



EXPANSÃO DA COBERTURA MÓVEL NO BRASIL:

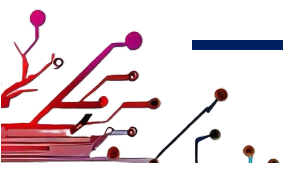
Uma Necessidade Estratégica para o Desenvolvimento Nacional

AGOSTINHO LINHARES

<https://ipedigital.tech>

LEONARDO EULER DE MORAIS

Maio de 2025





SUMÁRIO EXECUTIVO

Contexto

A infraestrutura de telecomunicações é essencial para o desenvolvimento de uma sociedade moderna e conectada. No Brasil, a demanda por conectividade cresce, se diversifica e se adensa em resposta à digitalização da economia e serviços essenciais como educação à distância, telemedicina e e-commerce. A expansão do serviço móvel é um componente central para o desenvolvimento do Brasil. No entanto, o acesso desigual às redes de telecomunicações reflete as desigualdades socioeconômicas e regionais. Por isso, nesse contexto, futuros editais de licitação de espectro de radiofrequências, obrigações de fazer, termo de ajustamento de conduta, deveriam aplicar o conceito de adensamento positivo. O adensamento positivo consiste na implementação de infraestrutura de suporte (ex. torres) que produzam, de fato, ampliação da cobertura existente.

Desafios da Infraestrutura

Apesar dos avanços na densificação das redes móveis, o Brasil enfrenta uma lacuna entre a expansão do número de Estações Radiobase (ERBs) e a melhoria da cobertura real da rede. A densificação tem sido priorizada em áreas já atendidas, em detrimento de uma distribuição mais geográfica, mais equalitária, resultando em infraestrutura inadequada em vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais e rodovias.

Compartilhamento de infraestrutura e investimentos do setor

O compartilhamento de infraestrutura, embora promissor, ainda não alcançou todo o seu potencial no Brasil. Incentivos e regulações específicas são necessários para fomentar essa prática e obter benefícios em termos de eficiência de recursos e expansão de cobertura. A Anatel tem feito esforços recorrentes na regulação para estimular o desenvolvimento do setor, especialmente através de leilões de espectro não arrecadatórios. Porém, desafios persistem e exigem uma abordagem de política pública, mais coerente com as demandas da sociedade.





Necessidade de políticas públicas e impacto econômico

O estudo destaca a necessidade de políticas públicas para incentivar a densificação e a expansão geográfica das redes de forma sustentável e eficaz. A análise inclui a expansão do 5G na faixa de 3,5 GHz, além da lacuna de cobertura em rodovias brasileiras. Portanto, o estudo, em partes, desafia a estratégia de densificação da infraestrutura e serviços em áreas urbanas de alta demanda, enquanto a expansão da cobertura é essencial para atender populações em regiões afastadas. No Brasil, apenas 15% das ERBs estão em áreas rurais, criando uma desigualdade estrutural significativa. Estudos indicam que a modificação de um cenário sem cobertura para cobertura de 100% em uma localidade pode aumentar o PIB per capita daquela localidade em até 2,3%, além de melhorar indicadores de educação e saúde. No Brasil, isso poderia significar avanços significativos para diversas regiões.

Estratégias para Expansão

O estudo propõe várias estratégias para incentivar a expansão sustentável das ERBs, incluindo:

- Simplificação do licenciamento.
- Redução de taxas, uso do FUST e incentivos fiscais.
- Parcerias público-privadas (PPPs) estaduais.
- Obrigações de adensamento positivo de estações em leilões de espectro.

Conclusão

O estudo conclui que a expansão da cobertura móvel é crucial para reduzir desigualdades e fomentar o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Investimentos em infraestrutura e regulações adequadas são essenciais para transformar o cenário atual e garantir acesso equitativo a serviços digitais em todo o país. Adicionalmente, quando se trata de adensamento, não se deve considerar apenas a relação ERB/habitante, mas também se deve observar a cobertura, incluindo o atendimento de cidades, vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais e rodovias que não disponham desse tipo de infraestrutura.





Expansão da Cobertura Móvel no Brasil: Uma Necessidade Estratégica para o Desenvolvimento Nacional

1. Introdução

A infraestrutura de telecomunicações desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de uma sociedade moderna e conectada. É a base para a disseminação de informações, a oferta de serviços digitais e o fortalecimento das economias locais. No cenário brasileiro, a demanda por conectividade tem crescido exponencialmente, impulsionada pela digitalização de serviços essenciais, como educação à distância, telemedicina e *e-commerce*. Contudo, o acesso desigual às redes de telecomunicações reflete as profundas desigualdades socioeconômicas e regionais do país.

A revolução digital está remodelando as interações sociais, os negócios e os serviços públicos. Nesse contexto, as redes móveis são essenciais para levar conectividade a regiões onde soluções fixas seriam economicamente inviáveis. Entretanto, a distribuição de infraestruturas de telecomunicações móveis como Estações Radiobase (ERBs) ainda é desigual e muitas vezes escassa, prejudicando o acesso equitativo a oportunidades digitais.

Apesar de avanços significativos na densificação das redes móveis, o Brasil enfrenta um desafio crucial: a lacuna entre a expansão do número de ERBs e a melhoria da cobertura real da rede. A simples densificação, caracterizada principalmente pelo aumento de ERBs em áreas já atendidas, é frequentemente priorizada em detrimento de sua distribuição e ampliação geográfica.

Esse padrão de distribuição de ERBs pode refletir em uma falta de infraestrutura adequada em vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais, rodovias entre outros locais, não apenas restringindo o acesso a serviços digitais, mas também comprometendo a qualidade da experiência do usuário. É fundamental repensar o modelo atual para garantir que o aumento na densidade de ERBs resulte em melhorias significativas na cobertura e na capacidade de atender à crescente demanda por conectividade.

Além disso, observa-se que o compartilhamento de infraestruturas, embora promissor, ainda não alcançou todo o seu potencial no Brasil. Os incentivos e regulações específicas para fomentar essa prática ainda não conseguiram impulsionar todos os possíveis benefícios que poderiam ser obtidos em termos de eficiência de recursos e expansão de cobertura.

As evidências disponíveis indicam que as operadoras brasileiras anualmente estão investindo em infraestrutura. Por exemplo, a relação CAPEX/Receita no Brasil está historicamente acima da média mundial¹. A própria Anatel já faz esforços recorrentes na regulação para estímulo ao desenvolvimento do setor, especialmente através de leilões de espectro não arrecadatórios.

¹ <https://www.teleco.com.br/comentario/com1073.asp>





Ocorre que o Brasil é um país de dimensões continentais e condições socioeconômicas desafiadoras, tornando o desafio de implantação de redes um processo que exige soluções para além das forças naturais do mercado.

Este estudo busca avaliar a cobertura das redes móveis no Brasil, evidenciando como essa lacuna tende a se ampliar diante da previsão de crescimento do tráfego de dados. A análise inclui uma avaliação da cobertura considerando a expansão do 5G na faixa de 3,5 GHz, destacando a necessidade de ampliação no número de ERBs em 10 capitais brasileiras. Além disso, o estudo avalia a lacuna de cobertura e infraestrutura existente em rodovias brasileiras, demonstrando a necessidade de mais políticas públicas relacionadas a esse assunto, e sua respectiva implementação. Com base nessa análise, são propostas medidas para incentivar a densificação e a expansão geográfica das redes de forma sustentável e eficaz.

Figura 1: Exemplo de infraestrutura de telecomunicações em uma estrada (imagem gerada por IA)



2. Revisão da Literatura

O conceito de infraestrutura de telecomunicações abrange um conjunto de elementos que permitem a transmissão de dados e comunicação entre dispositivos. No contexto das redes móveis, dois indicadores são frequentemente analisados: densidade e cobertura. A densidade mede a relação entre o número de ERBs e a população atendida, enquanto a cobertura avalia a área geográfica coberta por essas estações.

Estudos mostram que a densificação contribui para a melhora da qualidade dos serviços em áreas urbanas de alta demanda, reduzindo problemas como congestionamento de rede e baixa velocidade de conexão [1]. Por outro lado, a expansão da cobertura é essencial para atender populações em regiões afastadas, promovendo a inclusão digital e reduzindo desigualdades regionais [2].





No Brasil, o desafio está em equilibrar esses dois aspectos. Estudos apontam que em algumas áreas de alta densidade, como certas capitais e regiões metropolitanas, existe infraestrutura suficiente para suportar a demanda. Em contraste, regiões rurais e periféricas apresentam cobertura limitada, o que reforça a necessidade de políticas públicas voltadas para a expansão da cobertura [3].

Dados da Associação Brasileira de Infraestrutura para Telecomunicações (Abrintel) indicam que apenas 15% das torres instaladas no Brasil estão localizadas em áreas rurais, enquanto 85% estão concentradas em regiões urbanas, criando uma desigualdade estrutural significativa [4].

O compartilhamento de infraestrutura é outra tendência global que merece destaque. Essa prática permite que diferentes operadoras utilizem a mesma ERB, reduzindo custos e otimizando recursos [1]. Apesar dos benefícios, sua implementação no Brasil ainda poderia avançar mais carecendo de incentivos mais adequados.

A Associação Brasileira de Infraestrutura para Telecomunicações (Abrintel) realizou uma análise abrangente sobre a infraestrutura de telecomunicações no Brasil, com foco em Estações Radiobase (ERBs), torres e práticas de compartilhamento de infraestrutura. O objetivo desse estudo foi identificar os desafios estruturais que limitam a expansão da cobertura móvel e propor soluções para melhorar a inclusão digital no país [3].

Os resultados daquele estudo foram os seguintes:

- **Distribuição Desigual:** Apenas 15% das torres estariam localizadas em áreas rurais, enquanto 85% estariam concentradas em zonas urbanas. Essa disparidade reflete a desigualdade no acesso a serviços digitais entre regiões metropolitanas e periféricas.
- **Compartilhamento de Infraestrutura:** Embora o compartilhamento de torres seja uma prática comum em mercados desenvolvidos, no Brasil o índice de compartilhamento é muito pequeno, havendo uma média de 1,3 operadoras por *site*. Essa situação resulta em custos mais elevados para operadoras e limitações na expansão da cobertura.
- **Desafios Regulatórios:** A insuficiência da regulamentação e dos incentivos fiscais atuais restringem investimentos em regiões remotas, onde os custos de implantação de infraestrutura podem ser até cinco vezes maiores do que em zonas urbanas [4]

O referido estudo conclui que seria necessário adotar políticas públicas que promovam o compartilhamento de infraestrutura, além de criar subsídios e incentivos financeiros para atrair investimentos privados em regiões rurais. A expansão equitativa da cobertura móvel é essencial para reduzir desigualdades e fomentar o desenvolvimento socioeconômico do Brasil.

A Abrintel também já fez recomendações sobre a relação de usuários por ERB no Brasil. Na ocasião sugeriu que a média de 1.000 a 1.500 habitantes por ERB para manter níveis mínimos de qualidade². No entanto, em algumas regiões brasileiras, essa proporção é significativamente maior. Por exemplo, em Fortaleza, havia 2.115 habitantes por ERB, aproximadamente o dobro do recomendado, indicando a necessidade de aumentar o número de ERBs para melhorar a qualidade do serviço.

Embora esses estudos não comparem diretamente o Brasil com outros países, a elevada relação de usuários por ERB no país indica que, em comparação com padrões internacionais, o país

² Whitepaper BRASIL: É possível ter banda larga para todos? Licenciamento e regularização de antenas nas cidades brasileiras: realidades e desafios. Disponível em <https://abrintel.org.br/whitepaper-brasil-e-possivel-ter-banda-larga-para-todos/>





possui uma densidade de ERBs inferior à necessária para atender adequadamente à demanda dos usuários.

Por sua vez, estudos comparativos apontam que países com regulações que incentivam a densificação de rede, o compartilhamento de infraestrutura e a utilização de novas tecnologias, como redes 5G, alcançaram melhores resultados em termos de inclusão digital [1].

No entanto, a regulamentação brasileira ainda enfrenta lacunas. A falta de uma política nacional clara que priorize a inclusão digital em áreas vulneráveis perpetua desigualdades. Além disso, os incentivos fiscais existentes não são suficientes para atrair investimentos privados significativos para regiões remotas ³.

A relação entre cobertura de redes móveis e inclusão digital é amplamente documentada na literatura. Em contextos em que a cobertura é insuficiente, comunidades inteiras são excluídas do acesso a serviços essenciais, como educação online, telemedicina e transações financeiras [2]

No Brasil, as disparidades na cobertura de redes móveis perpetuam desigualdades históricas. Regiões como o Norte e o Nordeste apresentam os menores índices de cobertura, enquanto o Sudeste concentra a maior parte da infraestrutura [3]. Estudos da PNAD TIC apontam que apenas 60% das residências em regiões rurais possuem acesso à internet móvel, em comparação com 90% nas áreas urbanas ⁴.

Estudos internacionais também destacam os impactos econômicos da inclusão digital. Estudo do Banco Mundial estima que a ampliação da cobertura móvel em regiões remotas (saindo de sem cobertura para 100% de cobertura) pode aumentar o PIB per capita daquela localidade em até 2,3% [5], além de melhorar indicadores de educação e saúde [6]. No Brasil, isso poderia significar avanços significativos para regiões como o Semiárido, onde a exclusão digital ainda é uma barreira ao desenvolvimento.

Depreende-se do exposto acima que a expansão da cobertura móvel não é apenas uma questão de infraestrutura, mas também de justiça social e desenvolvimento econômico. Investimentos em infraestrutura e regulações adequadas são cruciais para transformar o cenário atual e garantir acesso equitativo a serviços digitais em todo o país.

2.1. A Importância da Densificação de ERBs para a Qualidade do Serviço

A densificação de ERBs é um dos fatores mais determinantes para a melhoria da qualidade do serviço em redes móveis ⁵. Com o aumento da densidade de ERBs, é possível reduzir o número de

³ O edital do leilão do 5G, realizado pela Anatel em 2021, estabeleceu obrigações específicas de adensamento de redes para as operadoras vencedoras. A partir de julho de 2025, as prestadoras deverão garantir, nas capitais brasileiras, uma densidade mínima de uma Estação Rádio Base (ERB) para cada 10 mil habitantes na faixa de 3,5 GHz. Embora essa exigência represente um avanço regulatório em relação à cobertura mínima da nova tecnologia, ela ainda é considerada insuficiente diante da real demanda de tráfego e dos padrões de qualidade esperados para o 5G.

⁴ Em 2024, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) iniciou a revisão quinquenal do Plano Estrutural de Redes de Telecomunicações (PERT), destacando a importância da conectividade rural. A proposta inclui o projeto "Desenvolvimento Rural Conectado", que visa promover a conectividade em assentamentos rurais, com foco na agricultura familiar, comunidades quilombolas e outras comunidades tradicionais. Além disso, o plano enfatiza a necessidade de aprimorar a cobertura móvel 4G/5G em áreas rurais e rodovias, visando reduzir as desigualdades digitais e fomentar o desenvolvimento socioeconômico nessas regiões.

⁵ Essa relação será demonstrada na prática no Brasil na seção 4.3





usuários atendidos por cada estação, diminuindo a sobrecarga em áreas de alta demanda e proporcionando uma experiência de conexão mais estável e rápida.

- **Redução da Latência:** A proximidade entre o usuário e a estação aumenta a relação Sinal/Ruído e diminui o tempo de resposta das comunicações, melhorando a qualidade em aplicações como *streaming*, jogos *online* e videoconferências [1].
- **Aumento da Capacidade:** Com mais ERBs disponíveis, as redes podem suportar um volume maior de tráfego de dados, especialmente em regiões urbanas densamente povoadas. Isso é crucial em cenários onde a demanda por serviços móveis cresce exponencialmente, como durante eventos de grande porte [2].
- **Cobertura Interna Melhorada:** A densificação contribui para melhorar a penetração de sinais em ambientes internos, como edifícios e estações de metrô, onde a qualidade da conexão geralmente é prejudicada.
- **Preparação para o 5G:** Redes 5G exigem uma infraestrutura densa para funcionar de forma eficiente, dada a utilização de frequências mais altas, que possuem alcance menor. A densificação de ERBs é, portanto, um pré-requisito para a expansão e adoção dessa tecnologia [7].

Apesar de seus benefícios, a densificação de ERBs enfrenta desafios significativos, incluindo:

- **Custos Elevados:** A instalação e manutenção de novas ERBs demandam investimentos adicionais substanciais, o que pode limitar sua viabilidade em regiões menos lucrativas.
- **Legislações Municipais:** Barreiras legais e burocráticas para a obtenção de licenças podem atrasar a implementação de novas estações.
- **Impactos Urbanos:** A instalação de ERBs em áreas densamente povoadas pode gerar preocupações estéticas e de impacto ambiental, exigindo soluções inovadoras de *design* e integração.

Uma pergunta importante surge diante dessa necessidade de aumento das ERBs para inclusão digital: **qual é a real necessidade de novas ERBs para a realidade brasileira?** Estimativas detalhadas, baseadas na análise de densidade populacional e distribuição atual de ERBs, serão fundamentais para definir estratégias eficientes para a expansão da infraestrutura móvel.

3. O Leilão do 5G e suas problemáticas em relação à infraestrutura

3.1. Resumo do Leilão

A quinta geração de redes móveis, conhecida como 5G, representa uma revolução tecnológica no setor de telecomunicações. Mais do que oferecer velocidades ultrarrápidas para usuários finais,





essa nova geração de conectividade possibilita aplicações inovadoras, como cidades inteligentes, automação industrial e a Internet das Coisas (IoT). No Brasil, a implantação do 5G ganhou impulso a partir do leilão realizado pela Anatel em 2021, que definiu as bases para sua implementação e expansão.

O 5G é a evolução das tecnologias móveis anteriores (3G e 4G) e apresenta avanços significativos em três pilares principais[10]:

- **Velocidade:** Com taxas que podem ultrapassar 1 Gbps, o 5G permite downloads quase instantâneos e a transmissão de grandes volumes de dados em tempo real.
- **Baixa Latência:** A latência é reduzida para menos de 1 milissegundo, viabilizando aplicações críticas como carros autônomos e cirurgias remotas.
- **Conexões Massivas:** A rede é capaz de suportar milhões de dispositivos por quilômetro quadrado, essencial para o crescimento da IoT.

Essas características tornam o 5G muito mais do que uma simples evolução do 4G: ele se configura como a base para a transformação digital em diversas áreas econômicas e sociais.

Em novembro de 2021, o Brasil realizou seu maior leilão de frequências, arrecadando cerca de R\$ 47,2 bilhões em lances e compromissos de investimentos. Diferentemente de leilões tradicionais, o foco foi a ampliação da infraestrutura e a inclusão digital, e não apenas a arrecadação de recursos.

Neste leilão foram ofertados lotes nas seguintes faixas:

- **700 MHz:** Voltada para a expansão do 4G em áreas rurais e estradas
- **2,3 GHz:** Frequência para reforço da capacidade de redes existentes.
- **3,5 GHz:** Principal faixa para o 5G *standalone*, com alto desempenho em áreas urbanas.
- **26 GHz:** Faixa milimétrica para aplicações específicas, como fábricas inteligentes e realidade aumentada.

O edital impôs metas rigorosas de cobertura para as operadoras vencedoras:

- **Capitais e Regiões Metropolitanas:** O 5G *standalone* deveria estar disponível em todas as capitais estaduais até julho de 2022.
- **Municípios com Mais de 30 Mil Habitantes:** A cobertura deve ser expandida gradativamente, com prazos até 2029.
- **E os municípios abaixo de 30 Mil Habitantes:** As obrigações de cobertura para os lotes regionais deverá seguir o seguinte cronograma:
 - Até 31 de dezembro de 2026: pelo menos 30% desses municípios;
 - Até 31 de dezembro de 2027: pelo menos 60%;
 - Até 31 de dezembro de 2028: pelo menos 90%;





- Até 31 de dezembro de 2029: 100% dos municípios com menos de 30 mil habitantes.
- **Áreas Rurais e Rodovias:** As operadoras devem fornecer cobertura 4G em aproximadamente 35.784 quilômetros de rodovias federais pavimentadas, distribuídos em 2.349 trechos, com o seguinte cronograma de implantação:
 - Até 31 de dezembro de 2023: Cobertura de pelo menos 119 trechos.
 - Até 31 de dezembro de 2024: Cobertura adicional de 118 trechos, totalizando 237.
 - Até 31 de dezembro de 2025: Cobertura adicional de 356 trechos, totalizando 593.
 - Até 31 de dezembro de 2026: Cobertura adicional de 237 trechos, totalizando 830.
 - Até 31 de dezembro de 2027: Cobertura adicional de 237 trechos, totalizando 1.067.
 - Até 31 de dezembro de 2028: Cobertura adicional de 118 trechos, totalizando 1.185.
 - Até 31 de dezembro de 2029: Cobertura dos 1.164 trechos restantes, alcançando o total de 2.349 trechos.

3.2. Desafios para implantação das obrigações

Desde o leilão, o Brasil tem avançado na implantação do 5G. Todas as capitais já contam com a tecnologia em operação, embora sua disponibilidade ainda seja limitada a áreas específicas. A expansão para municípios menores e áreas rurais segue em ritmo mais lento.

Embora o referido leilão seja considerado uma referência mundial, tendo sido elogiado por autoridades globais pelo foco na construção de infraestrutura, alguns desafios para implantação dessas obrigações têm surgido. Entre os principais desafios está a implantação da cobertura 4G em rodovias federais.

Em dezembro de 2023, a Winity, empresa do grupo Pátria Investimentos, renunciou à sua autorização para operar na faixa de 700 MHz, adquirida no leilão de 2021. A decisão ocorreu após a Anatel impor condicionantes a um acordo entre a Winity e a Vivo para o compartilhamento dessa faixa em 1.110 municípios. A empresa alegou que essas restrições tornaram inviável o cumprimento dos compromissos assumidos no edital, incluindo a cobertura de milhares de quilômetros de rodovias federais.

O caso foi amplamente discutido e a principal polêmica esteve relacionada aos riscos concorrenciais que esse acordo levaria. A devolução da licença pela Winity representou um obstáculo relevante para a expansão da cobertura 4G nas rodovias federais, pois os investimentos esperados não se concretizaram.

Com a renúncia, a Anatel precisou iniciar um processo de relicitação da faixa de 700 MHz para encontrar novos interessados em assumir os compromissos de cobertura. Esse processo está em curso e avançará ao longo de 2025.





Ademais, verifica-se que essa cobertura ocorreria apenas em relação a um conjunto de estradas federais, havendo um conjunto adicional sem previsão de atendimento, englobando inclusive rodovias estaduais. Isso será mais bem discutido no item 4.5.

Uma outra controvérsia importante diz respeito ao modelo de cumprimento de obrigações para operadores regionais.

A Anatel sempre promoveu um modelo de competição por infraestruturas. Em todos os seus leilões de espectro, e especialmente após o leilão do 3G em 2007, quando foram impostos os primeiros compromissos de abrangência, sempre esteve presente a visão de que os proponentes vencedores deveriam cumprir suas obrigações a partir da construção de rede e infraestruturas.

Esse conceito é amplamente defendido por executivos da agência.⁶

No entanto, um processo que cursa na Anatel pode modificar esse conceito, criando uma leitura diferente a respeito de como se poderia cumprir obrigações de cobertura.

Uma das prestadoras regionais vencedora no Leilão do 5G, solicitou à Anatel autorização para operar como Operadora Móvel Virtual (MVNO) credenciada, utilizando a rede de outra prestadora regional vencedora do Leilão em todo o território nacional, incluindo áreas onde já possui espectro próprio. A intenção seria antecipar a oferta de serviços móveis enquanto sua infraestrutura própria não estivesse totalmente implementada⁷.

A área técnica da Anatel negou essa solicitação nas regiões onde a requerente detém espectro, como os estados do Norte, São Paulo e Paraná. A justificativa foi que tal arranjo contraria as normas vigentes, configurando um desvio de finalidade na exploração do Serviço Móvel Pessoal (SMP) por meio de rede virtual nessas áreas. Os técnicos argumentaram que a proposta não se alinha com a dinâmica de incentivos à construção de infraestrutura idealizada no "Edital do 5G", historicamente defendida. Além disso, ressaltaram preocupações quanto ao cumprimento das obrigações estabelecidas no edital e à utilização eficiente dos recursos de radiofrequência disponíveis⁸. Entretanto, a medida foi temporariamente suspensa, dando entendimento de validade ampla do acordo⁹.

Se prevalecer o acordo proposto pela requerente, haverá uma significativa mudança de entendimento do órgão regulador, de modo a permitir que obrigações de cobertura sejam cumpridas sem construção de infraestrutura adicional. Esse processo pode implicar numa reconfiguração da cadeia de valor de redes e infraestruturas, na medida em que balizas estruturantes do modelo concorrencial do setor no Brasil são revistas. Esse possível encaminhamento não parece trazer benefícios para o setor de telecomunicações, sendo recomendável a manutenção do incentivo de crescimento da infraestrutura do setor.

4. Avaliação da Cobertura e Capacidade das Redes Móveis no Brasil

Os capítulos anteriores se concentraram na análise da literatura existente sobre o tema, e no resumo do Leilão do 5G como vetor atual de desenvolvimento da cobertura móvel no Brasil. Foram

⁶ <https://teletime.com.br/25/04/2024/anatel-quer-avaliar-efeito-de-acordos-de-ran-sharing-no-mercado-movel/>

⁷ <https://telesintese.com.br/ligga-busca-acordo-para-ser-mvno-nacional-da-unifique/>

⁸ <https://telesintese.com.br/ligga-busca-acordo-para-ser-mvno-nacional-da-unifique/>

⁹ <https://www.telesintese.com.br/baigorri-suspende-restricao-a-mvno-da-ligga-com-unifique/>





destacadas a importância da densificação das ERBs como fator essencial para a melhoria da qualidade e para a inclusão digital, e observados desafios que têm sido enfrentados a partir do Leilão do 5G.

Este capítulo, por sua vez, realiza uma avaliação prática da infraestrutura existente. Serão feitas basicamente duas análises. A primeira identifica uma lacuna de infraestrutura de 5G em grandes cidades e a segunda aponta para a intensa necessidade de investimento em rodovias e áreas não atendidas.

Cumpra esclarecer que o dimensionamento da lacuna de infraestrutura 5G existente considera apenas a demanda dos usuários móveis (mercado B2C), de tal forma que se fosse acrescentar demandas por outras aplicações, como redes privadas, IoT e FWA (Fixed Wireless Access), seria exigido um número muito maior de estações.

4.1. Fatores importantes para o planejamento de uma rede celular

O planejamento de redes celulares envolve uma combinação de ciência e engenharia para atender a duas demandas essenciais: ampla cobertura geográfica e capacidade suficiente para lidar com o tráfego de dados. Os engenheiros projetam as redes considerando fatores como densidade populacional, características do terreno, espectro disponível e previsões de crescimento no uso de dados. Essa abordagem visa equilibrar o uso de recursos técnicos e financeiros para maximizar a eficiência e a qualidade do serviço oferecido aos usuários.

As macrocélulas são as principais responsáveis por fornecer cobertura em grandes áreas geográficas, como zonas urbanas, suburbanas e rurais. Elas utilizam torres de telecomunicações ou estruturas elevadas para instalar ERBs que transmitem sinais de alta potência. Sua principal função é garantir conectividade básica em uma ampla extensão, servindo como a espinha dorsal da infraestrutura de redes móveis. Segundo a 3GPP (3rd Generation Partnership Project), as macrocélulas muitas vezes operam geralmente em frequências mais baixas, como 700 MHz e 900 MHz, que são ideais para atingir longas distâncias com menor atenuação [7].

No Brasil, as macrocélulas desempenham um papel crucial na cobertura de áreas urbanas, rurais e regiões periféricas, onde a densidade populacional é menor e a infraestrutura é limitada. Estudos da GSMA [1] indicam que as essas células respondem por aproximadamente 70% da cobertura total de redes móveis no país.

As microcélulas, por outro lado, são células que podem ter menor porte projetadas para atender áreas específicas com alta demanda por dados, como centros urbanos densamente povoados, *shoppings* e estádios. Elas operam tipicamente em frequências mais altas, como 2,5 GHz ou 3,5 GHz, o que permite maior capacidade de transmissão de dados, mas com alcance reduzido [2].¹⁰

Microcélulas são fundamentais para melhorar o desempenho da rede em ambientes de alta densidade populacional, aliviando o congestionamento em macrocélulas próximas. Além disso, são utilizadas em redes 5G para habilitar casos de uso como IoT (Internet das Coisas) e realidade aumentada. Dados da GSMA [1] mostram que, globalmente, o número de micro células implantadas devem crescer 10 vezes até 2030, acompanhando a expansão do 5G.

A coexistência de macro células e microcélulas é essencial para o equilíbrio entre cobertura e capacidade. Enquanto as macrocélulas garantem uma conectividade básica em áreas amplas, as

¹⁰ Importante mencionar a essa altura que a implantação do 5G no Brasil está ocorrendo exclusivamente na faixa de 3,5GHz, de modo que nessa frequência estão sendo implantadas tanto macro quanto microcélulas.





microcélulas aumentam a capacidade em zonas específicas, oferecendo uma experiência de usuário mais consistente. Esse modelo híbrido, conhecido como redes heterogêneas (HetNets), é amplamente adotado em países como Japão e Coreia do Sul, que lideram em densidade de redes móveis avançadas [8].

O ICT Infrastructure Business Planning Toolkit – 5G Networks, publicado pela ITU [11], é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de plano de negócios por meio do dimensionamento e avaliação de implantações de redes de banda larga. Trata-se de um guia estruturado e robusto para, a partir de dados e informações reais, identificar uma demanda de infraestrutura e fazer um dimensionamento geral da rede relacionada.

Ele abrange o dimensionamento tanto de redes 4G quanto 5G, detalhando como dimensionar macrocélulas e microcélulas, enfatizando a otimização da cobertura e dimensionamento de capacidade. A partir desse modelo proposto, é possível identificar a quantidade de infraestrutura necessária para atender determinada área geográfica, considerando fatores de tráfego, como demanda de pico, além que questões como população atendida, qualidade esperada etc.

Para o 5G, o Toolkit sugere inclusive uma maior densidade de micro células, considerando os maiores requisitos de largura de banda do 5G e o uso de frequências mmWave, que exigem áreas de cobertura menores. Esse texto também se concentra em fatores técnicos e econômicos para garantir implantações sustentáveis.

A partir desses fatores de planejamento de rede, é possível desenvolver um modelo teórico que avalia se a infraestrutura existente no Brasil está minimamente adequada.

4.2. Infraestrutura Existente

O Brasil é um país de dimensões continentais, composto por mais de 5.500 municípios que apresentam perfis diversos, incluindo áreas densamente urbanas, moderadamente urbanas e rurais. Esta sessão tem como objetivo avaliar a cobertura do 5G no Brasil na faixa de 3,5 GHz, destacando as lacunas na distribuição de ERBs.

Para uma análise representativa, o estudo foca em uma amostra de 10 das principais cidades brasileiras, que fornecem um panorama abrangente dos ambientes urbanos mais densos do país. Os municípios selecionados são: São Paulo – SP, Rio de Janeiro – RJ, Belo Horizonte – MG, Porto Alegre – RS, Curitiba – PR, Brasília – DF, Goiânia – GO, Recife – PE, Fortaleza – CE e Belém – PA. A escolha dessas cidades se baseia em sua relevância econômica, diversidade regional e perfil urbano.

Conforme dados da Anatel e do IBGE¹¹ coletados em dezembro de 2024, esses municípios apresentam o seguinte panorama¹²:

Tabela 1: Relação Acessos 5G, Área Urbanizada e ERBs 5G em dezembro de 2024.

Cidade	Acessos 5G	Área Urbanizada (km ²)	ERBs 5G
São Paulo – SP	4.649.585	914,5644	7.214

¹¹ <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21494-ibge-apresenta-panorama-da-urbanizacao-no-brasil>

¹² Para fins desse estudo, não estão sendo considerados dados de municípios que compõem a região metropolitana das cidades mencionadas.





Recife – PE	472.009	142,9853	792
Rio de Janeiro – RJ	2.319.931	640,3365	4.070
Curitiba – PR	768.241	336,5066	1.278
Fortaleza – CE	684.412	253,6912	1.139
Porto Alegre – RS	504.930	214,9087	890
Brasília – DF	1.063.788	590,2166	2.515
Belém - PA	402.592	147,3517	685
Goiânia – GO	684.412	301,5507	1.009
Belo Horizonte – MG	402.592	274.042	1.499

Se separarmos esses dados pelas 3 principais operadoras móveis brasileiras teremos o seguinte extrato:

Tabela 2: Relação Acessos 5G e ERBs 5G para as três principais operadoras.

Cidade	Vivo		Claro		Tim	
	Acessos	ERBs	Acessos	ERBs	Acessos	ERBs
São Paulo - SP	1.660.612	1.678	1.764.298	2.322	1.224.675	3.214
Recife - PE	139.352	215	173.278	336	59.379	241
Rio de Janeiro - RJ	700.227	1.234	971.613	1.315	648.091	1.521
Curitiba - PR	217.556	364	182.466	447	368.219	467
Fortaleza - CE	237.845	289	223.404	488	223.163	362
Porto Alegre - RS	206.094	347	229.189	332	69.647	211
Brasília - DF	368.460	744	51.260	756	244.068	1.015
Belém - PA	92.654	170	171.191	213	38.747	302
Goiânia - GO	237.845	465	223.404	262	223.163	282
Belo Horizonte - MG	92.654	443	171.191	392	138.747	664

Conforme pode ser observado, essa amostra de cidades possuía, em dezembro de 2024, **um total de 21.091 ERBs de 5G**.

4.3. Cenários de demanda

Do ponto de vista do planejamento de Infraestrutura, a relação entre a quantidade de ERBs e a qualidade do serviço é algo óbvio. Entretanto, de maneira prática, é interessante observar como ela se manifesta no Brasil, de modo a demonstrar que uma eventual lacuna de cobertura real implicaria em uma menor qualidade do serviço para os usuários finais.





Para tanto, tomando por base os 10 municípios de amostra do presente estudo, foram coletados dos dados da Mediana da Velocidade de Download do 5G disponíveis na Anatel¹³, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Relação Acessos 5G, ERBs 5G e Velocidade Média de Download em 10 cidades para as três principais operadoras.

Índice	Acessos	ERBs	Velocidade Download (Mbps)
1	1.660.612	1.678	142,66
2	139.352	215	306,36
3	700.227	1.234	182,77
4	217.556	364	211,61
5	237.845	289	153,59
6	206.094	347	187,36
7	368.460	744	160,34
8	92.654	170	172,51
9	237.845	465	154,24
10	92.654	443	162,44
11	1.764.298	2.322	310,93
12	173.278	336	350,2
13	971.613	1.315	291,76
14	182.466	447	462,11
15	223.404	488	329,19
16	229.189	332	396,3
17	451.260	756	354,12
18	171.191	213	312,25
19	223.404	262	351,18
20	171.191	392	343,76
21	1.224.675	3.214	317,35
22	159.379	241	281,26
23	648.091	1.521	293,81
24	368.219	467	326,63
25	223.163	362	343,01
26	69.647	211	267,63
27	244.068	1.015	280,52
28	138.747	302	307,44
29	223.163	282	264,31
30	138.747	664	301,7

Para avaliar a correlação entre esses dados, foi construído um modelo de Regressão Múltipla de modo a tentar entender como que a Velocidade de Download do 5G é explicada pela quantidade de acessos 5G de uma prestadora em determinado município e a quantidade de ERBs de 5G dessa mesma prestadora, conforme expressão a seguir:

Equação 1: Fórmula da análise econométrica

$$V_{\text{Download } 5G} = \beta_1 \text{Acessos}5G + \beta_2 \text{ERBs}5G_{\text{município}} + \beta_3 \text{ERBs}5G^2_{\text{município}} + \varepsilon$$

¹³ <https://www.gov.br/anatel/pt-br/dados/qualidade/qualidade-dos-servicos>





A partir desse modelo, obteve-se o seguinte resultado da Regressão:

Tabela 4: Sumário dos Resultados

Variáveis	Coefficientes
Intercepto	0
Acessos5G	-0,000236 [0,000141] [◊]
ERBs5G	0,668319 [0,120250]*
ERBs5G ²	-0,000160 [3,1E-05]*
R múltiplo	0,8520
R ²	0,7284
R ² Ajustado	0,6685
Erro-Padrão	159,3524
Observações	30

Notas:

1. * Significância $p < 0,01$
2. [◊] Significância $p = 0,105$
3. Erro Padrão em colchetes.

Tabela 5: ANOVA

	gl	F	F de significância
Regressão	3	23,8270	1,25464E-07
Residual	27		
Total	30		

A partir desses resultados, verifica-se claramente uma elevada correlação positiva entre as variáveis Velocidade e ERBs5G. O **R Múltiplo** da regressão, que representa o coeficiente de correlação entre as variáveis observadas e estimadas pelo modelo acima de 0,85, o que para regressões desse tipo já é considerado alto. Isso vale também para o **R²**, que representa o Coeficiente de Determinação das variáveis.¹⁴

Do ponto de vista de significância geral do modelo, o teste **F** indica que o modelo global é estatisticamente significativo (α menor que 0,05).

A partir dos coeficientes, é possível interpretar¹⁵ que quanto maior a quantidade de ERBs existentes, maior será a qualidade de serviço esperado na oferta do 5G no Brasil. Por outro lado, a equação de regressão indica que quanto maior o número de acessos, menor será a velocidade média.

¹⁴ A variável "Acessos" não apresentou significância estatística nesse modelo (o *p-value* deveria ser menor de 10%, e ficou muito próximo, em 10,5%). Isso pode ser explicado por vários fatores, como tamanho da amostra, e dependência de outras variáveis importantes do ponto de vista de engenharia, como relevo, infraestrutura de transporte disponibilizada etc.

¹⁵ Esse modelo matemático se ajusta bem até o ponto que maximiza a velocidade de *download* 5G (equação quadrática) em função do número de ERBs, mantido os demais parâmetros constantes (*ceteris paribus*). Esse ponto de máximo pode ser calculado a partir dos estimadores β_1 , β_2 e β_3 , que são obtidos a partir da regressão das amostras de referência. Assim, extrapolações da relação velocidade e número de ERBs para além do ponto de máximo deve ser visto com cautela. Uma alternativa de modelamento seria utilizar *log-log*.





4.4. Avaliação a luz do Toolkit da ITU para o 5G

Conforme citado anteriormente, o *ICT Infrastructure Business Planning Toolkit* publicado pela ITU é uma ferramenta importante para dimensionamento e avaliação de implantações de redes de banda larga, especialmente para 5G. A intenção nessa seção é, a partir dos dados existentes de cada uma dessas cidades, apresentar uma estimativa de quantidade de ERBs 5G operando na faixa de 3,5 GHz (e portadoras de 100 MHz), considerando a demanda atual de usuários, bem como um conjunto de parâmetros esperados de qualidade de rede de acordo com especificações dos principais fabricantes de redes de telecomunicações.

A partir desse *Toolkit* é possível verificar qual a quantidade de ERBs seria teoricamente necessária para atendimento de uma cobertura real. Cumpre esclarecer que a ITU considera em seus estudos que a operação na faixa de 3,5 GHz possuirá cobertura contínua¹⁶ em áreas urbanas e suburbanas, de tal forma que esse foi um objetivo a ser buscado. Evidentemente, a depender das características de terreno e ocupação do solo de cada cidade, o planejamento específico pode recomendar um número maior (ou, eventualmente, menor) de estações. Ressalta-se que o modelo adota valores de referência, de tal forma que cidades de alta densidade populacional e com muitos prédios pode demandar um número maior de estações.

Para tanto, é necessário identificar os parâmetros definidos no modelo da ITU que servem de base para a estimativa. Conforme o *Toolkit* define, alguns parâmetros são importantes:

- **Cities area (km²):** Trata-se da área Urbanizada a ser coberta de acordo com o modelo.
- **Avg. coverage area by site (km²):** Área coberta pelo site.
- **5G Spectrum Efficiency:** Eficiência espectral da rede 5G.
- **Spectrum Available (MHz):** Quantidade de espectro disponível por operadora.
- **Sectors per macrocell:** Quantidade de setores por macrocélula.
- **Sectors per smallcell:** quantidade de setores por microcélula.
- **Peak demand (Gbps):** demanda de pico estimada na área geográfica em questão.
- **Contention Ratio:** proporção entre o número de usuários que compartilham a mesma capacidade de rede e o recurso efetivamente disponível para esses usuários.
- **Speed per User (Mbps):** Velocidade Mínima em Mbps por Usuário.
- **Users using at Peak:** Usuários utilizando a rede em momentos de pico.

O próximo passo passa a ser calibrar o modelo a luz do presente exercício. Várias são as possibilidades de parametrização presentes na normatização do 5G, no entanto a intenção aqui é ser conservador no sentido de utilizar parâmetros reais observados na prática.

¹⁶ https://www.itu.int/dms_ties/itu-r/md/19/wp5d/c/R19-WP5D-C-0716!H4-N4.04!MSW-E.docx





Conforme a GSMA [9] e ITU [12], existem algumas referências práticas para fins de dimensionamento de rede. De acordo com essas fontes, foram utilizadas as seguintes referências:

- **Speed per User:** 100 Mbps;
- **Avg. coverage area by site (km²):** 0,5 km²;
- **5G Spectrum Efficiency:** 4,8 bits/Hz;
- **Sectors per macrocell:** 3 setores;
- **Sectors per small cell:** 1 setor.

Adicionalmente, há que se considerar fatores de tráfego, importantes em relação à capacidade da rede por site.

Ao planejar redes 5G, é comum considerar que uma fração significativa dos usuários estará ativa durante os horários de pico. Embora não haja um percentual fixo estabelecido, estudos e práticas de mercado sugerem que, em áreas urbanas densas, cerca de **20% a 30%** dos usuários podem estar simultaneamente conectados nos momentos de maior tráfego.

A Huawei em [10] discute cenários de cobertura e capacidade para redes 5G. Embora não forneça um percentual específico de usuários simultâneos, o documento destaca a importância de considerar a capacidade de *throughput* médio por usuário durante as horas de pico. Por exemplo, menciona que, com base nos requisitos dos clientes da Huawei, a taxa de pico no *downlink* pode chegar a 1.000 Mbps, e o *throughput* médio por usuário no *downlink* pode atingir 25 Mbps durante as horas de pico.

Já a Ericsson, em [8], oferece análises detalhadas sobre tendências de tráfego e uso de redes móveis. Embora o relatório não estabeleça categoricamente percentuais de usuários simultâneos, ele fornece insights sobre o crescimento do tráfego de dados móveis e a adoção do 5G, o que pode auxiliar no dimensionamento da rede.

É importante notar que esses percentuais são estimativas baseadas em práticas de mercado e podem variar conforme o comportamento dos usuários, a densidade populacional e as características específicas de cada região. Nesse sentido, para fins do presente dimensionamento, foi utilizado um percentual de **20% dos usuários utilizando a rede em momentos de pico.**

Por fim, para calibrar o modelo, resta a definição do fator de contenção (*Contention Ratio*).

O fator de contenção de uma rede móvel é a razão entre a demanda máxima e a largura de banda real e indica quantas pessoas estão compartilhando a mesma conexão.

Uma taxa de contenção mais alta significa que mais usuários estão compartilhando a largura de banda, o que pode resultar em menor largura de banda efetiva, especialmente durante os horários de pico. Por exemplo, uma taxa de contenção de 50:1 significa que até 50 pessoas estão compartilhando a mesma conexão.





Uma taxa de contenção mais alta pode fazer com que uma conexão fique congestionada, resultando em velocidades mais lentas. Para calcular a taxa de contenção, divida a largura de banda total disponível pelo número de usuários que compartilham a largura de banda.

No caso de uma rede 5G, quando se espera uma experiência de qualidade um pouco maior, verifica-se fatores de contenção menores. O *Toolkit* da ITU traz em seus exercícios sugestões de fatores de contenção **próximos de 1:10** para dimensionamento de rede 5G.

Na prática, significa que para cada unidade de capacidade disponível (por exemplo, 1 Mbps), há até 10 usuários competindo para usá-la. Se a capacidade total de uma rede ou célula for 100 Mbps, isso implica que até 1.000 usuários podem compartilhar essa capacidade simultaneamente.

Diante disso o modelo foi parametrizado para dimensionamento da rede dos 10 municípios citados, considerando a base atual das operadoras bem como sua área urbana atual.

O resultado é apresentado a seguir:

Tabela 6: Comparação entre ERBs 5G Existentes e Previstas no *Toolbox* da ITU.

Cidade	ERBs 5G existentes	Mínimo projetado (ITU)	Percentual de diferença
São Paulo – SP	7.214	9.082	26%
Recife – PE	792	813	3%
Rio de Janeiro – RJ	4.070	4.049	-1%
Curitiba – PR	1.278	1.911	50%
Fortaleza – CE	1.139	1.440	26%
Porto Alegre – RS	890	1.221	37%
Brasília – DF	2.515	3.351	33%
Belém - PA	685	837	22%
Goiânia – GO	1.009	1.713	70%
Belo Horizonte – MG	1.499	1.557	4%
TOTAL	21.091	25.974	23%

Conforme pode ser observado, o modelo proposto pelo *Toolkit* da ITU demonstra uma lacuna de ERBs para atendimento das necessidades de cobertura de 5G na maioria das cidades da amostra. A grande maioria das cidades utilizadas possui um déficit significativo no número de estações, se comparado ao mínimo recomendado para fatores médios de dimensionamento de rede.

Cidades como Goiânia e Curitiba, por exemplo, chegam a uma necessidade de ampliação no número de estações de 50% ou mais, sendo que a média apontaria para um **aumento de 23% no número de ERBs, somente para atendimento da demanda de 5G existente**. Ocorre que esse modelo aponta para uma necessidade evolutiva ainda maior. O 5G ainda está em sua fase crescimento e o tráfego nas redes 5G exigirá um volume de implantação de rede ainda mais significativo para atendimento da demanda por vir.

Utilizando por base os parâmetros apresentados, é possível prever uma evolução da quantidade de ERBs para esses 10 municípios até 2029, ocasião que se encerram as obrigações de cobertura do leilão do 5G. Se supormos um crescimento de tráfego no 5G na casa de 10% a. a. e a





evolução da eficiência espectral do 5G conforme prevista em [9], a figura a seguir trará uma previsão de evolução de ERBs para os municípios da amostra.

Tabela 7: Evolução da Quantidade de ERBs necessários conforme Toolkit da ITU

Cidade	2024 (atual)	2025	2026	2027	2028	2029
São Paulo	7.214	9.917	10.884	11.897	12.957	14.069
Recife	792	813	813	831	870	937
Rio de Janeiro	4.070	4.242	4.444	4.655	4.877	5.158
Curitiba	1.278	1.911	1.911	1.911	1.911	1.937
Fortaleza	1.139	1.440	1.440	1.440	1.440	1.440
Porto Alegre	890	1.221	1.221	1.221	1.221	1.221
Brasília	2.515	3.351	3.351	3.351	3.351	3.351
Belém	685	837	837	837	860	901
Goiânia	1.009	1.713	1.713	1.713	1.713	1.713
Belo Horizonte	1.499	1.557	1.557	1.557	1.557	1.557

Do ponto de vista percentual, e comparando o último ano com a situação atual, obtemos a seguinte necessidade de densificação de ERBs para esses 10 municípios brasileiros até:

Tabela 8: Acréscimo Percentual na Densificação de ERBs

Cidade	Percentual de diferença
São Paulo	95%
Recife	18%
Rio de Janeiro	27%
Curitiba	52%
Fortaleza	26%
Porto Alegre	37%
Brasília	33%
Belém	32%
Goiânia	70%
Belo Horizonte	4%
MÉDIA	39%

Conforme pode ser visto, o modelo prevê uma necessidade média de adensamento de estações nessas 10 cidades a ponto de **umentar em cerca de 39% nesse período**, levando em conta somente a demanda dos usuários móveis (mercado B2C).

A partir daí discute-se que, na verdade, há uma demanda no Brasil para aumento de sua cobertura real. O Brasil possui hoje um quantitativo de cerca de **48 mil estações de 5G**, concentradas principalmente nas grandes cidades. Se extrapolarmos o percentual de 23% como sendo o piso nacional para aumento da cobertura brasileira do 5G em municípios com alguma cobertura, apenas para atendimento da demanda atual dessas cidades, já existiria um déficit de quase 12.000 estações,





isso sem contar com as novas áreas com previsão de atendimento até 2029, conforme prevê o Leilão do 5G.

Importante frisar que essa necessidade de ampliação de redes está relacionada basicamente em infraestruturas de maior porte (*macrosites*). Embora o modelo ITU preveja macrocélulas e microcélulas, mesmo as microcélulas previstas estão avaliadas em ambientes outdoor com raio de cobertura que somente seriam alcançados com a ampliação a infraestrutura passiva existente. Isso ocorre especialmente por conta da carência atual de *sites* urbanos no Brasil.

4.5. Avaliação da cobertura em rodovias

A seção anterior abordou a necessidade de infraestrutura olhando a perspectiva urbana em capitais /grandes centros urbanos, demonstrando uma lacuna de infraestrutura em relação à implantação de redes de quinta geração. Muitas outras seriam as lacunas de infraestrutura de cobertura móvel no Brasil, como por exemplo, poderíamos (i) observar o enorme desafio existente em áreas rurais; (ii) discutir o horizonte de investimento necessário em pequenas e médias cidades. Enfim essa discussão possui vários flancos.

Porém, há um déficit de infraestrutura em uma parte do Brasil, a qual observada de forma transversal, abrangeria em grande parte desses demais desafios citados: **a falta de cobertura móvel em rodovias federais e estaduais.**

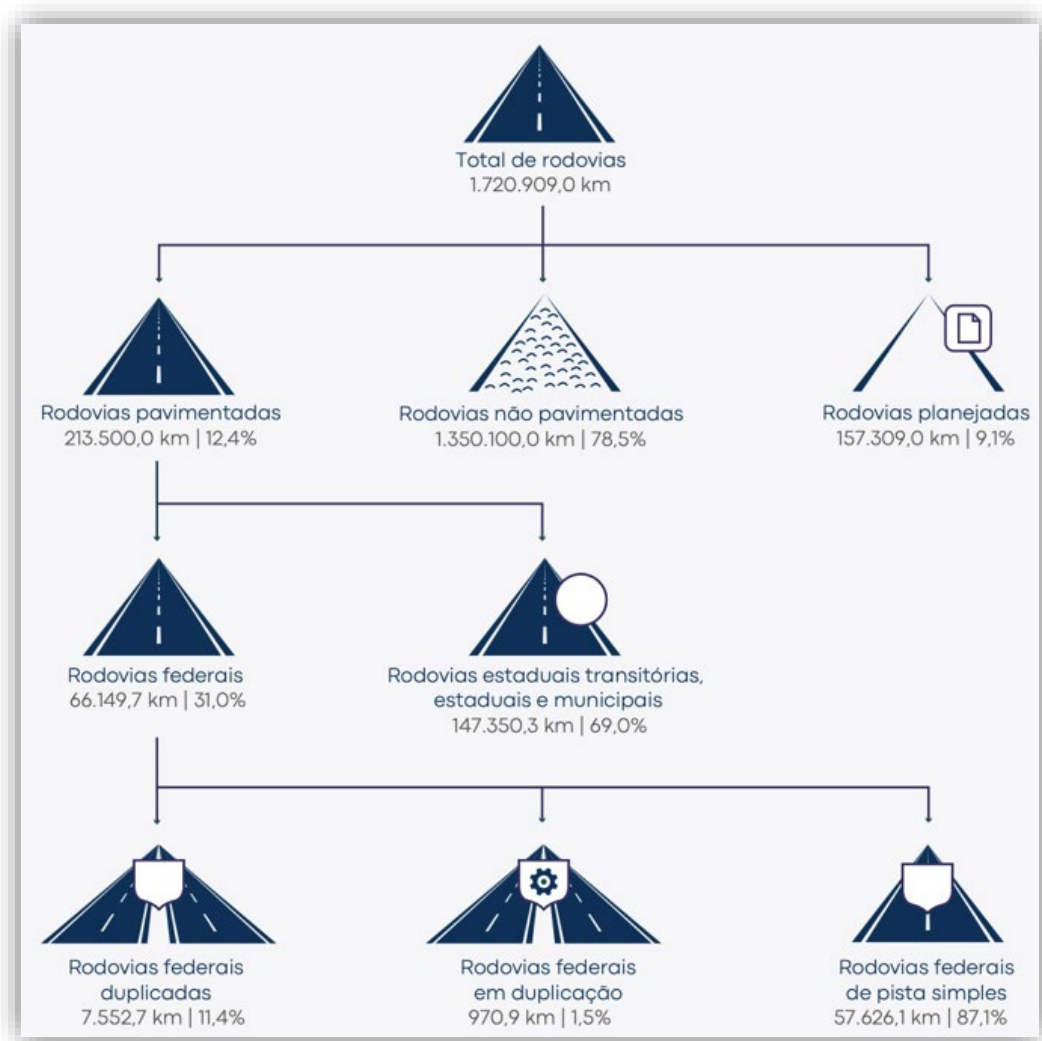
Quando uma estrada está coberta, os seus arredores também estão. A existência de uma macrocélula de 4G na faixa de 700 MHz permite um raio de cobertura em áreas não urbanas da ordem de 10km [7], o que cria um indutor de serviço e inclusão digital em seu entorno, atingindo fazendas, pequenos vilarejos e cidades.

O Brasil possui uma extensa malha rodoviária que desempenha um papel crucial no transporte de cargas e passageiros. Conforme dados da CNT [13], o Brasil possui mais de 1 milhão de quilômetros de estradas, observando estradas federais, estaduais e municipais. A maioria desse conjunto é municipal e não pavimentada, servindo principalmente de malha em áreas rurais.

A figura a seguir apresenta um breve relatório:

Figura 2: Malha rodoviária brasileira





Fonte: Elaboração CNT, com dados do DNIT e Ministério da Infraestrutura.

Se observarmos o volume de estradas constante no documento e separarmos apenas o quantitativo de estradas federais e estaduais, que compreendem a malha onde existe maior volume de tráfego rodoviário, obtemos:

Rodovias Federais: A malha rodoviária federal do Brasil possui atualmente uma extensão total de 75,8 mil km, dos quais 65,4 mil km correspondem a rodovias pavimentadas e 10,4 mil km a rodovias não pavimentadas.

Rodovias Estaduais: De acordo com a Pesquisa CNT, existe um total de 43.843 km de trechos estaduais.

É importante notar que esses números podem variar ao longo do tempo devido a obras de expansão, manutenção e reclassificação de rodovias. Para informações mais detalhadas e atualizadas, seria interessante um estudo mais detalhado a partir de discussões com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e as secretarias de transporte de cada estado. No entanto, a partir desses dados, já se consegue perceber que a malha rodoviária brasileira é significativamente extensa.



Se observarmos sob a perspectiva da cobertura, conforme dados da Anatel¹⁷, temos:

- Rodovias sem Cobertura de Dados Móveis: 37.991 km (31,2%)
- Rodovias com Cobertura 4G: 77.398 km (63,5%)
- Rodovias com Cobertura 5G: 7.694 km (6,3%)

Essa malha de rodovias sem cobertura apresentada corresponde basicamente ao total de estradas (federais ou estaduais) sem nenhuma cobertura seja existente ou contratada. Esse seria, portanto, um universo de déficit de cobertura onde há **claro interesse de tráfego e não há uma política clara de atendimento**.

Tomando esse volume de rodovias sem cobertura, e assumindo um raio de cobertura móvel em 700 MHz de cerca de 10km, verificamos que seriam necessários pelo menos mais aproximadamente 2 mil novas macrocélulas. Essas novas estruturas são em geral mais robustas que as que são colocadas nas cidades, demandando projetos mais robustos de infraestrutura civil. Estamos falando de um volume de investimentos adicionais de pelo menos 2 bilhões de reais.¹⁸

Isso dá uma dimensão real da existência dessa lacuna de infraestrutura. Se considerássemos o universo municipal de mais de 1 milhão de km de estrada, esse déficit alcançaria o patamar de dezenas de milhares de novas macrocélulas.

4.6. Resumo da discussão

A carência de infraestrutura para a expansão da cobertura móvel no Brasil é evidente. Com base em dados e uma metodologia simples, verifica-se que o Brasil possui uma lacuna de novos *sites* da ordem de milhares de novas macrocélulas, isso tudo para atendimento da demanda atual.

Se observarmos apenas a necessidade de atendimento atual da demanda de 5G (nas áreas onde ele já foi implantado), bem como a necessidade de cobertura em estradas federais e estaduais que ainda não foram cobertas, chegamos facilmente a uma necessidade de pelo menos mais 15 mil novos *sites*.

Não obstante termos focado em 5G nas cidades e 4G nas rodovias, de uma maneira geral, deve ser dada atenção especial para a expansão da cobertura de redes de acesso móvel, isto é, o adensamento deve ser visto não apenas como uma relação ERB/habitante, mas também deve ser considerado a cobertura, incluindo o atendimento de cidades, vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais e rodovias que não disponham desse tipo de infraestrutura.

Claramente há uma necessidade de implementação de políticas públicas com garantia de recursos financeiros para tratamento dessa questão.

¹⁷ Conforme apresentação realizada pela Anatel e resumida em <https://www.poder360.com.br/infraestrutura/312-das-rodovias-no-brasil-nao-tem-cobertura-de-dados-moveis/>

¹⁸ Essa conta considera a implantação de torre e obras civis com estimativa de R\$ 1 milhão por *site*.





5. Estratégias para a Expansão da Cobertura Móvel

Conforme apresentado neste estudo, existe uma lacuna significativa entre a quantidade atual de ERBs no Brasil e a necessidade real de cobertura para os acessos existentes. O modelo proposto oferece *insights* valiosos e demonstra que a cobertura atual está subdimensionada para atender à demanda urbana.

A capacidade da rede exigiria, em média, um aumento de cerca de 23% no número de estações para suportar o 5G.

Vale destacar que essa análise se baseia apenas em uma amostra de 10 dos principais municípios urbanos, em um universo de mais de 5.500 cidades. Se considerarmos toda a demanda nacional, especialmente nas regiões interioranas onde a infraestrutura é notoriamente mais escassa, essa carência seria ainda maior.

Se for observada a lacuna de infraestrutura para além das áreas urbanas, esse contexto ainda se mostra mais desafiador. Apenas para cobrir as estradas federais e estaduais pavimentadas que ainda não tem cobertura seriam necessárias mais de 2 mil novas infraestruturas. Se contarmos o desafio de estradas municipais, esse número chegaria a **dezenas de milhares de novos sites**.

Por outro lado, é fato que o setor de telecomunicações brasileiro tem buscado superar suas deficiências de rede, inclusive a Conexis Brasil Digital possui inúmeros estudos que demonstram o crescente nível de investimentos e dificuldades de garantia de um retorno atrativo para seus acionistas.¹⁹

Por isso, é fundamental adotar estratégias criativas para estimular o adensamento de estações e construção de novas estações em áreas não atendidas, isto é, deve-se estimular o adensamento positivo²⁰

Nesse contexto, a atuação do governo é crucial para criar um ambiente propício ao investimento em infraestrutura de redes móveis.

Destaca-se que as políticas públicas de telecomunicações vigentes já preveem a necessidade de expansão de cobertura, adensamento de estações e compartilhamento de infraestrutura. Por exemplo, o Ministério das Comunicações (MCOM) instituiu o Programa Nacional de Melhoria da Cobertura e da Qualidade da Banda Larga Móvel – “ConectaBR”²¹, que possui entre os objetivos:

- ampliar a cobertura e o acesso à Banda Larga Móvel em todo o território nacional, com qualidade e velocidade adequadas à tecnologia empregada, a fim de incentivar a conectividade significativa e a inclusão digital;
- reduzir desigualdades regionais, propiciando experiências similares aos usuários de serviços de telecomunicações em todo o território nacional.

Ademais, essa política pública orienta o órgão regulador setorial a incentivar o adensamento de ERB's e o compartilhamento de infraestrutura, detalhando melhor comandos já definidos na política

¹⁹ Um exemplo que serve de referência pode ser encontrado em https://conexis.org.br/wp-content/uploads/2022/09/BrasilDigital_Completa_v4.pdf.

²⁰ Também conhecido como adensamento horizontal, que se refere a expansão da infraestrutura em área ainda não coberta.

²¹ <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mcom-n-10.787-de-19-de-outubro-de-2023-518113380>





nacional de telecomunicações, aprovada pelo Decreto nº 9.612, de 17 de dezembro de 2018, alterado pelos Decretos nºs 10.799/2021 e 11.299/2022.

Assim, o ConectaBR reconhece a necessidade de não apenas garantir a cobertura móvel, mas também que essa cobertura tenha “qualidade e velocidades adequadas à tecnologia empregada, a fim de incentivar a conectividade significativa e a inclusão digital”.

A seguir, serão discutidas estratégias prioritárias para incentivar a expansão sustentável das ERBs.

5.1. Simplificação do Licenciamento

Atualmente, o processo para instalação de estações radiobase (ERBs) é complexo e envolve múltiplas esferas administrativas. É fundamental harmonizar as legislações municipais e estaduais por meio de marcos regulatórios claros que facilitem a instalação de ERBs, especialmente em áreas urbanas densas.

A Lei Geral de Antenas (Lei nº 13.116/2015) foi criada com o intuito de harmonizar os procedimentos para licenciamento e uso, e ocupação do solo por meio do estabelecimento de diretrizes e regras a serem observadas pelos municípios para o tratamento das infraestruturas de suporte. Entretanto, muitas diretrizes trazidas pela Lei Geral de Antenas ainda não foram absorvidas e adotadas pelos municípios, havendo, na prática, grande variação entre a legislação de cada município sobre o tema. Atualmente há apenas 1.000 municípios com legislações aderentes à lei das antenas do conjunto total de municípios do país

A dificuldade para a obtenção destas licenças materializa-se, por exemplo, no excesso de regras e de instâncias de aprovação, até na proibição de instalação dos equipamentos em determinadas regiões das cidades. Além de impactar negativamente a experiência dos usuários, tantas limitações acabam por prejudicar os próprios municípios, que deixam de receber investimentos em infraestrutura essencial e de arrecadar tributos que seriam gerados com a expansão dos serviços.

Ocorre que, desde a criação das normas atualmente aplicáveis na maioria dos municípios brasileiros, a tecnologia evoluiu muito, de modo que as legislações municipais acerca do tema se tornaram obsoletas. Atualmente, existem ERBs menores do que uma caixa de sapato, que podem ser instaladas em postes, semáforos ou fachadas, sem a necessidade de obras de construção civil. Ainda assim, em parte dos municípios elas seguem as mesmas regras de licenciamento de uma torre de quase 100 metros de altura. Por outro lado, há interesses em considerar infraestruturas de 25 metros de altura como sendo de pequeno porte, o que poderia caracterizar como um desvirtuamento do conceito do que seria o porte de uma torre. Isso por si só já demonstra uma necessidade de harmonização legislativa indutora de construção e compartilhamento de infraestruturas.

Além disso, enquanto alguns municípios exigem apenas a emissão das licenças relacionadas à construção das torres, outros exigem também a emissão de auto de vistoria do corpo de bombeiros (AVCB) e licença de funcionamento emitida pela prefeitura local, com prazos de emissão que variam de acordo com o município. Portanto, é essencial que, tanto as operadoras como as torreiras, estejam sempre atentas ao quanto estabelecido nas legislações municipais de cada localidade.

Muito já tem sido feito por empresas e associações para ampliar essa pauta, mas essa barreira ainda exige muito para ser superada.





5.2. Redução de Taxas, Uso de Fundos e Incentivos Fiscais

A criação de incentivos fiscais para empresas que investem em infraestrutura em áreas remotas ou subatendidas pode acelerar a expansão do 5G. Isso inclui isenções tributárias para a importação de equipamentos e materiais essenciais. O principal deles seria a partir do uso do FUST.

O Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUST) foi instituído pela Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000, com o objetivo de proporcionar recursos para cobrir os custos associados ao cumprimento das obrigações de universalização dos serviços de telecomunicações no Brasil. Inicialmente, o FUST destinava-se exclusivamente a serviços prestados em regime público, como a telefonia fixa. No entanto, após longos anos de discussão, a legislação evoluiu para ampliar o escopo de aplicação desses recursos.

Em dezembro de 2020, foi sancionada a Lei nº 14.109, que alterou a Lei do FUST, permitindo, por exemplo, a utilização dos recursos do fundo para estimular a expansão, o uso e a melhoria da qualidade das redes e dos serviços de telecomunicações, além de reduzir as desigualdades regionais e promover o desenvolvimento econômico e social por meio de novas tecnologias de conectividade.

Com essa mudança, o FUST passou a ser um potencial fonte de financiamento para o adensamento de ERBs. Parte dos recursos do fundo poderiam ser direcionados para projetos que visem ampliar a cobertura e a capacidade das redes móveis, especialmente em áreas com déficit de infraestrutura. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), como agente financeiro do FUST, oferece instrumentos de apoio financeiro, tanto reembolsáveis quanto não reembolsáveis, para iniciativas que busquem expandir e melhorar a qualidade das redes de telecomunicações.

Para utilizar o FUST como fonte de financiamento para a implantação de novos sites, seria necessário que as empresas prestadoras de serviços de telecomunicações ou outras entidades elegíveis apresentassem projetos alinhados às finalidades do fundo. Esses projetos devem visar a expansão da cobertura, a melhoria da qualidade dos serviços e a redução das desigualdades regionais no acesso às telecomunicações. A aprovação e o financiamento desses projetos estão sujeitos às diretrizes estabelecidas pelo Conselho Gestor do FUST e às condições definidas pelos agentes financeiros responsáveis pela administração dos recursos.

Além do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUST), o Fundo de Fiscalização das Telecomunicações (FISTEL) representa uma fonte relevante de recursos que, atualmente, tem sido subutilizada em termos de política pública de estímulo à expansão da conectividade. O FISTEL é constituído por diferentes fontes, nos termos do art. 2º da Lei nº 5.070/1966, e tem o objetivo de custear as atividades de fiscalização da Anatel. Dentre essas fontes, destaca-se às taxas obrigatórias pagas pelas prestadoras de serviços de telecomunicações, no entanto, historicamente, grande parte dos valores arrecadados tem sido direcionada ao superávit primário da União, sem retorno direto ao setor.

Diante desse cenário seria interessante uma reorientação parcial do FISTEL no sentido de desoneração de suas taxas, quando associadas às estações implementadas em áreas carentes de cobertura – especialmente em regiões rurais, periferias urbanas e pequenos municípios – de tal forma a incentivar a expansão da infraestrutura de telecomunicações.





5.3. Parcerias Público-Privadas (PPPs) estaduais

O modelo de PPP pode ser utilizado para compartilhar custos entre governo e setor privado. Essas parcerias podem viabilizar investimentos em infraestrutura em regiões menos lucrativas, garantindo cobertura nacional mais equitativa.

Essas parcerias podem representar uma estratégia eficiente, pois oferecem vantagens significativas. Além de reduzir o peso financeiro para o Estado e para o setor privado, essas PPPs garantem a manutenção e a modernização contínua da infraestrutura, uma vez que empresas privadas são incentivadas a investir em tecnologia para atender às metas de desempenho estabelecidas contratualmente. O modelo também permite a criação de redes neutras, acessíveis a múltiplas operadoras, democratizando o acesso ao serviço e promovendo um mercado mais competitivo.

Nesse cenário, os bancos de desenvolvimento multilaterais se credenciam como parceiros fundamentais. Bancos como o Banco Mundial e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) surgem como agentes estratégicos para financiar e viabilizar essas parcerias.

Com vasta experiência em projetos de infraestrutura esses bancos podem oferecer linhas de crédito com condições vantajosas, além de prestar garantias financeiras que reduzem os riscos associados aos investimentos privados. O apoio técnico também é relevante, com a possibilidade de consultoria especializada para a estruturação de projetos, estudos de viabilidade e definição de modelos regulatórios que favoreçam a inclusão digital. Essa atuação fomenta ainda a sustentabilidade dos projetos, incentivando o uso de tecnologias inovadoras e ambientalmente responsáveis.

A colaboração entre governos estaduais, empresas privadas e essas instituições financeiras têm potencial para transformar o cenário das telecomunicações no Brasil. A grande dificuldade está em desenho de projetos e o alinhamento de diferentes agentes nesse processo. Seria necessário, por exemplo, o engajamento político do Ministério das Comunicações como catalizador das iniciativas, desenhando modelos de parcerias juntamente com os poderes estaduais e os bancos de investimento.

5.4. Obrigações de adensamento de Estações em Leilões de Espectro

A adoção de obrigações vinculadas aos leilões de espectro constitui uma estratégia regulatória eficaz para promover o adensamento de Estações Rádio Base (ERBs). Historicamente, a Anatel tem utilizado essa abordagem para expandir as redes de telecomunicações no Brasil. Desde o leilão do 3G em 2007, a agência incorporou contrapartidas de construção de infraestrutura como condição para a redução dos preços mínimos das frequências licitadas.

Embora essa estratégia tenha sido bem-sucedida na ampliação do *footprint* das redes, quase duas décadas após sua implementação, é necessário um novo direcionamento que priorize o adensamento positivo das ERBs. Essa mudança de perspectiva é fundamental para melhorar a capacidade e a qualidade das redes, especialmente em cenários urbanos densos e regiões ainda subatendidas.





Nos próximos anos, há previsão de leilões para importantes faixas de frequências, como 600 MHz, 700 MHz e 850 MHz, que representam oportunidades estratégicas para fomentar o adensamento positivo das redes móveis, por meio da introdução de obrigações específicas de densidade de ERBs por população, definidas com base em estudos detalhados e segregados por localidade e/ou rodovias. Tais exigências poderiam ser formalmente incluídas nos anexos dos editais de leilão.

A proposta apresenta vantagens claras: é facilmente quantificável, operacionalizável e passível de fiscalização. Além disso, cria incentivos diretos para que as operadoras invistam na densificação de suas redes, resultando em benefícios tanto para os consumidores quanto para o setor de telecomunicações como um todo.

Tais obrigações devem ser adequadamente precificadas e representam o atendimento de políticas públicas previstas nos art.9º, II, do Decreto nº 9.612/2018, e art.7º, da Portaria MCOM nº 10.787/2023. Ademais, conforme estabelecido nos mesmos instrumentos legais, tais compromissos também podem ser incluídos na celebração de termos de ajustamento de conduta (TAC) e de obrigações de fazer (ODF), além de outros atos regulatórios em geral.

5.5. Considerações

Várias são as estratégias que podem ser utilizadas. A intenção aqui não é ser exaustivo nem as desenhar de forma completa. Elas também não são mutuamente exclusivas. São ideias de cunho exploratório que exigem a atuação de diferentes *stakeholders* tanto da esfera pública quanto da esfera privada. Uma vez implementadas elas tendem a criar um ciclo virtuoso de investimentos, favorecendo o desenvolvimento e a inclusão digital.

Mas é importante a existência de catalizadores nesse processo. A presença do Ministério das Comunicações juntamente da Anatel liderando e patrocinando as discussões, aliado ao setor privado produzindo massa crítica de discussões, certamente criaria soluções criativas e sustentáveis para o estímulo ao adensamento de ERBs no Brasil.

6. Conclusões

O presente estudo buscou avaliar a cobertura das redes móveis no Brasil, evidenciando a existência de um déficit de infraestruturas e como essa lacuna tende a se ampliar diante da previsão de crescimento do tráfego. Para a cobertura urbana, foram utilizadas como amostra 10 cidades brasileiras, entre as mais representativas de todas as regiões. Para a cobertura em áreas não atendidas foi utilizado como amostra o volume de estradas federais e estaduais pavimentadas e ainda não cobertas.

A base de referência teórica para estimação da infraestrutura foi o *ICT Infrastructure Business Planning Toolkit – 5G Networks*, publicado pela ITU [11], que é uma ferramenta importante para dimensionamento e avaliação de implantações de redes de banda larga. Trata-se de um guia estruturado e robusto para, a partir de dados e informações reais, identificar uma demanda de infraestrutura e dimensionar a rede relacionada.



Com base nesse modelo, foi possível o realizar dimensionamento do 5G para as 10 cidades de referência, enfatizando a otimização da cobertura real e o dimensionamento de capacidade. A partir desse modelo proposto, foi possível identificar a quantidade de infraestrutura necessária para atender as áreas, considerando fatores de tráfego, como demanda de pico, além que questões como população atendida, qualidade esperada etc.

A análise demonstrou que a demanda por rede atual exigiria, em média, cerca de 23% a mais de estações para atendimento de 5G. Se considerarmos uma evolução conservadora da capacidade de tráfego, haveria uma necessidade de praticamente aumento dessas infraestruturas em, pelo menos, mais 35% nos próximos 5 anos.

Quando se observa o volume de áreas não atendidas em ambientes não urbanos, verifica-se também uma necessidade de infraestruturas. Cerca de 31% das rodovias federais estaduais e federais pavimentadas, não possui cobertura atual e nem sequer há uma previsão de atendimento. Somente esse atendimento, demandaria mais de 2 mil novas estações. Se for considerado o volume de rodovias municipais então, esse número explodiria para dezenas de milhares de novas estações.

Por outro lado, é fato que o setor de telecomunicações brasileiro tem buscado suprir suas carências de rede. Os investimentos realizados em relação à receita auferida são conhecidamente altos, de modo que são necessárias estratégias criativas para estimular o adensamento das estações.

Assim, foram apresentadas algumas estratégias prioritárias que poderiam ser adotadas para estímulo ao adensamento positivo das ERBs:

- Simplificação do Licenciamento;
- Redução de Taxas, uso do FUST e Incentivos Fiscais;
- Parcerias Público-Privadas (PPPs) estaduais;
- Obrigações de adensamento de Estações em Leilões de Espectro;

Tais propostas não são exaustivas nem tão pouco mutuamente exclusivas. São ideias de cunho exploratório que exigem a atuação de diferentes *stakeholders* tanto da esfera pública quando da esfera privada. Uma vez implementadas elas tendem a criar um círculo virtuoso de investimentos, favorecendo o desenvolvimento e a inclusão digital.

Por fim, cumpre reiterar que o **adensamento não deve ser visto apenas como uma relação ERB/habitante, mas também deve ser considerado a cobertura, incluindo o atendimento de cidades, vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais e rodovias que não disponham desse tipo de infraestrutura.**





7. Referências

- [1] GSMA. **The Mobile Economy 2023**. Disponível em: <https://www.gsma.com>. Acesso em: 25 dez. 2024
- [2] ITU. **Measuring digital development: Facts and figures 2022**. International Telecommunication Union, 2022. Disponível em: <https://www.itu.int>. Acesso em: 25 dez. 2024.
- [3] PNAD TIC. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua TIC 2021**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 25 dez. 2024.
- [4] ABRINTEL. **Relatórios anuais sobre infraestrutura de telecomunicações no Brasil**. Associação Brasileira de Infraestrutura para Telecomunicações. Disponível em: <https://www.abritel.org.br>. Acesso em: 25 dez. 2024.
- [5] World Bank Group. **Mobile Phones and Local Economic Development: A Global Evidence**. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099226107252335243/pdf/IDU0034bb9db08f91048a4091f40cd23e11e3fb2.pdf>
- [6] BANCO MUNDIAL. **World Development Report 2021: Data for Better Lives**. Washington, DC: World Bank, 2021. Disponível em: <https://www.worldbank.org>
- [7] 3GPP. **Relatório Técnico Especificações 5G**. Versão 16. 3rd Generation Partnership Project, 2022. Disponível em: <https://www.3gpp.org>.
- [8] ERICSSON. **Ericsson Mobility Report**. Disponível em em: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report>
- [9] GSMA. **Economic benefits of using the 3.5 GHz range (3.3-4.2 GHz) for 5G**. Disponível em: <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2021/03/3.5-GHz-for-5G-Economic-Benefits.pdf>, 2019.
- [10] HUAWEI. **5G Wireless Network Planning Solution White Paper**. Disponível em <https://www.huawei.com/en/huaweitech/industry-insights/outlook/mobile-broadband/insights-reports/5g-wireless-network-plan-solution-whitepaper>
- [11] ITU. **ICT infrastructure business planning toolkit – 5G networks**. International Telecommunication Union, 2023. Disponível em: https://www.itu.int/hub/publication/d-pref-ef-ict_struct_kit-2023/
- [12] ITU. **Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)**. Disponível em https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2410-2017-PDF-E.pdf
- [13] CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2024**, 2024. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br>

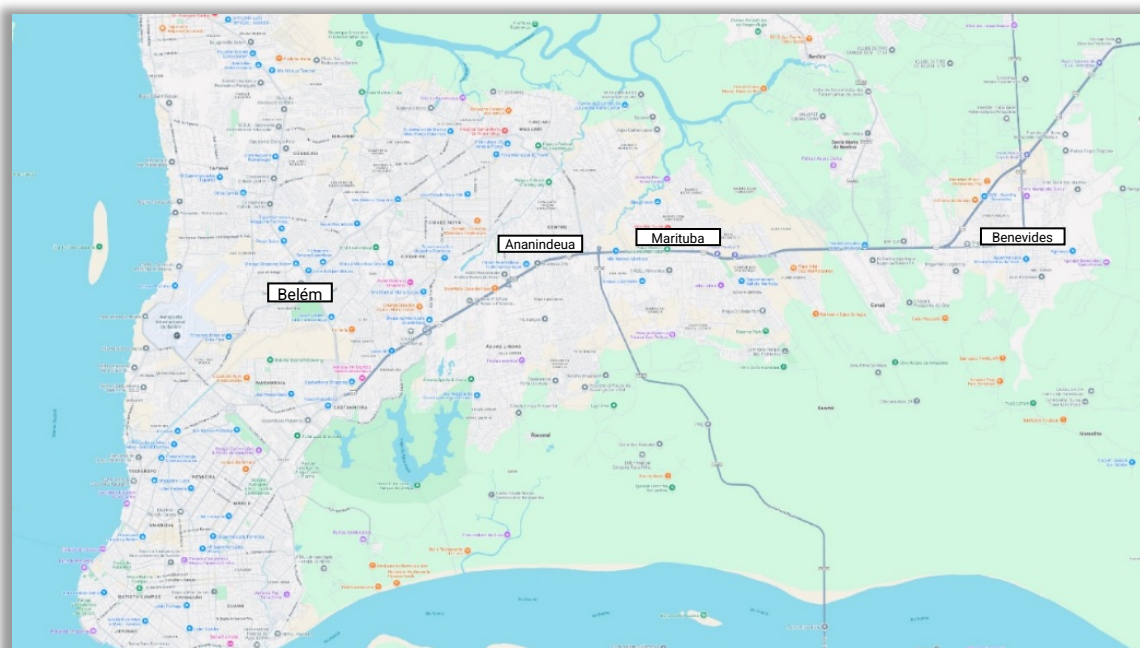


Anexo: Adensamento Positivo

Adensamento positivo consiste na implementação de infraestrutura de suporte (ex. torres) que produzam, de fato, ampliação e/ou melhoria da abrangência da cobertura existente. Com base em simulações de cobertura da Anatel²², apresenta-se a seguir a cobertura 5G²³ em Belém-PA, cidade que recebe, em 2025, a 30ª Conferência das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (COP 30), e cidades vizinhas, que formam uma grande mancha urbana contínua.

Nos mapas apresentados a seguir, tem-se os municípios de Belém, Ananindeua e Marituba, que são conurbados, e Benevides, em processo de conurbação. Esses municípios fazem parte da Região Metropolitana de Belém (RMB), que, no total, possui oito municípios.

Figura 1A: Mapa com algumas cidades da RMB.



A Figura 2A apresenta a cobertura 5G de uma Operadora²⁴ do SMP, de tal forma que é possível observar que Belém e Ananindeua possuem tal tecnologia, porém com várias áreas sem sinal ou sem um bom sinal. Já a Figura 3A mostra a cobertura combinada de duas Prestadoras, na qual é possível identificar que, além de sobreposição, há uma complementariedade de cobertura, com a segunda Operadora cobrindo também bairros em Marituba que não são atendidos pela primeira. Por sua vez, a Figura 4A mostra que a terceira Prestadora possui o mesmo efeito de sobreposição e complementariedade em relação às primeiras.

²² <https://sistemas.anatel.gov.br/se/public/cmmap.php>

²³ 5G standalone e non-standalone, considerando um bom sinal, suficiente para viabilizar cobertura em ambiente interno (indoor). Por bom sinal, se considera os arquivos gerados com sinal de referência de -90 dBm (arquivo criado em 22/03/2025).

²⁴ As Operadoras/Prestadoras (do SMP) referenciadas são aquelas de maior market share no Brasil.

Figura 2A: Cobertura 5G da Operadora "A".

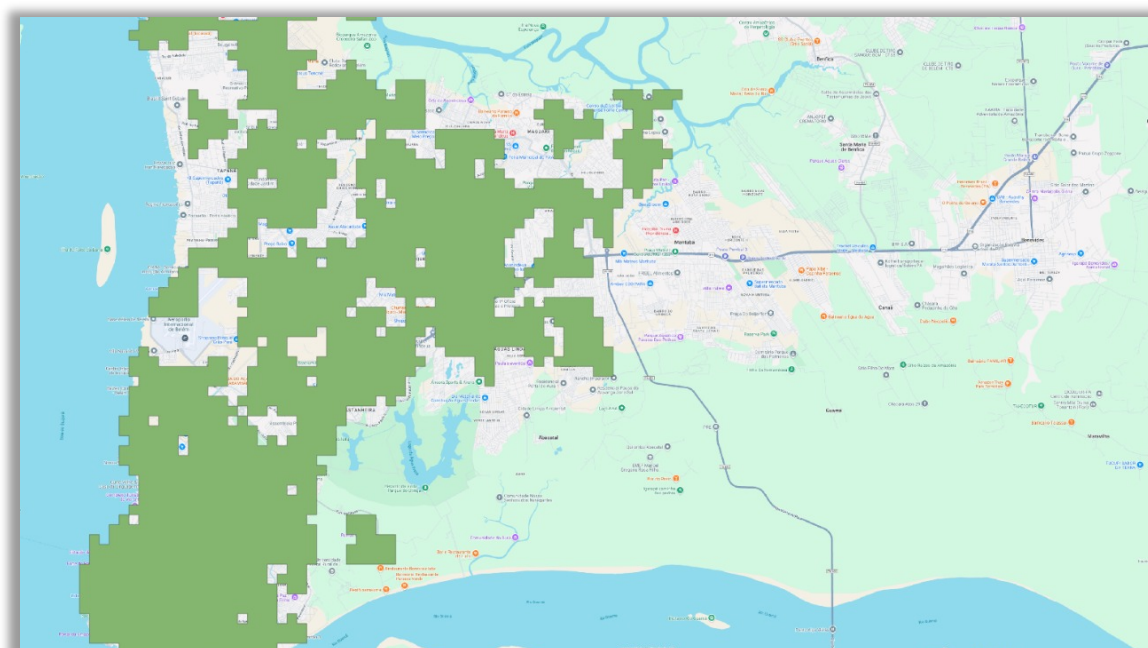


Figura 3A: Cobertura 5G Agregando Operadoras "A" e "B".

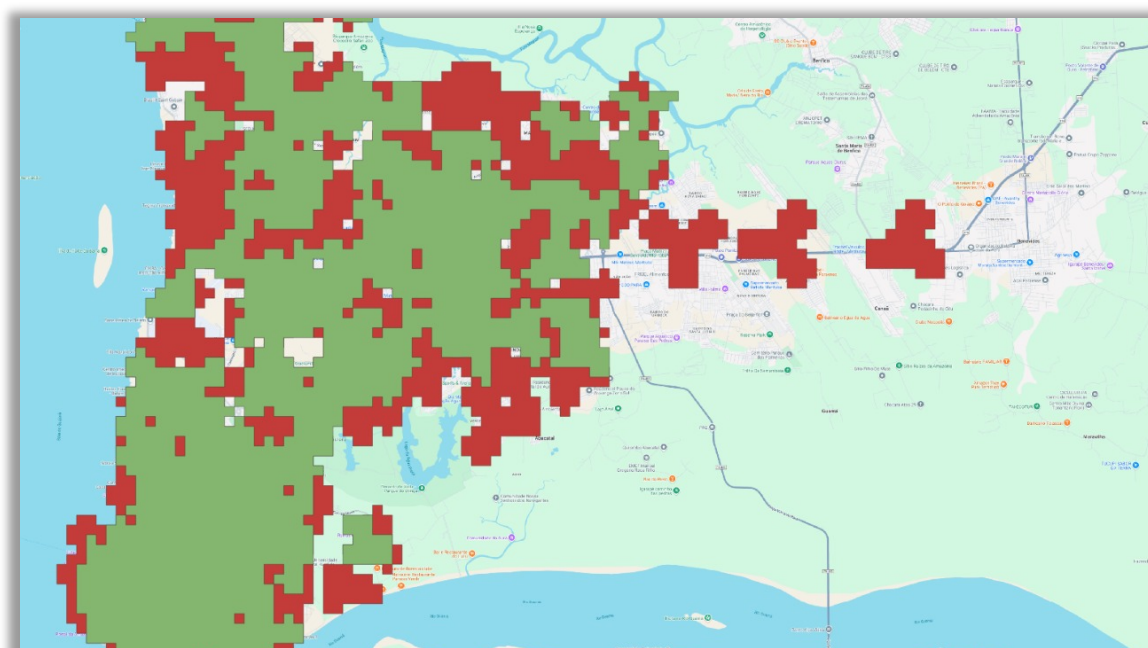
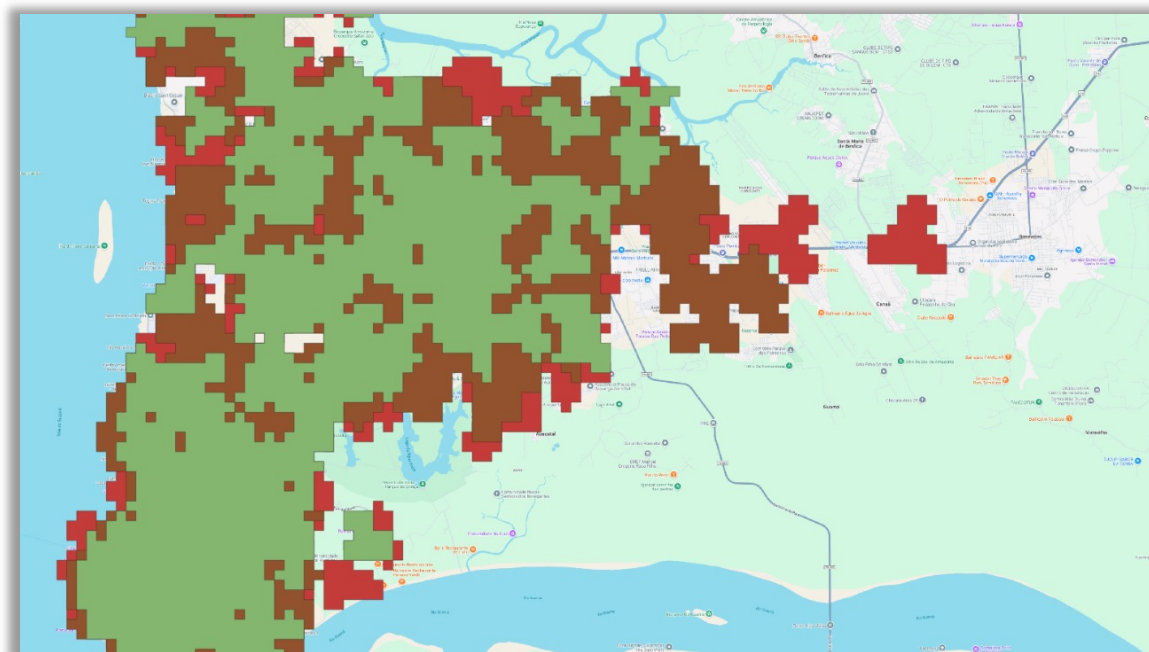


Figura 4A: Cobertura 5G Agregando Operadoras “A”, “B” e “C”.



A implantação de uma nova tecnologia, como é o presente caso do 5G, é um bom cenário para ilustrar que a instalação de novas estações pode se dar tanto para aumentar a capacidade da rede ou eliminar pequenos locais de sombra nas áreas mais densamente povoadas, como os centros das grandes cidades, ou de forma a levar nova cobertura a áreas ainda sem aquele sinal. O Adensamento Positivo é a escolha técnica de aplicar essas novas estações para produzir abrangência do sinal a comunidades e áreas ainda desprovidas daquele sinal, aumentando a inclusão na conectividade.

Em contraponto ao Adensamento Positivo, a outra escolha se trata de produzir o adensamento de estações em áreas onde a cobertura já existe com o objetivo de escoamento do tráfego ou eliminação de pequenas áreas de sombra ou melhoria da qualidade do sinal. No caso em tela, de instalação de nova tecnologia (o 5G) aplicada sobre a mesma área onde já existe uma cobertura 4G de base, escolher o Adensamento Positivo é privilegiar o aumento da área coberta em lugar de estabelecer apenas manchas de cobertura restritas e com maior capacidade de tráfego.

Assim, o Adensamento Positivo, no caso geral, refere-se à instalação de infraestrutura de suporte e equipamentos com o objetivo mais orientado à ampliação horizontal da cobertura para levá-la até locais desatendidos ou mal atendidos, de tal forma que além do número de ERBs/habitantes, se qualifica esse quantitativo avaliando conjuntamente a existência de *gaps* digitais, seja em rodovias (ex. BR-316), vilas, áreas urbanas isoladas, aglomerados rurais etc.

Este conceito está muito próximo ao que foi aplicado nas versões de compromissos de abrangência de editais de radiofrequência da Anatel dos anos de 2007 e 2010, que viabilizaram a chegada e a expansão do 3G no Brasil, e que foram efetivos em levar sinal a municípios brasileiros que não tinham qualquer cobertura de telefonia móvel.