certificados-celulares-e-estacoes-terminais-de-acesso-compativeis-com-tecnologias-mais-modernas>. Acesso em: 11 out. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. **Institucional**. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/acesso-a-informacao/institucional>. Acesso em: 11 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. **Plano estrutural de redes de telecomunicações – PERT 2024**. abr. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/dados/infraestrutura/pert>. Acesso em: 21 set. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. **Relatório anual de gestão 2023**. abr. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorio-anual>. Acesso em: 21 maio 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. **Tecnologia 5G**. 13 jan. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/5G/tecnologia-5g>. Acesso em: 11 out. 2024.

ANHESINI, V. Veja lista dos 10 celulares mais vendidos em 2024 até agora. **Terra**, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.terra.com.br/byte/veja-lista-dos-10-celulares-mais-vendidos-em-2024-ate-agora,7893a8e1961d32a8ce4e1fec8afc4c27hjcahpp9.html>. Acesso em: 2 out. 2024.

APPLE. **iPhone 16 pro max**. Disponível em: <https://www.apple.com/br/iphone-16-pro/specs/>. Acesso em: 2 out. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMISSORAS DE RÁDIO E TELEVISÃO – ABERT. **Quem somos**. Disponível em: <https://www.abert.org.br/site/sobre/quem-somos>. Acesso em: 11 ago. 2024.

BANERJI, S.; CHOWDHURY, R. S. On ieee 802.11: wireless lan technology. **International Journal of Mobile Network Communications & Telematics**, v. 3, n. 4, 2013.

BRASIL. **Salário mínimo de 2024 terá ganho real e crescerá três pontos percentuais além dos 3,85% da inflação.** 27 dez. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/12/salario-minimo-de-2024-tera-ganho-real-e-crescera-3pp-alem-dos-3-85-da-inflacao>. Acesso em: 11 out. 2024.

CARNEIRO, T. M. **Impacto econômico decorrente da implementação da quinta geração de telefonia móvel celular.** 2022. Trabalho de Graduação de Curso (Graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2022.

CHOPRA, K.; GUPTA, K.; LAMBORA, A. Future internet: the internet of things-a literature review. **IEEE International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon)**, Faridabad, p. 135-139, 2019.

CISCO. **Cisco annual internet report (2018–2023) white paper.** mar. 2020. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>. Acesso em: 09 set. 2024.

COUNTERPOINT. **Entry-level models steal the show for Samsung in LATAM top 10 smartphones list.** ago. 2024. Disponível em: <https://www.counterpointresearch.com/insights/latam-top-10-smartphone-list/>. Acesso em: 2 out. 2024.

COUNTERPOINT. **Q2 2024 global smartphone sales, top 10 best sellers.** ago. 2024. Disponível em: <https://www.counterpointresearch.com/insight/q2-2024-global-smartphone-sales-top-10-best-sellers>. Acesso em: 2 out. 2024.

DE VEGT, R. **The mobile revolution changing the wi-fi® technology adoption cycle.** jun. 2013. Disponível em: <https://www.wi-fi.org/beacon/rolf-de-vegt/the-mobile-revolution-changing-the-wi-fi-technology-adoption-cycle>. Acesso em: 21 maio 2024.

DEPARTMENT OF LABOR – DOL. **Minimum wage.** 2024. Disponível em: <https://www.dol.gov/general/topic/wages/minimumwage#:~:text=The%20federal%20minimum%20wage%20for,of%20the%20two%20minimum%20wages>. Acesso em: 15 out. 2024.

EHUD, R.; CORDEIRO, C. Future directions for wi-fi 8 and beyond. **IEEE Communications Magazine**, v. 60, n. 10, p. 50-55, 2022.

EUROPEAN BROADCASTING UNION – EBU. **About the EBU.** Disponível em: <https://www.ebu.ch/about>. Acesso em: 11 ago. 2024.

FIORESE, V. **Wireless introdução às redes e operações de telecomunicações móveis celulares.** Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

FREITAS, H. Celulares ilegais chegam a 25% do total do mercado, diz pesquisa. **O Globo**, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2024/03/26/celulares-ilegais-chegam-a-25percent-do-total-do-mercado-diz-pesquisa.ghtml>. Acesso em: 12 out. 2024.

GEORGE, A. S.; GEORGE, A. S. H.; BASKAR, T. Wi-fi 7: the next frontier in wireless connectivity. **Partners Universal International Innovation Journal (PUIJ)**, v. 1, n. 4, p. 133-145, 2023.

GSMARENA. **Plataforma para comparação das especificações dos celulares**. Disponível em: <https://www.gsmarena.com>. Acesso em: 15 out. 2024.

GULASEKARAN, S. R; SANKARAN, S. G. **Wi-fi 6: protocol and network**. Norwood: Artech House, 2021.

IBM. **Conceitos de rede e comunicação**. maio 2022. Disponível em: <https://www.ibm.com/docs/pt-br/aix/7.3?topic=management-network-communication-concepts>. Acesso em: 09 set. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO E TRIBUTAÇÃO - IBPT. **Relação de produtos**. Disponível em: <https://impostometro.com.br/home/relacaoprodutos>. Acesso em: 11 out. 2024.

INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS – IEEE. **IEEE at a glance**. Disponível em: https://www.ieee.org/about/at-a-glance.html?utm_source=linklist_text&utm_medium=lp-about&utm_campaign=at-a-glance. Acesso em: 11 ago. 2024.

INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS – IEEE. **The evolution of wi-fi technology and standards**. 16 maio 2023. Disponível em: <https://standards.ieee.org/beyond-standards/the-evolution-of-wi-fi-technology-and-standards/>. Acesso em: 28 out. 2024.

INTERVIEW GIG. **The evolution of mobile phone generations: 0G to 5G**. jul. 2023. Disponível em: <https://www.interviewgig.com/the-evolution-of-mobile-phone-generations0g-to-5g/>. Acesso em: 21 maio 2024.

KAUSHIK, S. An overview of technical aspect for wifi networks technology. **International Journal of Electronics and Computer Science Engineering (IJECS)**, v. 1, n. 1, p. 28-34, 2012.

KUBOTA, L. C. **Digitalização e tecnologias da informação e comunicação: oportunidades e desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: Ipea, 2024.

MARTÍNEZ, V. M. G.; RIBEIRO, M. R. N.; MOTA, V. F. S. Wi-fi faces the new wireless ecosystem: a critical review. **Annals of Telecommunications**, v. 79, n. 5-6, p. 398-413, 2023.

MEDEIROS, J. C. **Princípios de telecomunicações: teoria e prática**. 5. ed. São Paulo: Érica / Saraiva, 2018.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. **Institucional**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcom/pt-br/acesso-a-informacao/institucional>. Acesso em: 11 ago. 2024.

MOBILE TIME. **O brasileiro e seu smartphone**. jun. 2024. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/pesquisas/>. Acesso em: 11 out. 2024.

MOTOROLA. **Smartphone Motorola edge 50 ultra 5g**. Disponível em: <https://www.motorola.com.br/smartphone-motorola-edge-50-ultra/p?idsku=1549>. Acesso em: 2 out. 2024.

OI. **Qual padrão wi-fi é mais rápido?**. 27 abr. 2023. Disponível em: [https://www.oi.com.br/blog/internet/qual-padrao-wi-fi-e-mais-rapido/#:~:text=Conheça%20os%20diferentes%20padrões%20de%20Wi-Fi&text=%20IEEE%20802.11ac%20\(Wi-,de%20velocidade%20para%20aferi-la](https://www.oi.com.br/blog/internet/qual-padrao-wi-fi-e-mais-rapido/#:~:text=Conheça%20os%20diferentes%20padrões%20de%20Wi-Fi&text=%20IEEE%20802.11ac%20(Wi-,de%20velocidade%20para%20aferi-la). Acesso em: 28 out. 2024.

OOKLA. **5g in the U.S.:** additional mid-band spectrum driving performance gains. 24 jun. 2024. Disponível em: <https://www.okla.com/articles/5g-in-the-us-q1-2024>. Acesso em: 11 out. 2024.

OUGHTON, E. J.; LEHR, W.; KATSAROS, K.; SELINIS, I.; BUBLEY, D.; KUSUMA, J. Revisiting wireless internet connectivity: 5g vs wi-fi 6. **Telecommunications Policy**. v. 45, n. 5, 2021.

SAMSUNG. **Galaxy s24 ultra**. Disponível em: <https://www.samsung.com/br/smartphones/galaxy-s24-ultra/specs/>. Acesso em: 2 out. 2024.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE TELEVISÃO - SET. **A SET**. Disponível em: <https://set.org.br/set/>. Acesso em: 11 ago. 2024.

TANENBAUM, A.; FEAMSTER, N.; WETHERALL, D. **Redes de computadores**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2021.

TAX FOUNDATION. **State and local sales tax rates, midyear 2024**. 9 jul. 2024. Disponível em: <https://taxfoundation.org/data/all/state/2024-sales-tax-rates-midyear/>. Acesso em: 11 out. 2024.

TUDOCELULAR. **Plataforma para comparação das especificações dos celulares**. Disponível em: <https://www.tudocelular.com>. Acesso em: 15 out. 2024.

UNESCO. **Information and communication technologies (ICT)**. Disponível em: <https://learningportal.iiep.unesco.org/en/glossary/information-and-communication-technologies-ict>. Acesso em: 21 set. 2024.

UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – UIT. **About international telecommunication union (ITU)**. Disponível em: <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>. Acesso em: 11 ago. 2024.

UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – UIT. **Affordability of ICT services**. Disponível em: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2023/10/10/ff23-affordability-of-ict-services/>. Acesso em: 11 ago. 2024.

UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – UIT. **Datahub**. Disponível em: <https://datahub.itu.int/data/>. Acesso em: 11 ago. 2024.

UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – UIT. **Statistics**. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>. Acesso em: 11 ago. 2024.

UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – UIT. **The ICT development index**. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/IDI/default.aspx>. Acesso em: 21 set. 2024.

XIAOMI. **Xiaomi 14T**. Disponível em: <https://www.mi.com/br/product/xiaomi-14t/specs>. Acesso em: 2 out. 2024