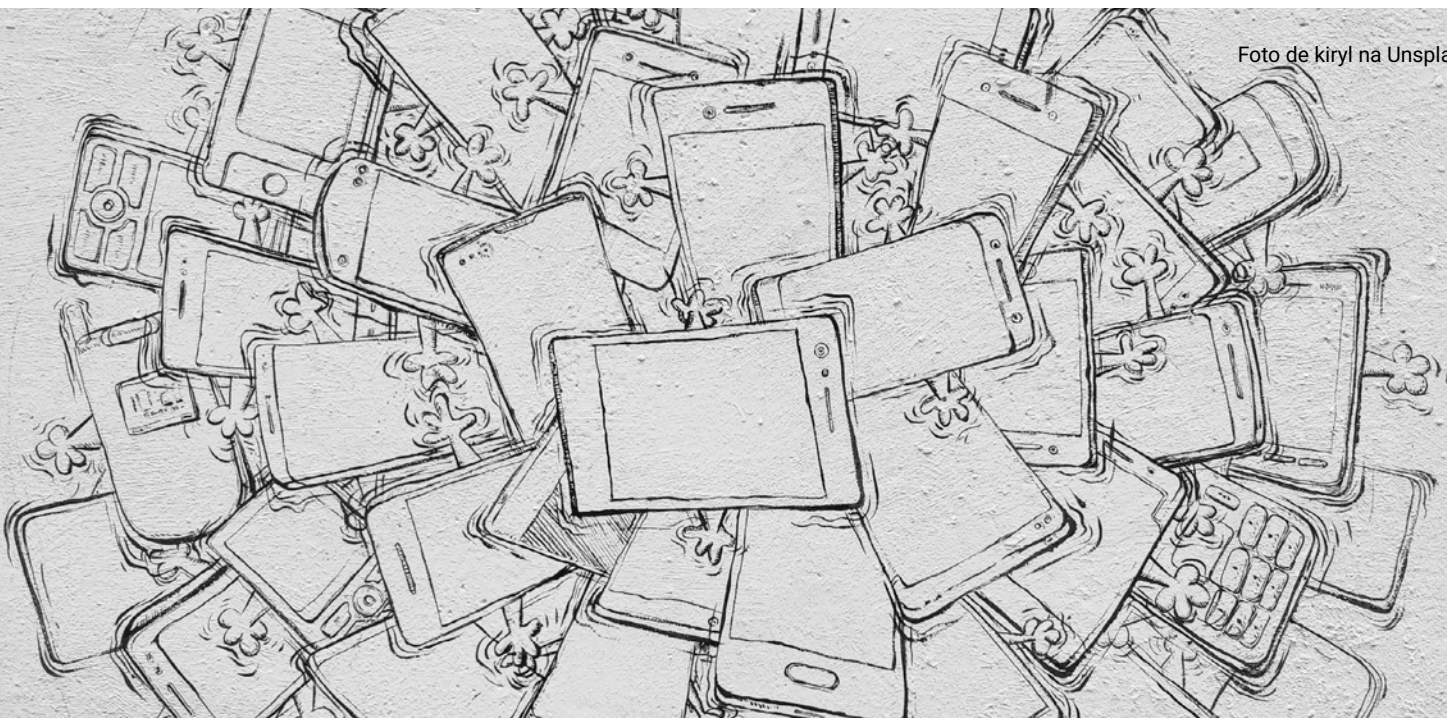


Foto de kiryl na Unsplash



Um Outlook sobre a convergência entre as tecnologias de conectividade e o que esperar para a segunda metade da década

Por Gabriel Lobão Vasconcelos Fré

O autor analisa a evolução das tecnologias de conectividade – do 5G ao Wi-Fi 7 – e os desafios, modelos de monetização e oportunidades que vão moldar a infraestrutura digital até 2030.

Nos últimos anos, a conectividade deixou de ser um acessório tecnológico para se tornar parte da estratégia central de negócios. No mês de outubro trabalhei em um *Outlook sobre Tecnologias de Conectividade*, tendo em uma mão as expectativas que tínhamos em 2020, e na outra os planos para 2030. Isso porque estamos fechando 2025 e temos um contexto em que o modelo de negócios para projetos em telecomunicações deve partir da simples entrega de acesso à rede de dados para um ecossistema capaz de gerar valor, receita e impacto social. Já não é possível pensar num projeto que não pare em cima deste tripé.

Estamos no fechamento da primeira metade da década, e vemos emergir no horizonte uma díade tecnológica que pavimenta o futuro da conectividade: o 5G e o Wi-Fi 7 tomam forma de um modo que não deve acontecer isoladamente. Uma depende da outra, e juntas devem nos dar até 2030 o que vamos experienciar como o 6G e o Wi-Fi 8. Hoje, a indústria enfrenta um cenário em que diferentes tecnologias e espectros coexistem e adicionam um prognóstico um tanto quanto caótico

para os projetos de infraestrutura de dados, visto que temos ao nosso dispor redes móveis 3GPP (públicas e privadas), redes wireless cada vez mais robustas e capazes de entregar performance, Tecnologias IoT em espectro aberto e espectro licenciado, redes não terrestres – principalmente no campo dos satélites de órbita baixa – e agora novas camadas habilitadas por IA (Inteligência Artificial), seja como serviço, seja como infraestrutura da própria rede. Em vez de escolher uma ou outra, o futuro aponta para a **convergência** destes sistemas. Não há uma ideia de padronização que unifique os sistemas, mas será necessário entender qual ou quais modelos aplicar para cada necessidade de produto ou serviço, tanto para quem integra, quanto para quem consome este tipo de serviço.

A **Figura 1**, mostra como as tecnologias emergiram no horizonte ao longo do tempo, sendo que à esquerda temos norma ditada pelo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) que surgiu para definir o que seriam das redes móveis de terceira geração e segue até hoje definindo protocolos e apontando tendências

para as próximas gerações de redes móveis. À direita, representamos as redes sem fio de espectro não licenciado, com os padrões protocolos regidos pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). De cada lado dessa pirâmide vemos diferentes tecnologias que se propõe a resolver diferentes problemas relacionados ao acesso à rede de dados por meio de conexão sem fios. Enquanto que o 3GPP molda o acesso a redes preditivas e orquestradas por um operador central, e por este motivo, mais interessante para geração de receita pela

prestação de serviços (MNO – *Mobile Network Operator*), o IEEE segue definindo protocolos abertos focados para viabilizar redes de acesso em espectro aberto, de baixo custo, e por este motivo com uma filosofia de design que não prevê um agente central operador de um serviço. Acima de ambas as vertentes temos o ITU (*International Telecommunication Union*) que por sua vez concatena as normas, padronizações e serviços de telecomunicações sendo tomado como referência por agentes reguladores em muitos países.

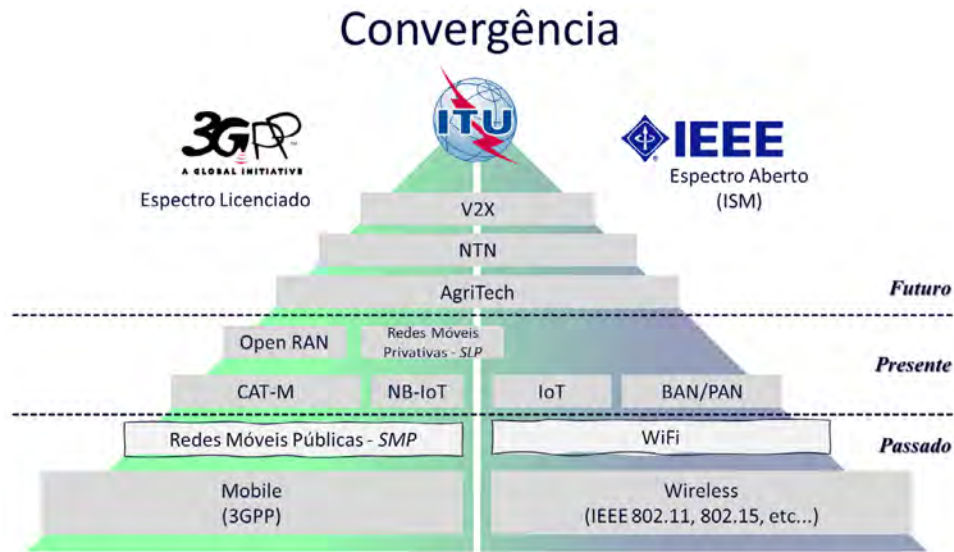


Figura 1 - Panorama geral sobre as tecnologias de acesso sem fio.

Quando olhamos essa pirâmide, é inevitável reconhecer a tendência convergente entre essas duas famílias de tecnologias, originadas por motivações tão distintas e com filosofias de design com diferenças antagônicas. Hoje, com a progressão das redes móveis privadas, vemos as tecnologias das redes síncronas e preditivas cruzar a fronteira e adentrar para um campo onde até então imperava as tecnologias de acesso aberto, com sistemas descentralizados. Vejamos esse contexto na linha do tempo. A **Figura 2**, recorrente nas minhas

apresentações, mostra como as redes móveis chegaram no baile 20 anos mais cedo que as tecnologias de acesso sem fio baseadas no protocolo IEEE 802.11, o nosso querido Wi-Fi. Isso destaca as diferenças entre as duas propostas. Ao passo que a primeira nasceu motivada pela mobilidade em grandes áreas para muitas pessoas, a segunda nasceu pela necessidade de simplificação das instalações domésticas, que apesar de ser sem fios, não era móvel, e não tinha qualquer pretensão de atender um grande número de conexões simultâneas.

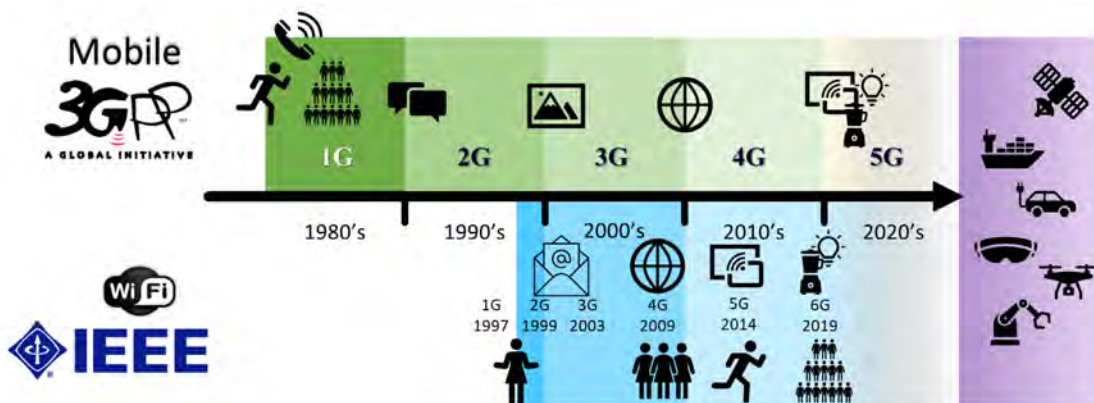


Figura 2 - Modo como as tecnologias nasceram para atender problemas diferentes em tempos diferentes, mas que tem uma tendência de convergir para um cenário homogêneo em suas próximas gerações.

No entanto, com o passar dos anos, as redes Wi-Fi passaram a agregar funcionalidades das redes móveis, como a própria mobilidade (ainda que em ambiente indoor) e, por sua vez, as redes móveis começaram a ser realidade em ambientes Indoor, dividindo espaço com Wi-Fi. Hoje temos o FWA que é uma mistura das duas coisas. Não podemos negar o fato de que hoje as duas tecnologias têm capacidades semelhantes e têm competência para resolver os mesmos problemas – cada uma com a sua abordagem e sua própria filosofia de design. Se antes, eu utilizava essa figura para mostrar como cada tecnologia evoluiu ao seu tempo e ao seu público, agora essa imagem me serve para evidenciar o inegável: a convergência está aí na nossa soleira.

Então é isso: os dois sistemas passarão a integrar uma mesma plataforma de serviços e nós, usuários, viveremos felizes para sempre? Não é tão simples assim. Temos ainda um caminho a percorrer até o próximo salto tecnológico, que deve acontecer no final da década de 2020 com a transição das gerações 5G-6G. Até lá já teremos nas prateleiras o Wi-Fi 8, e ao analisarmos as propostas, fica um tanto quanto evidente a pretensão das duas tecnologias em morder a mesma fatia deste bolo. Mas que desafios são esses?

São muitos na realidade. Mesmo assim, podemos agrupá-los de modo a ter uma visão geral sobre o caminho das pedras a ser percorrido por cada tecnologia.

Em se tratando de Wi-Fi, o IEEE começa a reconhecer que não dá mais para extrair maior capacidade das redes acesso, ou seja, já chegamos perigosamente próximo do limite de velocidade que o canal de comunicação permite. O Wi-Fi 6 já provou seu valor ao aproximar as velocidades das conexões da faixa de 1 Gbps, o Wi-Fi 7 eleva ainda mais esse patamar, com promessas de acesso na casa de 10 Gbps (ou ainda mais), tanto por aumentar a complexidade do sistema, quanto por utilizar um canal mais permissivo para altas taxas.

Por outra parte, no que tange a redes móveis, a transição entre 5 e 6G se revela mais do que um salto de velocidade, ou um marco em confiabilidade de dados. Aqui vemos esta tecnologia redefinir o próprio papel da

conectividade na economia digital. O conceito tradicional de monetização – vender acesso – está sendo, aos poucos, substituído por um modelo orientado a serviços. A infraestrutura deixa de ser produto, o que se monetiza passa a ser o **valor do serviço entregue sobre ela**. Ainda não existem métodos praticados ou um entendimento geral sobre como será essa geração de receita que não seja somente pela prestação de serviço. Para termos uma ideia eu coloco em perspectiva o modelo de monetização sobre infraestrutura praticado – por exemplo – pelas companhias aéreas. No início, a única forma de gerar receita era pela venda de passagens aéreas (vejamos a **Figura 3**).

No entanto, com a maturidade do modelo de negócios começaram a perceber que seria possível gerar mais receita, com marketing, por exemplo. E neste caso, temos um modelo que gera receita majoritariamente pela prestação de serviço, mas também gera receita pelo valor que infraestrutura tem, não somente para os clientes (e usuários diretos), mas também para parceiros e fornecedores em potencial. Vejamos a **Figura 4**, que é um exemplo deste modelo, em que uma companhia além de vender bilhetes, também agrega receitas ao utilizar a infraestrutura como um outdoor, e também ao permitir que a mesma companhia comercialize seus produtos a bordo, entre uma infinidade de outras possibilidades.

Do mesmo modo, as redes de comunicação móveis estão aí com uma infraestrutura repleta de valores que podem ter sua utilização como motor de geração de receitas – resta saber como fazer isso, e essa é uma descoberta que ninguém fez.

Para fechar o tópico da convergência das tecnologias de comunicação, podemos olhar para o que tem acontecido no cenário das políticas públicas e incentivos governamentais. Neste ponto eu cito o [Decreto nº 11.964](#), publicado em 27 de março de 2024, que regulamenta os critérios e condições para o enquadramento e acompanhamento de projetos de investimento considerados prioritários nas áreas de infraestrutura e produção econômica, desenvolvimento e inovação. O decreto cita 14 áreas prioritárias, das quais

Modelo tradicional: Monetização sobre serviço

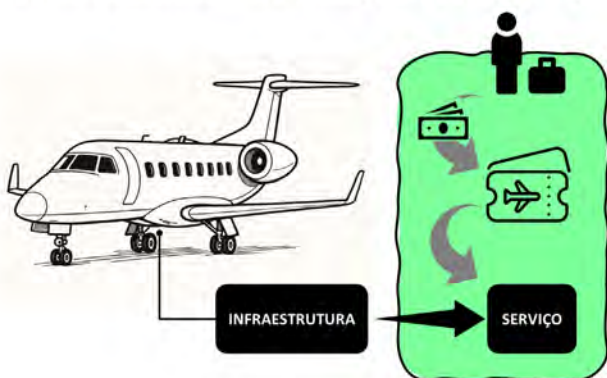


Figura 3 - Modelo tradicional de monetização de um infraestrutura apenas pela prestação do serviço que ela habilita.

Monetização sobre Infraestrutura Monetização sobre serviço



Figura 4 - Modelo de monetização que gera receita também pelo valor da infraestrutura..

eu destaco 4 delas: Telecomunicações e Radiodifusão, Energia, Mobilidade Urbana, e por último, Logística e Transportes.

Não é que a gente vá sair por aí angariando recursos de fomento, mas se considerarmos que estas são as áreas para onde os recursos serão – prioritariamente – destinados, então é razoável presumir que as oportunidades irão começar a aparecer por lá. Note que para essas quatro áreas que destaquei tecnologias de conectividade são praticamente uma horizontal mandatórias, onipresente em praticamente qualquer projeto. E para isso temos à disposição essas tecnologias a que me referi acima.

Além disso, temos outras ações acontecendo, como o Norte Conectado, que prevê a criação de infraestrutura de dados pelas principais regiões da Amazônia, e que deve ganhar força com a possibilidade da exploração de petróleo na foz do Rio Amazonas. Também temos a obrigatoriedade de cobertura em rodovias federais. Que os operadores nunca tiveram real interesse em cobrir rodovias, nós já sabemos há bastante tempo, primeiro pela dificuldade técnica em cobrir trechos longos e pelo fato de que isso não gera tanta receita quanto cobrir o

estádio do Maracanã, por exemplo. Por este motivo a cobertura de rodovias tem ficado em segundo ou terceiro plano nas diretrizes dos MNOs. Mas agora, por força de lei, devemos ter as principais vias arteriais federais cobertas de ponta a ponta. Isso não representa só entretenimento de bordo para longas viagens, mas se traduz em muitas aplicações de rastreamento e monitoramento de cargas, o que deve elevar a segurança, e naturalmente, permitir a criação de novos serviços – além das oportunidades que a demanda por cobertura em mais de 20 mil km de rodovias devem gerar, temos aí mais uma oportunidade de monetização da infraestrutura.

Aqui vale uma provocação que sintetiza o espírito desta transformação: **Conectividade inteligente não é sobre antenas, espectro ou bandas. É sobre resolver problemas reais ao mesmo tempo que geramos valor tanto para quem sente as dores do problema, tanto para quem se propõe a resolvê-lo.** Em um mundo onde tudo se conecta – carros, sensores, máquinas, pessoas – o diferencial não estará em quem instalar mais infraestrutura, e sim em quem transformar essa infraestrutura em valor e isso é algo que até este ponto da década, ainda não encontramos um meio para.

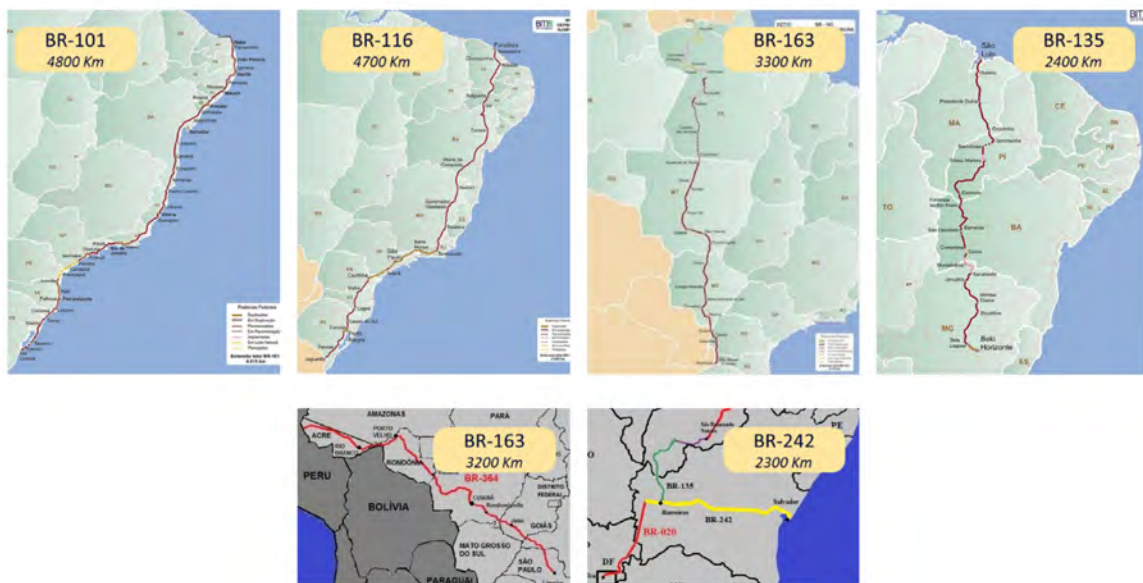


Figura 5 - Visão geral sobre a extensão da cobertura que passa a ser obrigatório a partir de 2026.



Gabriel Lobão Vasconcelos Fré

é engenheiro de Pesquisa & Desenvolvimento no Flextronics Instituto de Tecnologia, atuando com desenvolvimento de projetos em 5G-NR aplicados à indústria 4.0 e Inovação. Professor no Centro Universitário Facens desde 2021, onde tem ocupado as cadeiras de Processamento Digital de Sinais, Sistemas de Comunicações e Tecnologias de Comunicações Móveis nos cursos de engenharia elétrica, engenharia de computação e engenharia mecatrônica. Doutor em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Itajubá, mestre em telecomunicações pelo Instituto Nacional de Telecomunicações, graduado engenheiro pelo mesmo instituto. Profundo interesse em trabalhar com pesquisa e desenvolvimento na área de fotônica e radiofrequência.

Contato: gabriel.fre@fit-tecnologia.br