

# Panorama do 4G no Brasil

Diego Vinícius de Oliveira<sup>1</sup>

Raone Victor da Cunha<sup>2</sup>

Sara Guimarães Negreiros<sup>3</sup>

## Resumo

O presente artigo busca relembrar algumas características dos sistemas 1G até o 3G, tecnologias de telefonia móvel já utilizadas. Descrever o sistema 4G, que é a tecnologia atualmente implementada, como se originou e o que melhorou em relação às tecnologias anteriores, juntamente com sua arquitetura de sistema. É realizada uma pesquisa, com base em dados disponíveis no portal Teleco, sobre o serviço da tecnologia 4G em todas as cidades brasileiras, também filtrando somente as cidades com mais de 100 mil habitantes. Os dados foram obtidos dividindo o território brasileiro em 3 regiões e através de 6 operadoras, são elas: Vivo, Tim, Claro, Oi, Nextel e Algar.

Palavras-chave: Telefonia móvel. Serviço 4G. Arquitetura 4G. Operadoras.

## 1. INTRODUÇÃO

As tecnologias estão em constante ascensão, não sendo diferente com as voltadas a processos de comunicação. Neste trabalho, será discutido o processo evolutivo da tecnologia aplicada nas comunicações móveis, efetuando um resgate histórico desse avanço, indo do 1G ao 4G. Tendo como ênfase a tecnologia 4G, desde sua arquitetura de sistemas a um panorama brasileiro a respeito de tal tecnologia.

A evolução da telefonia móvel celular é separada em gerações de redes móveis. Temos que a rede de telefonia móvel celular pode ser definida como uma rede de telecomunicações projetada com a finalidade de oferecer serviços de telefonia aos usuários, por meio de um sistema de comunicação sem fio, utilizando ondas eletromagnéticas (VINHAL, 2020).

Cada geração de redes móveis é caracterizada por diferentes bandas de frequência e pelo aumento na taxa de dados, dessa forma, será tratado a evolução

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Computação pela UFERSA - Campus Pau dos Ferros. E-mail: diegovinicius.oliveira95@gmail.com.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia de Computação pela UFERSA - Campus Pau dos Ferros. E-mail: raonevictor@gmail.com.

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia de Computação pela UFERSA - Campus Pau dos Ferros. E-mail: sguimaraes@gmail.com.

do 1G a 3G e será analisado parâmetros sobre o 4G, como informações a respeito das cidades com população acima de 100 mil habitantes que utilizam de tal serviço e sua qualidade.

Pois, na quarta geração de redes móveis evoluiu-se o que já possuía no 3G, aumentando quesitos como a transferência de dados e melhor utilização do espectro de frequência. Além de diminuir o consumo de energia para o terminal móvel e possuir arquitetura mais simplificada (VINHAL, 2020).

Vale salientar que para que cada geração de redes móveis, seja acessível e incorporada aos usuários, garantindo critérios como qualidade de serviços e sinais aceitáveis, há uma agência reguladora vinculada, no Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações, mais conhecida como ANATEL, tem como uma de suas atribuições a regulamentação do setor de telefonia móvel.

Este artigo está organizado em seções. Na seção 1 os autores apresentam a evolução do 1G até o 3G, enquanto que na seção 2 é apresentada a arquitetura dos sistemas de 4G seguindo com análises da cobertura 4G no Brasil na seção 3. Por fim, a seção 4 apresenta as considerações finais do estudo.

## 2. EVOLUÇÃO DO 1G ATÉ O 3G

A comunicação móvel trata-se de um processo de comunicação que utiliza ondas eletromagnéticas, através de um telefone celular ou telemóvel, a transmissão é bidirecional de voz e dados utilizáveis em uma área geográfica, sendo esta dividida em células.

Acredita-se que a ideia de comunicação móvel originou-se em 1947 com o desenvolvimento do conceito de células por *Bell Labs*, EUA. O uso de células permitiu a capacidade de uma rede de comunicações móveis a ser substancialmente aumentada, dividindo-se a área de cobertura em pequenas células, cada uma com sua própria estação rádio base operando em uma frequência diferente (TAKEDA, 2013).

Os primeiros sistemas atendiam a um pequeno número de usuários, os equipamentos eram caros, pesados e necessitavam de muita energia. Sendo sua aplicação realmente eficaz em viaturas policiais. Este sistema tinha como objetivo a comunicação remota entre os policiais, sendo que os comandos da central eram emitidos via rádio e chegavam nos receptores das viaturas, a comunicação era

caracterizada *simplex* (apenas uma direção) e foi a base primitiva para o desenvolvimento da comunicação móvel (TAKEDA, 2013).

Os primeiros sistemas de comunicações móveis voltado para o meio comercial e que se tornou crescente nesse segmento se iniciou na década de 1980, denominado de 1G, ou ainda, primeira geração. Nela havia um sistema totalmente analógico, que permitia somente a transmissão de voz.

A tecnologia 1G é composta por uma série de sistemas desenvolvidos de forma independente em todo o mundo, dentre eles, podemos citar: AMPS (*Analogue Mobile Phone System*, usado na América), TACS (*Total Access Communication System*, usado em partes da Europa), NMT (*Nordic Mobile Telephone*, usado em algumas partes da Europa) e J-TACS (*Japanese Total Access Communication System*, utilizado no Japão e Hong Kong)) (TAKEDA, 2013).

A segunda geração tomou forma em meados dos anos 90 e permitiu, principalmente, a troca de mensagens de texto e fotos via SMS (*Short Message Service*, que em português, pode ser traduzida como Serviço de Mensagens Curtas), mas tendo seu foco na conexão de voz.

Essa evolução ocorreu devido a necessidade de melhorias e tornar o sistema mais comerciável e acessível, dessa forma, houve a migração do sistema analógico para o sistema digital, implementando além do serviço de voz, o serviço de mensagens de texto (SMS), transferência de dados e o acesso à internet móvel (VINHAL, 2020).

Nos anos 2000 a terceira geração (3G) da comunicação móvel foi caracterizada, os serviços disponibilizados no 2G foram mantidos, entretanto com melhorias, tanto nos serviços de voz quanto na taxa de velocidade para acesso à internet, além de possuir maior imunidade a interferências.

É uma tecnologia que foi aplicada mundialmente, teoricamente sua velocidade poderia atingir picos de velocidade de até 7 Megabits por segundo, porém de acordo com as operadoras diversos fatores podem interferir na velocidade de navegação, sobretudo o relacionado a distância entre o ponto de acesso e a antena de transmissão. Trazendo para um contexto brasileiro, no ano de 2013, às operadoras apresentavam garantia de apenas 10% da velocidade contratada (SILVA R. P.; JUNIOR, 2013).

### 3. ARQUITETURA DE SISTEMA DO 4G

A sigla LTE (*Long Term Evolution*) é usada para especificar as novas tecnologias usadas nas redes de telefonia móvel. O LTE foi padronizado pelo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), sendo a 4ª Geração de padrões estabelecidos para redes de telefonia móvel, mais conhecida como 4G. As redes LTE devem possuir, de acordo com o padrão da 3GPP, velocidade de *uplink* de 50 Mbps, velocidade de *downlink* de 100 Mbps, canais de 20 MHz e uma latência de 10 ms (TELECO, 2017).

Enquanto o tráfego de voz era o foco das gerações anteriores, o foco do 4G é a troca de dados. O rápido crescimento na venda de smartphones junto com uma grande demanda por internet móvel impulsionaram a integração do 4G no mercado global (XAVIER, 2019).

Essa nova tecnologia veio com o objetivo de melhorar o desempenho e reduzir o custo por *bit*, possibilitando um maior alcance para a utilização de serviços móveis. O sistema 4G utiliza o protocolo IP na sua comunicação. Com esse protocolo, o tráfego de voz é realizado através da tecnologia VoIP (*Voice over Internet Protocol*), facilitando a integração de voz em serviços multimídia. Utilizar o protocolo IP permite melhorar a interação entre diversos serviços, tornando o sistema de telefonia móvel mais adequado para aplicações em tempo real (GUEDES; VASCONCELOS, 2009).

De acordo com os padrões, o LTE utiliza novas técnicas de modulação, o OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) e o MIMO (*Multiple Input Multiple Output*).

Para a técnica de OFDMA, inicialmente é utilizada a tecnologia OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) que divide o canal de 20 MHz (padronizado pela 3GPP) em diversos subcanais, onde cada um carrega uma parte do sinal, para posteriormente, serem juntados e gerar o dado enviado. Combinando com a técnica OFDMA, subcanais diferentes são vinculados para usuários diferentes. Enviando os bits de um dado a baixas velocidades, os bits combinados no receptor formam uma mensagem de alta velocidade, assim, evita problemas de reflexão do sinal em múltiplos caminhos (GUEDES; VASCONCELOS, 2009).

Com a técnica MIMO são produzidas várias cópias do sinal, mas cada um é codificado de maneiras diferentes e mandados por diferentes antenas, simultaneamente. Enviar os dados de diferentes fontes ao mesmo tempo, aumenta a força do sinal enviado (ALMEIDA, 2013).

A arquitetura do LTE é conhecida como EPC (*Evolved Packet Core*). Como utiliza protocolo IP, a arquitetura do sistema necessita ser simples e também permite a integração com outras redes baseadas no protocolo IP. O sistema da rede LTE é considerado mais simples que os sistemas das redes anteriores, pois, os pacotes de dados são processados no núcleo EPC. Esse processo gera respostas mais rápidas, tempo de latência menor e melhor taxa de transmissão (GUEDES; VASCONCELOS, 2009).

O núcleo EPC é formado pelo MME (*Mobility Management Entity*), o S-GW (*Serving Gateway*), o P-GW (*Packet Data Network Gateway*), o HSS (*Home Subscriber Server*) e o PCRF (*Policy Control and Charging Rules Functions*). O MME gerencia as funções de mobilidade, segurança, autenticação do usuário, autorização de serviços e dá suporte a conexão entre as estações bases. O S-GW é responsável por transmitir dados IP entre o usuário e a internet. A função do P-GW é atribuir endereços IP para os usuários e controlar a tarifação dos serviços. O HSS armazena os dados de assinatura dos usuários e os utiliza para autenticação dos usuários na rede. O PCRF é responsável por tomar decisões buscando adequar qualidade aos serviços solicitados e com os recursos apropriados (MORAES, 2015).

As estações de rádio base, chamadas de eNodeB ou eNB (*Enhanced NodeB*), podem realizar tarefas de processamento do LTE, diferente das tecnologias anteriores. A eNodeB também é responsável por controlar o tráfego e assegurar qualidade aos serviços oferecidos.

As eNodeB utilizam três interfaces para comunicação no sistema, a Uu, S1 e X2. A interface Uu é usada para a transferência de dados com os usuários da rede. A S1 conecta a eNodeB com o núcleo EPC da rede. A interface X2 permite a conexão com outra eNodeB para troca de mensagens de sinalização e manter a conexão do usuário na rede, caso ele esteja em movimento e entre no alcance de outra estação base (FRANCO, 2013).

Com o objetivo de melhorar a capacidade de transmissão do LTE, foi implementado o LTE Advanced, conhecido comercialmente como 4G+. As principais características foram a inserção de portadoras, aumento na quantidade de antenas utilizadas na técnica MIMO e a modulação QAM no *downlink*. De acordo com a padronização da 3GPP, o LTE Advanced deve permitir uma velocidade de *downlink* de 1 Gbps, 500 Mbps na velocidade do *uplink*, canais de 100 MHz e a latência permanece em 10 ms (TELECO, 2017).

Como evolução do LTE Advanced foi desenvolvido o LTE Advanced Pro, conhecido por 4.5G. Ainda não é muito acessível, mas apresenta uma latência menor que 2 ms e velocidades de 3 Gbps e 1,5 Gbps para *downlink* e *uplink*, respectivamente. no seu projeto é utilizado mais portadoras e mais antenas na técnica MIMO e a modulação 256 QAM no *downlink* (TELECO, 2017).

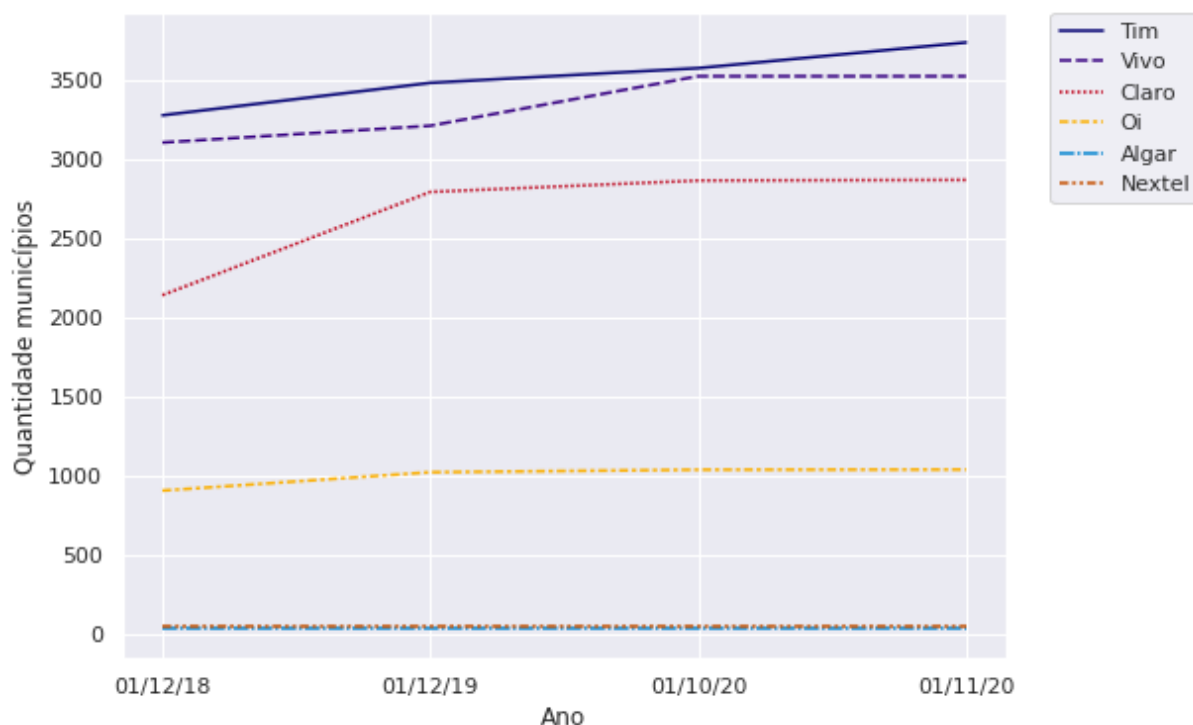
#### 4. CIDADES BRASILEIRAS E O SERVIÇO 4G

Nesta seção analisaremos dados da distribuição do serviço 4G no Brasil com base em dados do portal Teleco. Apesar do portal não disponibilizar os dados em formato .csv os autores elaboraram os arquivos e tornaram públicos em um repositório no *GitHub*<sup>4</sup>. Inicialmente com os dados referentes à quantidade de municípios cobertos com a tecnologia no ano de 2018, 2019 e outubro e novembro de 2020, temos a Figura 1. Nesta, observa-se que a operadora Algar e Nextel não apresentaram nenhum avanço considerável, enquanto a operadora Oi apresentou pequeno crescimento apenas até 2019 e depois manteve-se constante. De modo semelhante, a operadora Claro apresentou maior crescimento até o ano de 2019 e depois manteve-se constante. Já as operadoras Vivo e Tim sempre apresentaram maior quantidade de municípios cobertos e até novembro de 2020 apresentaram pequenas variações de crescimento.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <https://github.com/guimaraaes/data-science/tree/master/data/4g-networks>

Figura 1: Quantidade de municípios cobertos com 4G ao durante 2018 e 2020



Fonte: Autoria própria, 2020

O Serviço Móvel Pessoal trata-se de um serviço de telecomunicações móvel terrestre que permite a comunicação de estações móveis de uma mesma área de registro do SMP. Com base neste conceito, no Brasil os estados são divididos em 3 áreas conforme a Figura 2.

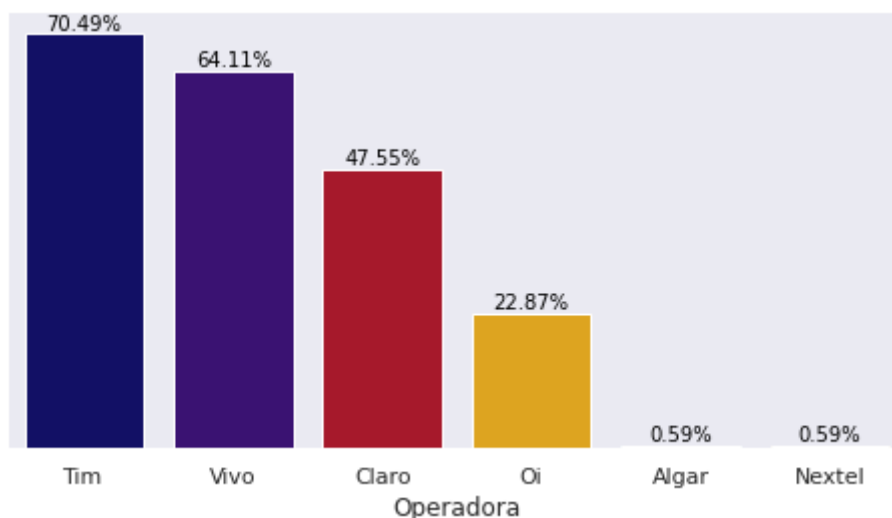
Figura 2: Regiões do Serviço Móvel Pessoal no Brasil



Fonte: Teleco

Pelos dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o Brasil possui 5570 municípios sendo o Distrito Federal e o restante distribuídos em 26 estados. Na região I SMP temos um total de 2694 municípios e 17 estados. Conforme a Figura 3 para essa região temos a operadora Tim liderando na porcentagem de 70.49% de municípios cobertos com 4G. Na sequência temos a Vivo com 64.11%, a Claro com 47.55%, a Oi com 22.87% e Algar e Nextel ambas com 0.59%.

Figura 3: Cobertura 4G por operadora na Região I SMP

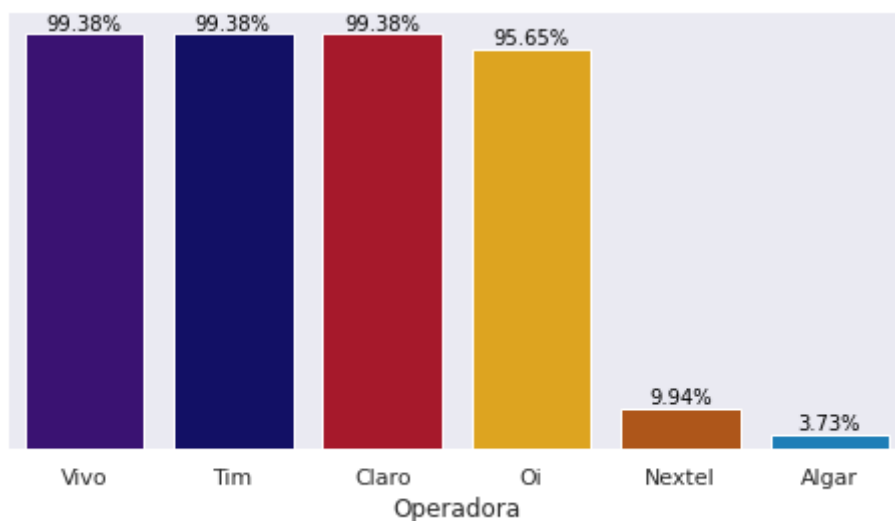


Fonte: Autoria própria, 2020

Ao selecionar os municípios com mais de 100 mil habitantes nesta região temos um total de 161 municípios. Conforme a Figura 4, as operadoras Vivo, Tim e Claro lideram com porcentagem igual de 99.38%, seguidas pela Operadora Oi com 95.65% e pela Nextel com 9.94% e a Algar com 9.73%. A única cidade nessa região sem cobertura 4G Vivo e com mais de 100 mil habitantes é São Félix do Xingu no PA, enquanto que para a operadora Tim temos a cidade Breves também no PA, e para a operadora Claro Itaituba também no PA.



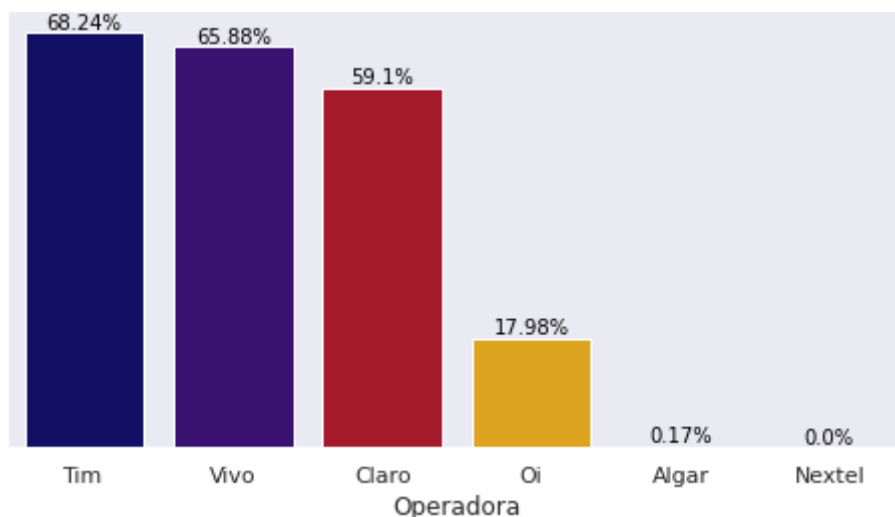
Figura 4: Cobertura 4G por operadora nas cidades com mais de 100 mil habitantes na Região I SMP



Fonte: Autoria própria, 2020

Na região II SMP temos um total de 1741 municípios e 11 estados. Conforme a Figura 5, a operadora Tim lidera na cobertura dos municípios dessa região com 68.24%, seguidos pela operadoras Vivo com 65.88%, Claro com 59.1%, Oi com 17.98% e Algar 0.17%. A operadora Nextel não cobre nenhum município nesta região.

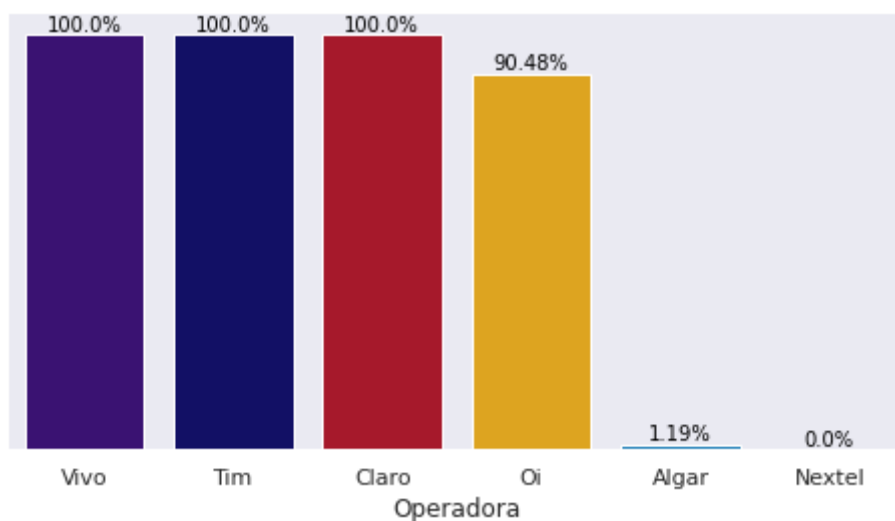
Figura 5: Cobertura 4G por operadora na Região II SMP



Fonte: Autoria própria, 2020

Ao selecionar os municípios com mais de 100 mil habitantes para a região II da SMP temos um total de 84 municípios. Neste cenário observa-se pela Figura 6 que as operadoras Vivo, Tim e Claro apresentam cobertura 4G em todos os estados, seguidos pela operadora Oi em 90.48% e a Algar em 1,19%.

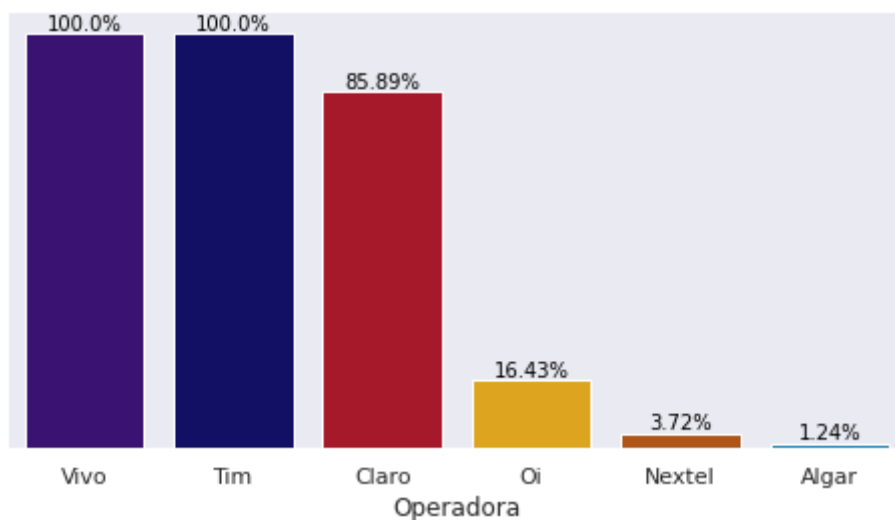
Figura 6: Cobertura 4G por operadora nas cidades com mais de 100 mil habitantes na Região II SMP



Fonte: Autoria própria, 2020

Por fim, na região III SMP temos um total de 645 municípios e 1 estado, o estado de São Paulo. Pela Figura 7 observa-se que em todos os municípios existe cobertura 4G Vivo e Tim, seguido com 85.89% dos municípios cobertos pela Claro, 16.43% pela Oi, 3.72% pela Nextel e 1.24% pela Algar.

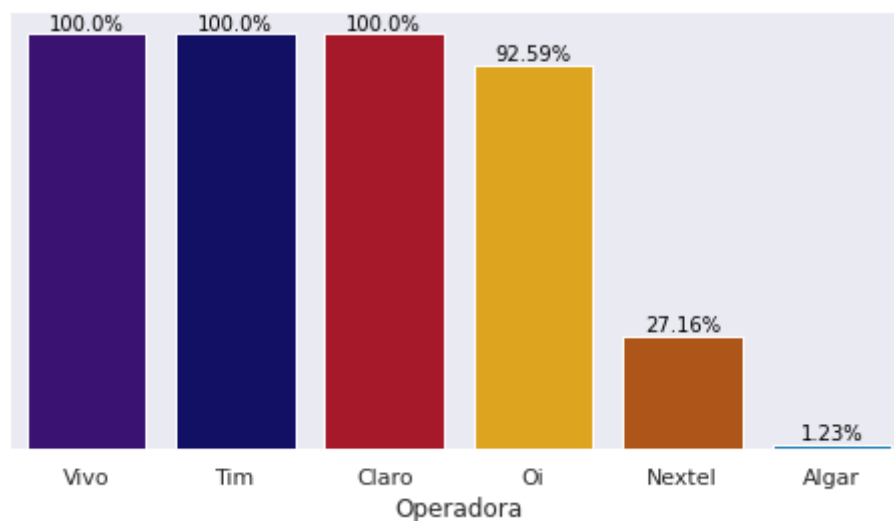
Figura 7: Cobertura 4G por operadora na Região III SMP



Fonte: Autoria própria, 2020

Na região III da SMP temos um total de 81 municípios com mais de 100 mil habitantes, para estes municípios a Figura 8 mostra que todos possuem cobertura 4G das operadoras Vivo, Tim e Claro. Enquanto que as operadoras Oi cobre 92.59%, Nextel cobre 27.17% e Algar cobre 1.23%.

Figura 8: Cobertura 4G por operadora nas cidades com mais de 100 mil habitantes na Região III SMP



Fonte: Autoria própria, 2020

## 5. CONCLUSÃO

Com o avanço das necessidades humanas e das tecnologias, os processos de comunicação evoluíram, passando o sistema de telefonia móvel na primeira geração de um recurso básico de voz, de forma analógica, para um sistema de voz digital na segunda geração. E que na terceira geração foi marcado pela utilização de voz e dados digitais.

Vendo o grande crescimento no mercado de smartphones surge a necessidade de melhorar a telefonia móvel na época. Aproveitando uma tecnologia bastante conhecida da internet, o protocolo IP, um novo sistema é desenvolvido, considerado até mais simples que as tecnologias anteriores.

Com base na análise dos dados do portal Teleco foi possível observar que as operadoras Tim e Vivo sempre apresentaram maior cobertura nos municípios brasileiros, enquanto que nas cidades com mais de 100 mil habitantes as operadoras Claro e Oi também passam a concorrer com estas. A operadora Nextel, por sua vez, apresenta maior concentração de cobertura 4G nas cidades com mais de 100 mil habitantes nas regiões I e III do SMP, apesar de também apresenta cobertura em alguns municípios da região II. Já a operadora Algar está concentrada nas regiões I e III do SMP, mas com porcentagens inferiores à operadora Nextel.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marco Antônio F. R. de. **LTE: Conceitos de Transmissão e Recepção**. 2013. Disponível em: [https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialintlte/pagina\\_3.asp](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialintlte/pagina_3.asp). Acesso em: 18 dez. 2020.

FRANCO, Cesar Augusto Sierra. **Desempenho de Serviços de Vídeo sobre Tecnologia LTE com Utilização de Nós Relay**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/22855/22855.PDF>. Acesso em: 18 dez. 2020.

GUEDES, Luís Cesar dos Santos; VASCONCELOS, Renan Ribeiro de. **O sistema LTE**. 2009. Disponível em: [https://www.gta.ufrj.br/grad/09\\_1/versao-final/umts/lte.html](https://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/umts/lte.html). Acesso em: 18 dez. 2020.

MORAES, Renata Santos de. **Aplicação da tecnologia 4G em projetos de telefonia**. 2015. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139204/000865019.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 dez. 2020.

SILVA R. P.; JUNIOR E. C. Origem e utilização da tecnologia 3g no brasil. Presidente Prudente– SP, 2013.

TAKEDA, L. N. Evolução da tecnologia móvel até 2013. Guaratinguetá – SP, 2013.

TELECO. **4G: Tecnologias de Celular**. 2017. Disponível em: [https://www.teleco.com.br/4g\\_tecnologia.asp](https://www.teleco.com.br/4g_tecnologia.asp). Acesso em: 18 dez. 2020.

VINHAL, M. P. Evolução da telefonia móvel celular, cumprimento de leis e análise de modelos de propagação. Patos de Minas - MG, 2020.

XAVIER, Raquel Cruz. **O que compõe uma rede LTE / 4G**. 2019. Disponível em: <https://www.khomp.com/pt/rede-lte/>. Acesso em: 18 dez. 2020.

Portal Teleco. Disponível em: <https://www.teleco.com.br>. Acesso em: 18 dez. 2020.