



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS CORRENTE
CURSO TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS**

WEDNA PEREIRA DOS SANTOS NASCIMENTO

OS AVANÇOS DA IMPLANTAÇÃO DO 5G NO PIAUÍ

CORRENTE

2025

WEDNA PEREIRA DOS SANTOS NASCIMENTO

OS AVANÇOS DA IMPLANTAÇÃO DO 5G NO PIAUÍ

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus Corrente*.

Orientador: Profº. Me. Karl Hansmuller Alelaf Ferreira

CORRENTE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Nascimento, Wedna Pereira dos Santos

N244a Os avanços da implantação do 5G no Piauí / Wedna Pereira dos Santos Nascimento. - 2025.
22 p.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente, 2025.

Orientador : Prof Me. Karl Hansimuller Alelaf Ferreira.

1. Analise e Desenvolvimento de Sistemas - estudo e ensino. 2. Tecnologia. 3. Rede Móvel. 4. Internet. I. Título.

CDD - 004

Elaborado por Tefischer Huanderson Soares e Sousa CRB 3/1251

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Grupos de aplicações 5G e potenciais serviços associados	9
Figura 2: Aplicativo de saúde	11
Figura 3: Dispositivos conectados com mMtc.	12
Figura 4: Comunicação ultra confiável e de baixa latência.....	13
Figura 5: Exemplo de fatiamento de rede 5G	14
Figura 6: Domicílios com cobertura 5G no Brasil, considerando todas as operadoras até o período de setembro de 2024	18
Figura 7: Porcentagem de áreas com cobertura 5G no Brasil, considerando todas as operadoras até o período de setembro de 2024	20
Figura 8: Municípios do Piauí liberados para uso da faixa 3,5 GHz pelo 5G e sua respectiva fase	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais autores e referências utilizadas no desenvolvimento do trabalho	16
Tabela 2: Distribuição das Estações Licenciadas para Operação do 5G no Piauí: Frequências e Operadoras Responsáveis	22

OS AVANÇOS DA IMPLANTAÇÃO DO 5G NO PIAUÍ

Wedna Pereira Dos Santos Nascimento¹

Karl Hansimuller Alelaf Ferreira²

RESUMO

O Brasil deu um passo decisivo rumo a uma nova era tecnológica ao realizar, em novembro de 2021, o maior leilão de radiofrequência da sua história. Foi possível estabelecer as bases para a implementação do 5G no Brasil, representando um avanço considerável em velocidade e conectividade, contribuindo para melhorar a latência e reduzir o tempo de processamento de dados, o que possibilita suportar grandes inovações na tecnologia, como a computação em nuvem. Ainda que o 5G traga transformação digital com potencial de revolucionar a educação, questiona-se como essa tecnologia pode impactar estados com infraestrutura limitada, como o Piauí. Para isso, busca-se examinar o andamento da implementação do 5G, identificar os desafios de infraestrutura e regulamentações para a sua expansão e avaliar as oportunidades do 5G no Piauí. O Piauí, apesar de enfrentar desafios estruturais, como acesso limitado à internet nas áreas rurais, possui grande potencial para se beneficiar do 5G. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar os avanços da implantação do 5G no Piauí e suas potencialidades. Contudo, a adoção dessa tecnologia no Brasil ainda é desigual entre as diferentes regiões. No estado do Piauí, por exemplo, embora todos os 224 municípios tenham sido liberados pela Anatel para a implementação do 5G, apenas Teresina e Parnaíba obtiveram licenças para operar na faixa de 3,5 GHz.

Palavras-chave: tecnologia; rede móvel; internet; conexão.

ABSTRACT

Brazil took a decisive step towards a new technological era when, in November 2021, it held the largest radio frequency auction in its history, enabling it to lay the foundations for the implementation of 5G in Brazil. It represents a considerable advance in speed and connectivity, helping to improve latency and reduce data processing time, which makes it possible to support major innovations in technology such as cloud computing. Although 5G brings digital transformation with the potential to revolutionize education, the question is how this technology can impact states with limited infrastructure, such as Piauí. To this end, we seek to examine the progress of 5G implementation, identify the infrastructure and regulatory challenges to its expansion, and assess the opportunities of 5G in Piauí. Despite facing structural challenges such as limited internet access in rural areas, Piauí has great potential to benefit from 5G. The aim of this paper is to analyze the progress of 5G deployment in Piauí and its potential. The aim is to examine the progress of 5G implementation, identify the infrastructure challenges and the regulatory obstacles to its expansion. However, the adoption of this technology in Brazil is still uneven between the different regions. In the state of Piauí, for example, although all 224 municipalities have been cleared by Anatel for the implementation of 5G, only Teresina and Parnaíba have obtained licenses to operate in the 3.5 GHz band.

Keywords: technology; mobile network; internet; connection.

¹Graduanda em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. IFPI - Campus Corrente. wednasantos22@gmail.com.

²Mestre em Ciência da Computação, Especialista em Redes e Segurança de Sistemas, Professor EBTT do IFPI campus Corrente. karl.alelaf@ifpi.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Durante a guerra fria, na década de 1960, o Departamento de Defesa Norte-Americano observou a necessidade de um sistema de comunicação descentralizado capaz de resistir a possíveis ataques, dando início aos sistemas modernos de comunicação (SANTANA *et al.*, 2024). Esse impulso inicial foi fundamental para o desenvolvimento das diversas gerações de redes móveis que, em 1980, deram o início da primeira geração de redes móveis (1G), possibilitando a comunicação sem fio em faixas de *Ultra High Frequency* (UHF) com o objetivo de enviar e receber de forma analógica o sinal de voz (DUARTE; REGGIOLLI, 2021).

Com o passar dos anos houve uma evolução na tecnologia e a geração de redes móveis passou por algumas mudanças como, por exemplo, a evolução para as gerações 2G, 3G, 4G e, finalmente, chegando a quinta geração com o 5G. Ao contrário do 4G, o 5G utiliza inovações tecnológicas para atender as necessidades das demandas atuais, incluindo a utilização de novas faixas de frequências, como ondas milimétricas, para atender requisitos de largura de banda (MAILER, 2020). Essa nova transformação nas redes móveis permite um aumento considerável na velocidade de trocas de grandes volumes de dados possibilitando maior eficiência, segurança e redução nos tempos de latência (SANTANA *et al.*, 2024).

Com o avanço das gerações móveis, o Brasil deu um passo decisivo rumo a uma nova era tecnológica. Ao realizar em novembro de 2021 o maior leilão de radiofrequência da sua história, promovido pelo Ministério das Comunicações (MCom) e Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), foi possível estabelecer as bases para a implementação do 5G no Brasil (BRASIL, 2022). Essa tecnologia representa um avanço considerável em velocidade e conectividade, contribuindo para melhorar a latência e fluxo de dados, tornando-se crucial para tecnologias como Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT), *Big Data* e Blockchain (MAILER, 2020).

O 5G exerce um impacto significativo, pois sua grande cobertura melhora a conectividade móvel, permitindo que os usuários acessem serviços de forma integrada em diversos locais. Com a chegada dessa tecnologia, é possível não somente possibilitar acesso a serviços digitais, como também promover o avanço tecnológico em setores como a comunicação, economia e educação, por exemplo (SANTANA *et al.*, 2024).

Ao ser implantado, o 5G pode beneficiar muitos setores com conexão mais eficientes, incluindo a educação, pois permitirá o acesso a diversos serviços digitais e recursos de aprendizagem. No entanto, para que haja a implantação no campo educacional alguns desafios estruturais precisam ser sanados. Embora dispositivos tecnológicos como computadores e tablets tenham grande potencial, a falta de infraestrutura robusta e limitação de conexões são alguns dos problemas que podem ser apontados, além dos relacionados à manutenção e ausência de capacitação pedagógica adequada para uso dessas tecnologias (FERREIRA; RECH; ANACLETO, 2023).

Assim como o Brasil deu um passo decisivo com o leilão de radiofrequência de 2021, o Piauí apesar de enfrentar desafios estruturais como acesso limitado à internet nas áreas rurais, possui grande potencial para se beneficiar do 5G. Com a implantação do 5G é possível não apenas ampliar a conectividade, mas também diminuir a desigualdade digital, possibilitando maior acesso para as comunidades locais. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar os avanços da implantação do 5G no Piauí e suas potencialidades. Para isso, busca-se examinar o andamento da implementação do 5G, identificar os desafios de infraestrutura e os entraves regulatórios para a sua expansão.

1.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

As demais seções deste trabalho estão organizadas da seguinte forma: a Seção 2 apresenta um relato sobre as gerações de redes móveis e sua evolução, além dos conceitos, características, arquitetura da tecnologia 5G, os três pilares e seu funcionamento. A Seção 3 descreve a metodologia adotada, incluindo como as pesquisas foram realizadas, os objetivos do trabalho e o material consultado.

A Seção 4 aborda os resultados das pesquisas, com destaque para o andamento da implementação do 5G no Brasil, o processo de licitação e instalação de torres, as fases e frequências do 5G no Piauí, bem como os desafios e avanços dessa tecnologia. Por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais sobre o progresso da tecnologia no estado do Piauí, ressaltando os desafios enfrentados e os benefícios que essa inovação traz para um território que ainda enfrenta limitações em relação à evolução tecnológica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A evolução das redes móveis tem sido guiada pelo objetivo de aumentar a velocidade na transmissão de dados e proporcionar conexão para o crescente número de dispositivos. Nesse contexto, o 5G traz um novo marco na história da tecnologia de rede móveis, permitindo não apenas evolução no transporte de dados com menor tempo, mas também conexões mais seguras e a capacidade de lidar com muitos dispositivos conectados de maneira simultânea. Essa tecnologia reduz o tempo de processamento de dados o que possibilita suportar grandes inovações na tecnologia como computação em nuvem, carros autônomos e avanços na telemedicina, incluindo cirurgias assistidas remotamente com alta precisão e segurança (SANTANA *et al.*, 2024).

2.1 1G, 2G, 3G e 4G

Na década de 80 ocorreu o primeiro grande acontecimento da época, a 1G. Inicialmente com o objetivo de alcançar grandes áreas através de sistema analógico, sistema esse que funcionava apenas por meio de voz, utilizava uma arquitetura simples de acesso por meio de frequência de rádio com uma central de comunicação e controle que encaminhava as chamadas (MAILER, 2020).

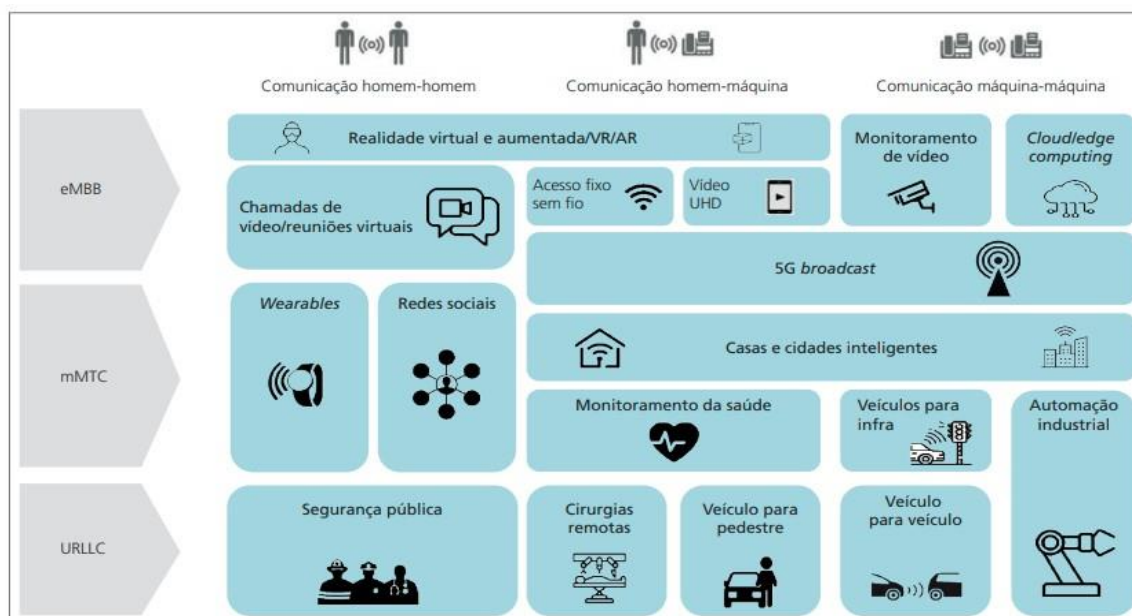
Com a evolução das tecnologias, a década de 1990 marcou o início da 2G, que trouxe novas possibilidades, como a era digital e Internet com dados e serviços simples, sendo inseridos mensagens de voz digital e mensagens de textos. Esta nova tecnologia proporcionou um grande aumento no uso de celulares mais modernos, ganhando novos designers, cada vez mais leves. Além disso, o sistema de mensagens possibilitou a comunicação com envio de fotos e vídeos, ampliando os recursos disponíveis aos usuários (SANTANA *et al.*, 2024).

Com a chegada do 3G, foi possível trazer grandes mudanças no setor de tecnologia e comunicação móvel. A tecnologia passou cada vez mais a fazer parte das moradias e dos negócios empresariais. Essa nova geração proporcionou taxas de transmissão de dados mais rápidas, estabilizando assim a internet móvel. Durante dez anos a tecnologia 3G pode consolidar a conectividade, sendo acessível para mais de 90% da população no Brasil. Após uma década do lançamento do 3G, o 4G, chegou trazendo mais possibilidades e funcionalidades em relação à tecnologia anterior, como o aumento do pacote de dados nas transferências e a utilização das mensagens de multimídias e chamadas de vídeos (DUARTE; REGGIOLLI, 2021).

2.2 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS DO 5G (IMT-2020)

A evolução do 5G, *International Mobile Telecommunications-2020* (IMT-2020), é sustentada por três pilares principais, cada um com funções específicas (Figura 1). São eles o *enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *ultra-Reliable Low Latency Communication* (uRLLC) e *massive Machine Type Communication* (mMTC).

Figura 1: Grupos de aplicações 5G e potenciais serviços associados



Fonte: Spadinger (2024)

O eMBB é focado em aumentar a taxa de dados para conexões sem fio, possibilitando uma melhor experiência para os usuários tanto em conexões internas quanto externas. Já o uRLLC, garante boa conectividade mesmo com grandes números de dispositivos conectados simultaneamente, ou em cenários de riscos, como telemedicina e automação de veículos. Por fim, o mMTC, garante comunicação eficiente com um grande número de dispositivos conectados sem interferência na rede (AZEVEDO, 2023).

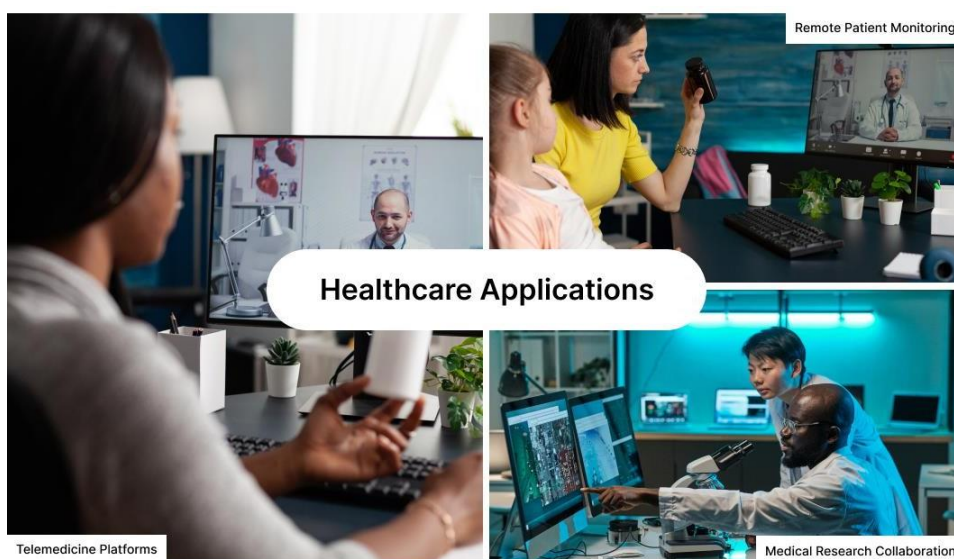
Estes três pilares do 5G oferecem soluções para atender demandas por conectividade rápida e confiável. Porém, enquanto o eMBB possibilita uma melhor experiência para o usuário com relação a largura de banda, o mMTC e uRLLC são fundamentais quando o objetivo é lidar com vários dispositivos conectados simultaneamente ou em aplicações que demandam baixa latência, como áreas da saúde e educação. Contudo, a implantação dessa tecnologia enfrenta dificuldades devido aos altos custos na instalação e em sua manutenção (SANTANA *et al.*, 2024).

2.2.1 enhanced Mobile Broadband (eMBB)

O eMBB (*enhanced Mobile Broadband*) refere-se aos serviços de redes móveis projetados para atender de forma rápida e eficiente à transmissão de grandes volumes de dados, proporcionando uma experiência superior aos usuários (KRAUS, 2021). Essa tecnologia viabiliza uma ampla gama de cenários, como a transmissão de vídeos em alta definição, conferências remotas, acesso a plataformas de telemedicina e monitoramento de pacientes em tempo real.

Conforme apresentado na Figura 2, é possível observar exemplos práticos do uso do 5G e do eMBB no setor da saúde, destacando aplicações que vão desde consultas médicas virtuais, com comunicação de alta qualidade e baixa latência, até o compartilhamento instantâneo de imagens diagnósticas e dados clínicos entre profissionais.

Figura 2: Aplicativo de saúde.



Fonte: Omalley (2024)

Significativamente para melhorar a eficiência e a acessibilidade no atendimento à saúde as plataformas de telemedicina, impulsionadas pela tecnologia 5G e sua capacidade de banda larga móvel aprimorada (eMBB), estão transformando o atendimento médico. Por meio de videoconferências em alta definição, é possível garantir uma comunicação clara e em tempo real entre pacientes e profissionais de saúde, mesmo em áreas remotas e de difícil acesso.

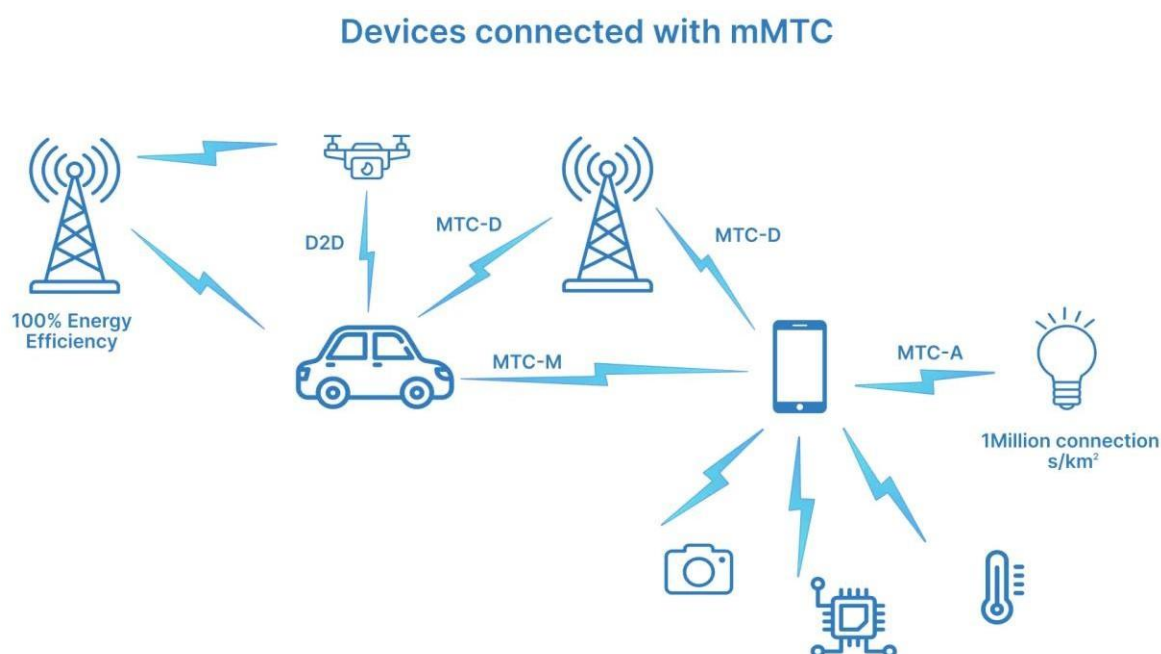
Além disso, a baixa latência do 5G permite respostas instantâneas, tornando as consultas virtuais mais eficientes e naturais. Essas possibilidades demonstram como o eMBB contribui.

2.2.2 massive Machine Type Communications (mMTC)

De acordo com Spadinger (2024), uma comunicação em grande escala refere-se a conexão das IoT, massivas, em várias áreas de mercado, com cobertura de sinais e conexão em vários aparelhos. De acordo com a Figura 3, três tipos de acesso são planejados para mMTC: acesso direto à rede (MTC-D), acesso por meio de um nó de agregação (MTC-A) e acesso D2D de curto alcance (MTC-M).

Ainda conforme apresentado na Figura 3, o acesso direto à rede (MTC-D) ocorre quando os dispositivos se conectam diretamente à rede móvel. O acesso por meio de um nó de agregação (MTC-A) permite que vários dispositivos, semelhantes ou diferentes, se conectem a um dispositivo intermediário, que transporta as informações até a rede móvel sem interferências. Já o acesso D2D (MTC-M) refere-se a conexões de curto alcance entre dispositivos, permitindo que eles se comuniquem diretamente entre si, sem a necessidade de passar pela rede móvel.

Figura 3: Dispositivos conectados com mMTC.



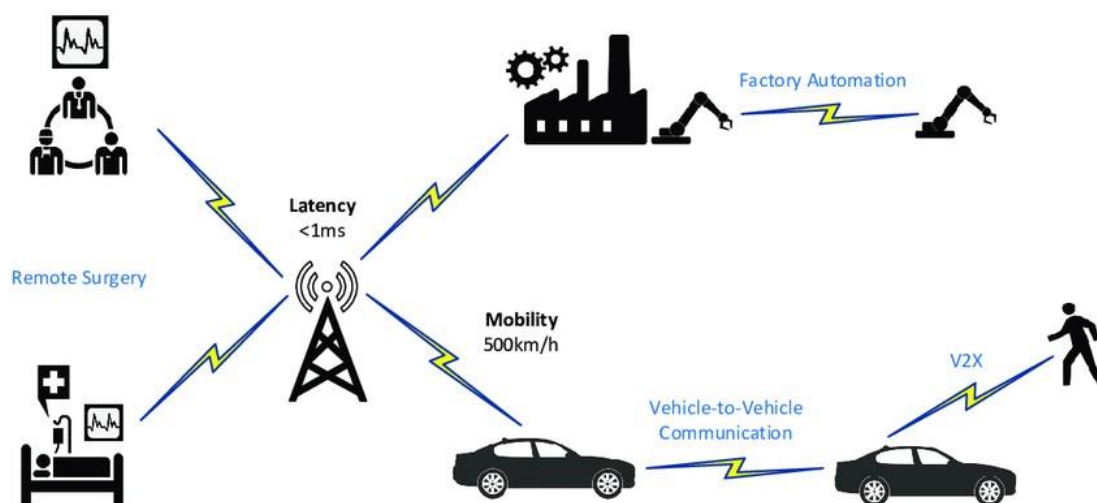
Fonte: Gieske (2024)

Assim, o mMTC destaca-se pela capacidade de gerenciar milhões de dispositivos por quilômetro quadrado, otimizando a transmissão de pequenos pacotes de dados com baixa latência, suficiente para a maioria das aplicações IoT. Além disso, emprega estratégias avançadas de acesso e alocação de recursos para lidar eficientemente com milhares de dispositivos simultaneamente, diferindo significativamente das comunicações tradicionais centradas no uso humano.

2.2.3 ultra-Reliable Low-Latency Communications (uRLLC)

O uso de comunicação confiável, com baixa latência e cenários críticos que demandam alta confiabilidade de rede e comunicação segura são alguns dos requisitos fundamentais destacados para o avanço da tecnologia 5G (SPADINGER, 2024). Na Figura 4, observam-se cenários que refletem o papel do 5G em aplicações que exigem robustez e eficiência operacional, além de promover inovações em diversos setores, como por exemplo *Vehicle-to-Everything* (V2X), segurança rodoviária e de tráfego, automação industrial, manufatura de precisão e comunicações críticas no âmbito da assistência médica.

Figura 4: Comunicação ultra confiável e de baixa latência.



Fonte: Morocho-Cayamcela, Lee e Lim (2019)

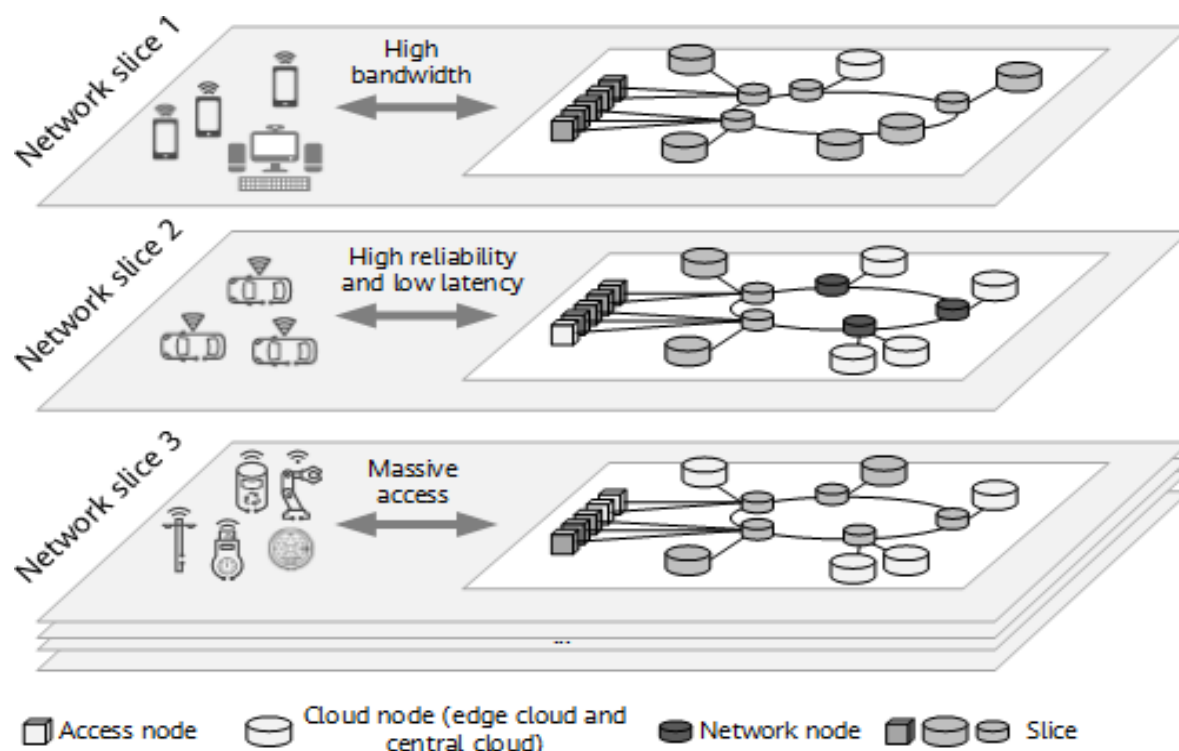
Assim, o uRLLC prioriza a entrega de dados em tempo real, garantindo respostas rápidas e precisas, essenciais para aplicações em que até milissegundos podem fazer a diferença. O URLLC reforça o papel do 5G em revolucionar setores que exigem extrema precisão, segurança e desempenho confiável.

2.2.4 Arquitetura da rede 5G e Network Slicing

O *Network Slicing* é um dos recursos mais inovadores do 5G, que permite às operadoras criarem "fatiamientos" de redes para diferentes demandas, de forma mais eficiente e exclusiva, transformando assim a arquitetura das redes móveis. O *Network Slicing* tem uma contribuição significativa trazendo um novo redimensionamento no gerenciamento da rede (FRANCO; PESSOA 2024).

A figura 5 ilustra o conceito de *Network Slicing*, uma tecnologia fundamental no 5G que permite a criação de redes virtuais independentes dentro de uma mesma infraestrutura física. Cada "fatia" é configurada para atender a requisitos específicos, como latência, largura de banda e segurança, possibilitando o suporte a diferentes cenários simultaneamente. Por exemplo, um *slice* pode ser dedicado a aplicações de IoT com alta densidade de dispositivos, enquanto outro é otimizado para serviços críticos, como controle industrial ou telemedicina.

Figura 5: Exemplo de fatiamento de rede 5G.



Fonte: Huawei (2023)

O *Network Slicing* reforça o potencial do 5G em suportar uma ampla gama de aplicações com alto grau de flexibilidade e eficiência, garantindo uma alocação eficiente dos recursos da rede, maximizando o desempenho e permitindo a personalização para atender às necessidades de diferentes indústrias e serviços.

2.3 TRABALHOS RELACIONADOS

Durante a etapa de desenvolvimento da metodologia deste trabalho, apenas o trabalho de Neto e Junior (2024) estava relacionado ao tema proposto, desta pesquisa. Assim, dada a sua importância, decidiu-se incluí-lo neste estudo como referência essencial.

O trabalho de Neto e Junior (2024) trata de um estudo de caso intitulado “Análise de Desempenho da Rede 5G em Castanhal: Estudo Detalhado das Antenas e Qualidade da Conexão”, que foi desenvolvido por meio de pesquisas em campo, com o objetivo principal de avaliar o desempenho da infraestrutura 5G na região de Castanhal no Pará, proporcionando um panorama sobre sua eficiência e possíveis limitações da rede 5G.

Para a realização do estudo, foram selecionadas oito estações de base, onde foram realizadas três medições em cada uma delas. As medições envolveram dados de download, upload e latência, permitindo uma análise detalhada das variáveis que influenciam a qualidade da conexão. As informações coletadas foram registradas em planilhas de cálculo, que posteriormente foram utilizadas para análise estatística. Esse método garantiu precisão nos resultados e uma base sólida para a interpretação das métricas avaliadas. O estudo evidenciou a importância de avaliações detalhadas para compreender as limitações e os potenciais da tecnologia 5G em localidades específicas (NETO; JUNIOR, 2024).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa tem caráter qualitativo, exploratório e descritivo, com uma abordagem bibliográfica e documental. O objetivo é mapear os avanços da implementação do 5G no estado do Piauí e analisar como essa tecnologia pode impactar e transformar a educação. Para isso, foram analisados materiais acadêmicos, institucionais e técnicos que tratem da tecnologia 5G, seu avanço no Brasil e, especificamente, no Piauí.

Como fontes de pesquisa destacam-se artigos acadêmicos indexados em bases de dados como: Scielo, Google Scholar e IEEE Xplore; Relatórios de instituições governamentais, como a Anatel e o Ministério das Comunicações; Documentos institucionais da UFPI e do projeto *Piauí Conectado*; Notícias recentes em portais confiáveis que tratam da implantação do 5G no estado. Foram utilizadas palavras-chave como "5G no Piauí", "educação e 5G", "impactos da tecnologia 5G no ensino", e variações, para busca de materiais dentro da temática deste trabalho.

A pesquisa baseou-se ainda, em uma análise detalhada dos principais trabalhos, artigos e fontes institucionais relacionados ao avanço do 5G no Piauí. As fontes selecionadas desempenham papel fundamental na construção da pesquisa, pois fornecem uma compreensão aprofundada da evolução da tecnologia 5G, suas aplicações, desafios e o panorama atual da implantação no Brasil, com foco específico no estado do Piauí. Em destaque na Tabela 1 os principais trabalhos, artigos e site citados neste trabalho.

Tabela 1: Principais autores e referências utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

Tipo de Fonte	Título	Autor/Entidade	Ano	Link/Referência
Artigo Científico	Tecnologia De Redes Sem Fio: Perspectivas Históricas E Comparativas	Duarte, Reggiolli	2021	Disponível em: https://prospectus.fatecitapira.edu.br/index.php/pst/articled/view/78
Artigo Científico	Início da Operação das Redes Móveis de Quinta Geração (5G) no Brasil	Azevedo	2023	Disponível em: https://repositorio.ufrr.br/bitstream/123456789/53910/1/TCC_Carpus%20Azevedo.pdf
Artigo Científico	Historicidade da rede 5G (Quinta geração): Aplicações e desafios	Santana et al.	2024	Disponível em: https://www.revistas.unb.br/index.php/scientia/article/view/20926
Site Institucional	Cobertura móvel 5G no Brasil	Anatel	2024	Disponível em: https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/infraestrutura/cobertura-movel
Site Institucional	Painel Gaispi: Liberação e Planejamento da Faixa de 3,5 GHz	Anatel	2025	Disponível em: https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/espectro-e-orbita/gaispi-liberacao-e-planejamento-3-5-ghz

Fonte: Nascimento (2025)

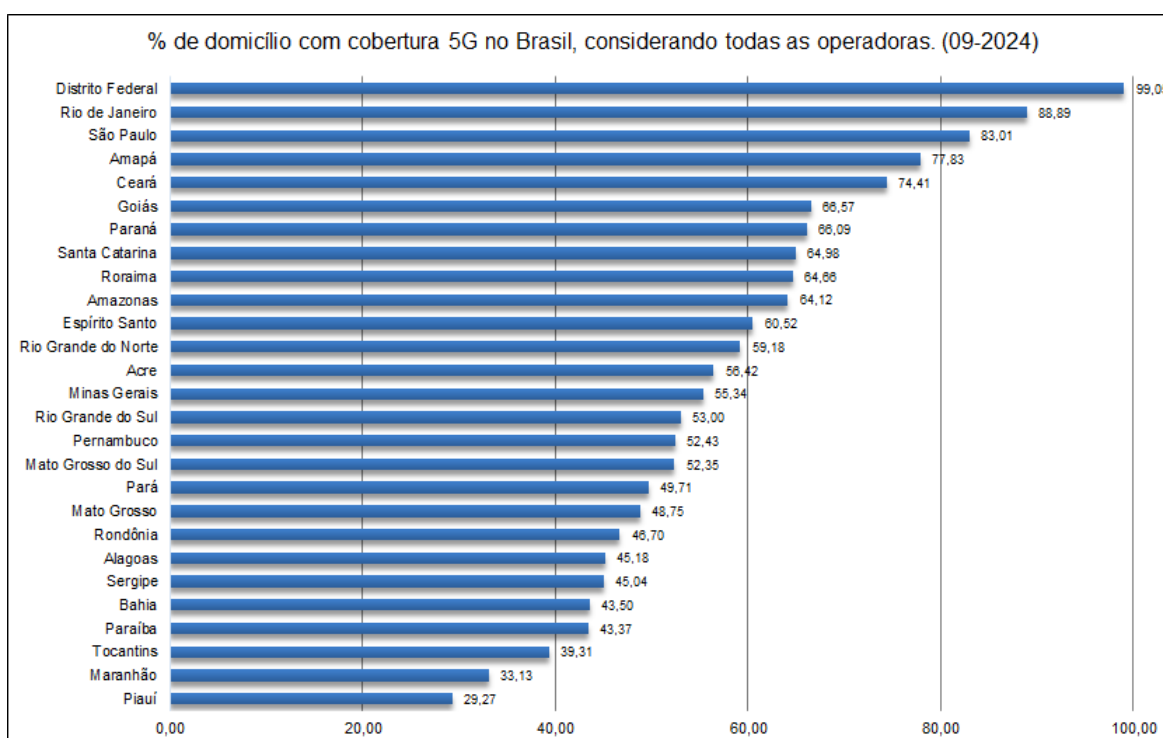
A Tabela 1 destaca os seguintes materiais: o artigo científico "Tecnologia De Redes Sem Fio: Perspectivas Históricas E Comparativas" de Duarte e Reggiolli (2021), que analisa as perspectivas históricas e comparativas das tecnologias de redes sem fio; o trabalho de Azevedo (2023) sobre o início da operação das redes móveis 5G no Brasil, que oferece insights sobre a fase inicial da tecnologia; o trabalho sobre Historicidade da rede 5G: Aplicações e desafios de Santana *et al.* (2024), que proporciona uma visão histórica sobre o 5G, incluindo os desafios enfrentados na implementação da rede; o site institucional da Anatel, que detalha informações sobre a liberação e planejamento da faixa de 3,5 GHz, essencial para a operação do 5G, e a cobertura móvel 5G no Brasil, ambos com dados cruciais sobre a evolução da infraestrutura.

Esses materiais foram fundamentais para a análise do cenário atual do 5G no Piauí, permitindo uma compreensão clara sobre os avanços, desafios e o impacto da tecnologia em várias áreas, incluindo a educação e a indústria. A utilização dessas fontes possibilitou a construção de um panorama completo e atualizado sobre a implementação do 5G no estado, oferecendo subsídios valiosos para o desenvolvimento da pesquisa e para a proposição de soluções baseadas nas especificidades locais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do leilão de frequências para a implementação da tecnologia 5G, promovido pela Anatel em novembro de 2021, o Brasil vem avançando com a implementação do 5G, tendo como marco sua primeira ativação do sinal na faixa 3,5 GHz em Brasília, no mês de julho de 2022 e, desde então, o país deu início à melhoria da infraestrutura tecnológica. Atualmente, o 5G está ativo em 1.633 cidades brasileiras com 64,53% dos domicílios cobertos, conforme apresentado na figura 6.

Figura 6: Domicílios com cobertura 5G no Brasil, considerando todas as operadoras até o período de setembro de 2024.



Fonte: Anatel (2025)

Além disso, do total de domicílios com cobertura 5G, 73,77% estão localizados em áreas urbanas, enquanto apenas 8,38% estão em áreas rurais (ANATEL, 2025). Esses números refletem não apenas o avanço no alcance da nova tecnologia como também a desigualdade de acesso, quando comparados com a cobertura em áreas rurais.

Com relação a implantação do 5G em zonas rurais, é importante destacar que a Fazenda Ipê, localizada em Baixa Grande do Ribeiro, no Piauí, tornou-se a primeira no Brasil a implementar a tecnologia 5G em um ambiente rural. A iniciativa, inaugurada em março de 2022, integra um projeto do Governo Federal que visa aumentar a conectividade e modernizar o agronegócio brasileiro (GOV.BR, 2022). Com essa implementação, o país deu um passo significativo na utilização de tecnologias avançadas no campo, promovendo maior competitividade e eficiência no setor agrícola.

Entre os benefícios proporcionados pelo 5G na Fazenda Ipê, destaca-se o aumento da produtividade agrícola, com ganhos estimados de 20% a 30% na eficiência das operações. A conectividade de alta velocidade permite uma melhor gestão dos recursos e maior rapidez na tomada de decisões, com dados gerados e analisados em tempo real. Esses resultados demonstram como o uso do 5G pode transformar a dinâmica do agronegócio, contribuindo para o fortalecimento da Agricultura 4.0 no Brasil.

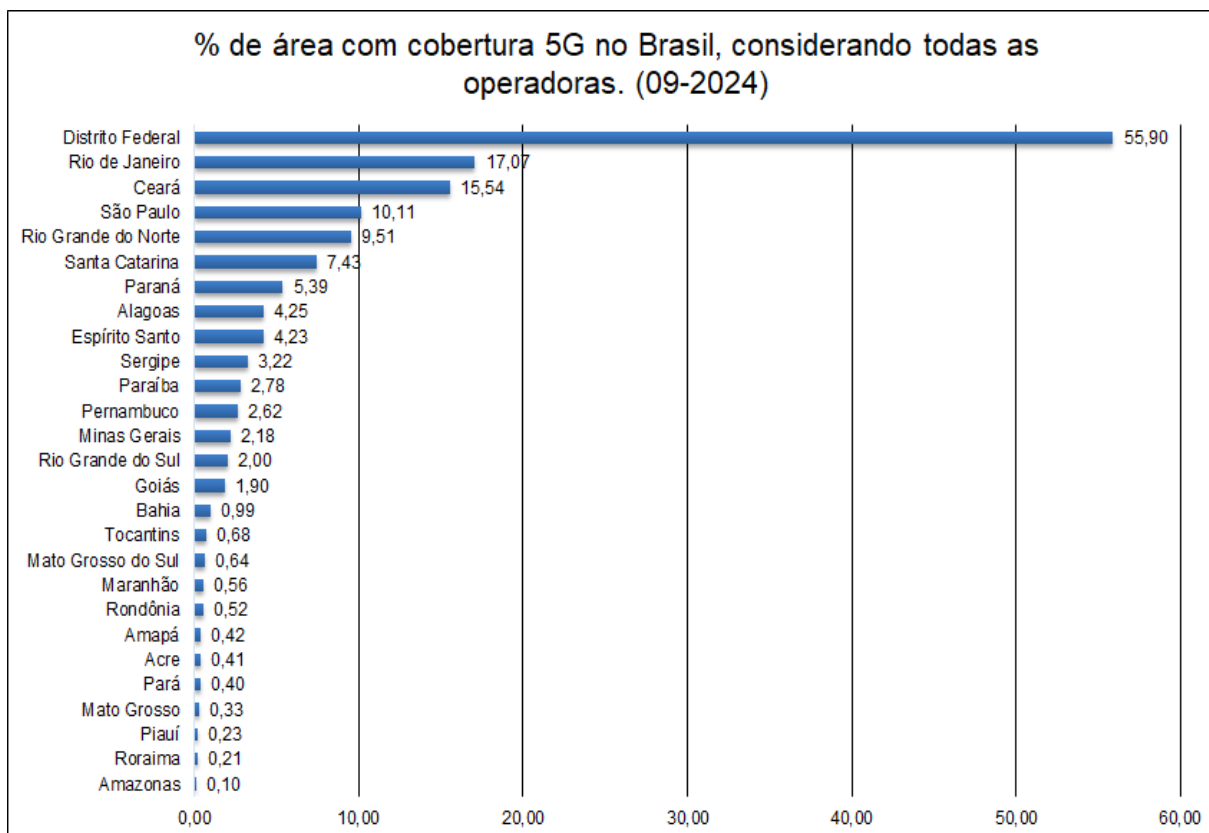
Além disso, a conectividade aprimorada proporcionada pelo 5G permite a integração de diversos dispositivos e sensores, que monitoram fatores como umidade do solo, condições climáticas e níveis de irrigação (GOV.BR, 2022). Essa integração facilita o monitoramento em tempo real e a gestão centralizada das atividades, aumentando a eficiência operacional e reduzindo custos. O uso de sensores conectados e dispositivos IoT reforça a importância da transformação digital no agronegócio.

Durante a inauguração, a inclusão digital também foi priorizada com a instalação de 310 pontos de conexão gratuita à internet em banda larga, beneficiando a comunidade local. Essa ação promoveu acesso à informação e serviços online, reduzindo desigualdades digitais na região. A implementação do 5G na Fazenda Ipê evidencia não apenas os benefícios econômicos da tecnologia, mas também seu potencial transformador para a inclusão social em áreas rurais.

A Fazenda Ipê serve como exemplo de como o 5G pode transformar a realidade rural, promovendo inclusão digital e modernização do agronegócio. No entanto, os números apontam para a necessidade de esforços mais amplos e coordenados para ampliar o acesso à tecnologia em áreas menos atendidas. Dessa forma, a expansão do 5G para além das capitais e grandes centros urbanos torna-se essencial para garantir que os benefícios econômicos e sociais da conectividade sejam sentidos por toda a população brasileira, especialmente nas regiões rurais.

Assim, é possível destacar ainda que, de acordo com a figura 7, fica evidente a grande diferença da cobertura de áreas pelo 5G nos diferentes estados brasileiros. O Distrito Federal, por exemplo, apresenta a maior cobertura com 55,90% de sua área atendida, valor bem superior aos demais estados.

Figura 7: Porcentagem de áreas com cobertura 5G no Brasil, considerando todas as operadoras até o período de setembro de 2024.



Fonte: Anatel (2024)

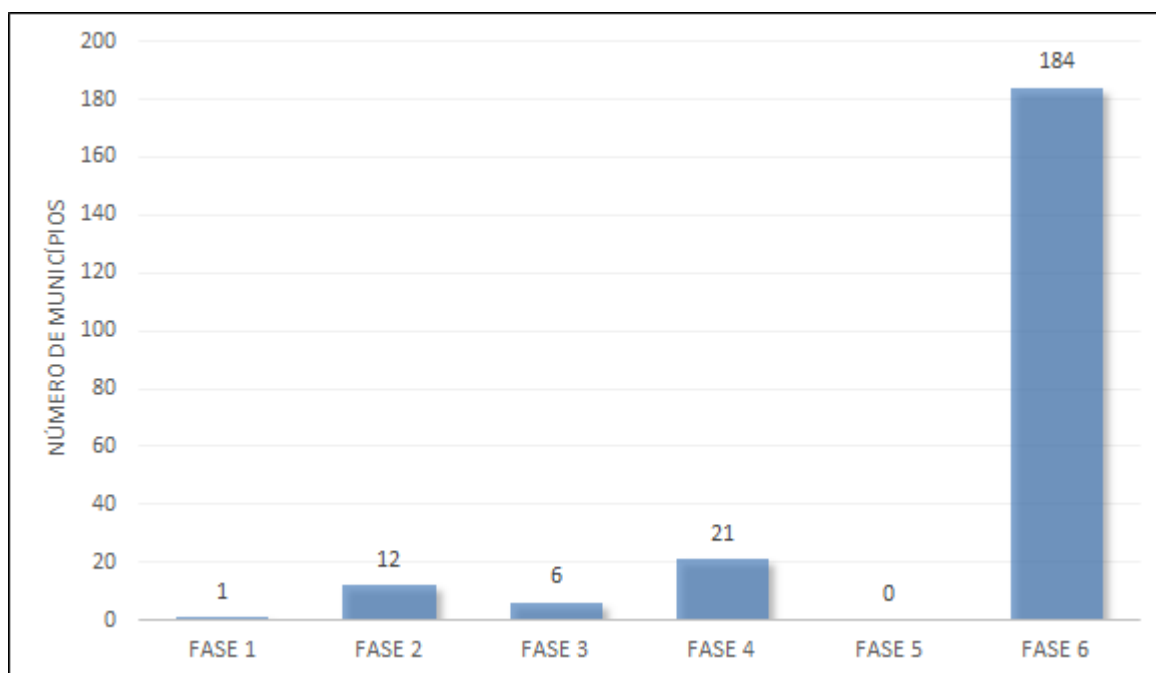
Em contrapartida, estados como Amazonas, Roraima e Piauí, estão entre os que apresentam menor cobertura, com valores inferiores a 0,30%. Essa diferença reflete os desafios estruturais enfrentados em regiões remotas ou com densidade populacional menor.

4.1 DESAFIOS DA IMPLANTAÇÃO DO 5G NO PIAUÍ

Conforme dados divulgados pela Anatel (2024), os 224 municípios do estado do Piauí já possuem autorização para a implementação do 5G na frequência de 3,5 GHz, como apresentado na Figura 8. A Anatel estabeleceu seis fases de programação para a implementação do 5G nessa frequência. A Fase 1 abrangeu a implantação nas capitais e regiões metropolitanas, priorizando esses centros urbanos devido à sua infraestrutura mais desenvolvida. As Fases 2, 3 e subsequentes seguem com a expansão gradual para cidades menores e áreas do interior do estado, garantindo que a tecnologia alcance progressivamente todos os municípios.

De acordo com a Anatel, a liberação, o planejamento e a descrição das fases estão relacionados às etapas programadas para a implementação do 5G na faixa de 3,5 GHz nos municípios. Essas etapas seguem o cronograma estabelecido pelo Grupo de Acompanhamento da Implantação das Soluções para os Problemas de Interferência (GAISPI), que organiza a implantação de maneira ordenada. Esse processo busca assegurar a infraestrutura necessária, além de minimizar interferências e garantir a liberação adequada do espectro.

Figura 8: Municípios do Piauí liberados para uso da faixa 3,5 GHz pelo 5G e sua respectiva fase



Fonte: Anatel (2025)

Apesar da liberação da frequência de 3,5 GHz para todos os 224 municípios piauienses, apenas Parnaíba e Teresina possuem licença para operar nessa faixa específica (Tabela 2). Ao todo, treze municípios do estado contam com licença para operar a tecnologia 5G, distribuídas entre quatro operadoras. No entanto, onze desses municípios – Agricolândia, Alegrete do Piauí, Barro Duro, Bocaina, Buriti dos Montes, Campo Grande do Piauí, Demerval Lobão, Fronteiras, Geminiano, Hugo Napoleão e Pio IX – operam em frequências inferiores a 3,5 GHz.

Tabela 2: Distribuição das Estações Licenciadas para Operação do 5G no Piauí: Frequências e Operadoras Responsáveis

Cidades	Operadora				Frequência GHZ					
	Brisanet	Tim	Claro	Vivo	7 0 0 0	1 8 0 0	2 1 0 0	2 3 0 0	2 5 0 0	3 5 0 0
Agricolândia		1				*				
Alegrete do Piauí		1				*				
Barro duro		1				*			*	
Bocaina		1				*				
Buriti dos Montes	1							*		
Campo grande do Piauí		1				*				
Demerval Lobão		1				*				
Fronteiras		1				*				
Geminiano		1				*				
Hugo Napoleão	1							*		
Parnaíba	1	3	1	3				*		*
Pio IX	1							*		
Teresina	7	115	106	82	*		*	*		*

Fonte: Anatel (2025)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A chegada do 5G ao Brasil representa um marco significativo no avanço da tecnologia no país, atendendo à crescente demanda por conectividade e praticidade em um mundo cada vez mais digital. Em um cenário onde a agilidade e a eficiência são fundamentais, a tecnologia 5G surge como uma ferramenta essencial para simplificar tarefas e otimizar processos que, anteriormente, demandavam presença física. Essa evolução tecnológica promove novas possibilidades, ampliando os horizontes de aplicação da conectividade em diversos setores.

Graças ao progresso das telecomunicações, atividades que vão desde reuniões virtuais até procedimentos médicos complexos, como cirurgias remotas, tornaram-se possíveis. Contudo, a adoção dessa tecnologia no Brasil ainda é desigual entre as diferentes regiões.

No estado do Piauí, por exemplo, embora todos os 224 municípios tenham sido liberados pela Anatel para a implementação do 5G, apenas Teresina e Parnaíba obtiveram licenças para operar na faixa de 3,5 GHz. Essa frequência é fundamental para explorar plenamente o potencial do 5G, e sua ausência limita a oferta de muitos dos benefícios esperados.

Os desafios no Piauí evidenciam as dificuldades estruturais e de acesso que dificultam a disseminação dessa tecnologia, especialmente em áreas rurais e pequenas cidades. A precariedade da infraestrutura digital e as limitações econômicas tornam a implementação do 5G nessas regiões uma tarefa complexa. Ainda assim, iniciativas como a instalação de torres e a ampliação da conectividade em municípios estratégicos são passos importantes para reduzir as desigualdades tecnológicas no estado.

Além disso, o impacto limitado em regiões menos desenvolvidas reforça a necessidade de políticas públicas e investimentos mais robustos para garantir a inclusão digital e a expansão do 5G. A falta de infraestrutura adequada em áreas periféricas não apenas restringe o acesso à tecnologia, mas também perpetua desigualdades econômicas e sociais, impedindo que esses territórios se beneficiem plenamente da transformação digital que o 5G pode proporcionar.

Como trabalhos futuros, espera-se investigar estratégias específicas para impulsionar a implementação do 5G no Piauí, considerando as particularidades econômicas, sociais e geográficas da região, permitindo assim, avaliar o impacto dessa tecnologia nas áreas de saúde, educação e agronegócio, ampliando o entendimento de como o 5G pode transformar realidades locais de maneira sustentável e inclusiva.

REFERÊNCIAS

ANATEL. **Cobertura da Telefonia Móvel no País**. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/infraestrutura/cobertura-movel>. Acesso em: 16 jan. 2025.

AZEVEDO, Carpus. **Início da Operação das Redes Móveis de Quinta Geração (5G) no Brasil**. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Telecomunicações) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/ RN, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/53910/1/TCC_Carpus%20Azevedo.pdf f. Acesso em: 14 nov. 2024.

BRASIL. ANATEL. **GAISPI - Liberação e Planejamento 3,5 GHz**. 2025. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/espectro-e-orbita/gaispi-liberacao-e-planejamento-3-5-ghz>. Acesso em: 16 jan. 2025.

BRASIL. **Governo Federal lança a primeira fazenda com tecnologia 5G no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/marco/5g-no-agro-fazenda-no-piaui-e-a-primeira-a-utilizar-a-tecnologia>. Acesso em: 06 out. 2024

BRASIL. ANATEL. **Tecnologia 5G**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/5G/tecnologia-5g>. Acesso em: 09 nov. 2024

BRASIL. **Um ano após leilão, Brasil avança com expansão do sinal 5G**. Ministério das Comunicações, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2022/novembro/um-ano-apos-leilao-brasil-avanca-com-expansao-do-sinal-5g>. Acesso em: 23 out. 2024.

DUARTE, Bruno de Almeida; REGGIOLLI, Marcia Regina. **TECNOLOGIA DE REDES SEM FIO: PERSPECTIVAS HISTÓRICAS E COMPARATIVAS**. Prospectus, Itapiraca, v. 3, n. 2, p. 53-68, 11 jan. 2022. Disponível em: <https://www.prospectus.fatecitapira.edu.br/index.php/pst/article/view/78/71>. Acesso em: 10 dez. 2024.

FURTADO NETO, RL; JAILTON JUNIOR, J. **A Análise de desempenho da Rede 5G em Castanhal: Estudo detalhado das Antenas e Qualidade da Conexão**. Anais da XII Escola Regional de Computação do Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI 2024). **Anais ...**Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2024.

Gieske, João. O que é mMTC em 5G e como ele beneficia uma empresa? **nybsys**, 31 de Out. de 2024. Disponível em: <https://nybsys.com/what-is-mmtc-in-5g/>

HUAWEI. **O que é Network Slicing? Como funciona?** 2023. Disponível em: <https://info.support.huawei.com/info-finder/encyclopedia/en/Network+Slicing.html>. Acesso em: 02 dez. 2024.

KRAUS, Dener. **Computação de borda para indústria utilizando a rede 5G**. 2021. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Departamento de Engenharia de Controle, Automação e Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228613/TCC_Dener_Kraus.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 08 nov. 2024.

MAILER, Christian. **Plataforma de CORE 5G em nuvem para disponibilização de funções de rede como serviço**. Trabalho de conclusão de curso (monografia) - Departamento De Engenharia De Controle E Automação E Computação, Universidade Federal de Santa Catarina. Blumenau, p. 54. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/209624/TCC_20201_Christian_Mailer.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MATOS, Flavio C. et al. **O 5G na educação: um olhar sob a perspectiva do educador**. In: VI SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DA FATEC JALES, 2595-2323., 2023, Jales. Simpósio. Jales: Fatec Jales, 2023. p. 1-14. Disponível em: http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/16412/1/gestao_empresarial_2023_1_flavio_chagas_de_matos_o_5g_na_educacao_um_olhar_sob_a_perspectiva_do_educador.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.

MOROCHO-CAYAMCELA, Manuel Eugenio; LEE, Haeyoung; LIM, Wansu. **Machine Learning for 5G/B5G Mobile and Wireless Communications: potential, limitations, and future directions**. **Ieee Access**, [S.L.], v. 7, p. 137184-137206, 09 dez. 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2019.2942390>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335937022_Machine_Learning_for_5GB5G_Mobile_and_Wireless_Communications_Potential_Limitations_and_Future_Directions. Acesso em: 09 dez. 2024.

OMALLEY, Dan. What is embb (enhanced mobile broadband) in 5g? **nybsys**, 15 de Out. de 2024. Disponível em: <https://nybsys.com/what-is-embb-enhanced-mobile-broadband/>

PORTO, Caio Silva Marques; NUNES, Felipe Davi de Souza Oliveira; Kaique dos Santos; ANDRADE, Gustavo de Oliveira. **USO DA REALIDADE VIRTUAL PARA UMA APRENDIZAGEM IMERSIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**. In: X

CONGRESSO DE MÍDIAS E EDUCAÇÃO, 2024, Rio de Janeiro, 2024. v. 7, p. 1-7. Disponível em: <https://portalespiral.cp2.g12.br/index.php/parceriasdigitais/article/view/4098>. Acesso em: 08 out. 2024

PUCRS. **5G na Educação: um mundo de possibilidades**. 2021 Disponível em: <https://online.pucrs.br/blog/public/5g-na-educacao-um-mundo-de-possibilidades>. Acesso em: 02 out. 2024.

SANTANA, Washington; SISNANDO, Anderson; RIBEIRO, Kilder; MANIÇOBA, Robson; SANTOS, Alex. HISTORICIDADE DA REDE 5G (QUINTA GERAÇÃO): APLICAÇÕES E DESAFIOS: APLICAÇÕES E DESAFIOS. **Revista Scientia**, Salvador, ano 2024, v. 9, n. 3, p. 19, 1 set. 2024. DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.13624840>. Disponível em: Revista Scientia. Acesso em: 6 set. 2024.

SPADINGER, Robert. **IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA 5G NO CONTEXTO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E DA INDÚSTRIA 4.0**. In: KUBOTA, Luis Claudio. Digitalização e tecnologias da informação e comunicação oportunidades e desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: Ipea, 2024. Cap. 5. p. 153-183. Disponível em: [Digitalizacao_e_tecnologias_da_informacao_comunicacao.pdf](#). Acesso em: 08 jan. 2025.

TEIXEIRA, G.; RECH, A.; ANACLETO, F. **EDUCAÇÃO 5G: QUALIDADE E EQUIDADE NO ENSINO PÚBLICO BRASILEIRO**. SciELO Preprints, 2023. DOI: 10.1590/SciELOPreprints.5638. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/5638>. Acesso em: 22 jan. 2025.