

# Desafios no desenho do escopo arquitetônico 6G

Antonia Vanessa Dias Araújo<sup>1,2</sup>, Antonio Carlos de Oliveira Júnior<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)  
Goiânia - GO - Brasil

<sup>2</sup>Faculdade de Imperatriz- Facimp Wyden  
Imperatriz - MA - Brasil

<sup>3</sup>Fraunhofer Portugal AICOS

antoniavanessa@discente.ufg.br, antoniojr@ufg.br

**Abstract.** *This article presents and discusses the challenges of implementing 6G networks, considering their requirements, usage scenarios, use cases and enabling technologies. It also presents the authors' view of the premises to be considered in the scope of the 6G mobile network architecture, e.g. Services-Based Architecture (SBA), End-to-End Mandate-Oriented Architecture (MDA) and the Self-Sustaining Networks (SSN) paradigm.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta e discute os desafios de implementação das redes 6G, considerando seus requerimentos, cenários de uso, casos de usos e tecnologias habilitadoras. Apresenta ainda a visão dos autores quanto as premissas a serem consideradas no escopo da arquitetura de redes móveis 6G, e.g. Arquitetura Baseada em Serviços (SBA), Arquitetura Orientada por Mandato de ponta a ponta (MDA/E2E) e o paradigma de Redes auto-sustentáveis(SSN).*

## 1. Introdução

As pesquisas em 6G iniciaram em meados de 2018, com a discussão sobre a necessidade de uma nova geração de redes móveis, considerando o início da implementação do padrão 5G em nível mundial [David and Berndt 2018]. Várias iniciativas de pesquisas tiveram início com atividades focadas em entender quais as premissas evolucionárias e revolucionárias dessa nova geração de redes denominada 6G [Han et al. 2021].

Um dos pontos mais abordados nos estudos é a compreensão das relações entre requisitos de desempenho, habilitadores tecnológicos e casos de usos. Para atender as demandas visionadas para as redes 6G, estas iniciativas têm como ponto de partida a evolução dos cenários de usos propostos ainda no contexto das redes móveis 5G, *enhanced Mobile Broadband (eMBB)*, *massive Machine Type Communications (mMTC)* e *Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC)* [Jiang et al. 2021, Lu and Zheng 2020].

As pesquisas iniciais estão concentradas nas correlações entre os fundamentos tecnológicos e as premissas de eficiência e desempenho, considerando questões socioambientais [Huang et al. 2019] e as tecnologias disponíveis ou em desenvolvimento. O segundo passo visionado é a implementação de um framework arquitetural capaz de atender a grande expectativa em torno dessa nova geração de redes móveis, sobretudo, com relação aos serviços e aplicações que encontram limitações no desenho 5G [Shahraki et al. 2021, Zhao et al. 2020].

Este trabalho apresenta, em síntese, o escopo visionado para redes 6G em termo de objetivos, cenários e casos de usos, características da rede, dispositivos e fundamento de evolução da arquitetura de serviços. Para tanto, discute as motivações para uma nova geração de redes móveis, apresenta a tendência da literatura de agrupar as tecnologias habilitadoras em categorias, e por fim, discute os desafios no desenho do escopo visionado para o 6G.

## 2. Motivações para uma nova geração de redes móveis

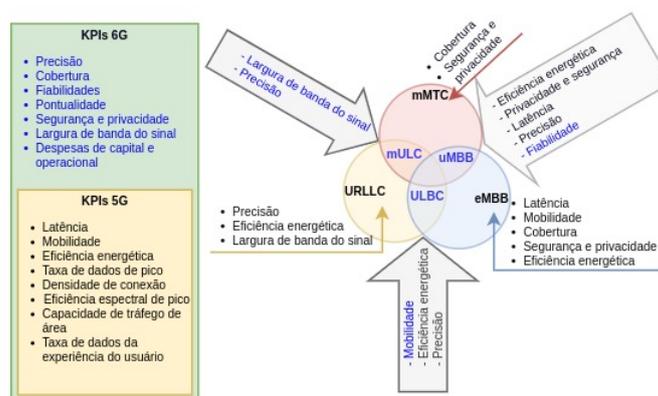
Desde meados de 2018, o mundo início a discussão sobre a necessidade de uma geração de redes móveis, considerando o período de maturidade de cerca de 10 anos, de cada uma das gerações anteriores (1G-5G) e o início da operacionalização das redes móveis 5G[David and Berndt 2018].

A partir dos cenários que motivaram a arquitetura 5G, já é possível vislumbrar a possibilidade de novas aplicações e dispositivos, inclusive de novos cenários de uso, e.g., MBB onipresente (uMB); comunicação de banda larga de baixa latência ultra-confiável (ULBC); e comunicação massiva de baixa latência ultraconfiável (mULC). Estas aplicações devem extrapolar os limites arquitetônicos previstos para o 5G, requerendo um desenho arquitetônico mais inteligente e auto-sustentável, tanto do ponto de vista tecnológico, quanto sócio-ambiental e de ampla cobertura[Neto et al. 2021, Jiang et al. 2021, Saad et al. 2020].

## 3. Cenários e casos de uso

Os cenários propostos para o 6G podem ser observados primariamente como a união/interseção dos cenários proposto no desenho 5G, como descritos na Figura 1, e então, expandidos considerando as possibilidades de novas aplicações com requisitos que sobrepõem dois ou mais desses cenários.

Figura 1. Novos cenários e KPIs para o 6G



Neste contexto, [Jiang et al. 2021] propõe três novos cenários para atender aos novos requisitos e casos de uso discutidos na literatura, que não são suportados pelo desenho 5G: *Ultra-reliable low-latency broadband communication* (ULBC), *massive ultra-reliable low-latency communication* (mULC) e *ubiquitous Mobile Broad-Band*(uMBB), e.g. Veículos autônomos na estrada ou *drones* precisam de conectividade onipresente com alto rendimento, alta confiabilidade e baixa latência.

### 3.1. Habilitadores Tecnológicos

Na busca de um escopo que suporte o desempenho extremo esperado para o 6G, identificou-se uma clara tendência ao agrupamento de tecnologias habilitadoras, conforme Tabela 1.

**Tabela 1. Grupos de Habilitadores tecnológicos**

Referencia	Desafios	Casos de uso	Requerimentos	Grupo de Habilitadores	Total de habilitadores	Escopos Arquitetônicos
[Brasil6G 2021]	✓	✓	✓	Energy; Sensing and Actuation; Communication; Softwarization; Immutability; Intelligence; Security and Quantum	72	Universal; Telecommunications Computing and Specialized
[Han et al. 2021, Jiang et al. 2021]	✓	✓	✓	Spectrum; Network; Air Interface Architecture and Paradigm	20	✗
[Lu and Zheng 2020]	✓	✓	✓	Wireless communication technology system; Next generation antenna and RF technology Channel coding and modulation techniques Spectrum sharing and Other integrated new technologies	13	✗
[Shahraki et al. 2021]	✓	✓	✓	Evolutionary technologies Revolutionary technologies	10	✗
[Yazar et al. ]	✓	✓	✓	Flexible Multi-Band Utilization; Ultra-Flexible PHY and MAC; Ultra-Flexible Heterogenous Networks; Integrated Sensing and Communications; Intelligent Communications; Green Communications and Secure Communication	31	✗

Em [Shahraki et al. 2021], é proposta a classificação dos habilitadores tecnológicos como: tecnologias evolucionárias ou tecnologias revolucionárias, considerando como parâmetro a existência prévia da mesma no contexto do 5G, mesmo havendo limitações tecnológicas ou técnicas à sua implementação.

Já os estudos de [Han et al. 2021] e [Jiang et al. 2021] se complementam. O primeiro apresenta uma classificação generalista dos habilitadores tecnológicos. O segundo, agrega a cada um dos 20 habilitadores que integram as 5 categorias apresentadas anteriormente, o impacto com relação a quinze *Key Performance Indicators* (KPIs), sendo oito requisitos-chave na definição das redes móveis 5G e 07 considerados essenciais à nova arquitetura da rede 6G, conforme Figura 1.

Em [Lu and Zheng 2020] as principais tecnologias habilitadoras são distribuídas em cinco grupos: tecnologia e sistema de comunicação sem fio, antena de próxima geração e materiais sintéticos básicos, codificação de canal de próxima geração e técnica de modulação, compartilhamento de espectro e novas tecnologias integradas e esta classificação abrange cerca treze habilitadores.

Em [Yazar et al. ] é discutido uma infraestrutura 6G ultraflexível e como nos estudos supracitados é proposto a classificação, de um total de 31 habilitadores, considerados pelo estudo como os principais, em sete categorias, com base do critério de flexibilidade do habitador: utilização flexível de várias bandas, PHY e MAC ultraflexíveis, redes heterogêneas ultraflexíveis, sensores e comunicações integrados, comunicações inteligentes, comunicações verdes e comunicações seguras.

O Projeto Brasil 6G, uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), propõe a classificação de 72 habilitadores, identificados a partir de pesquisa bibliométrica em oito categorias: energia, Sensoriamento e Atuação, Comunicação, Softwarização, Imutabilidade, Inteligência, Segurança e Quantum. O projeto

denomina esses grupos de habilitadores de Família, e considera essas oito Famílias como fundamentos essenciais na proposta de um framework arquitetural para o 6G no Brasil [Brasil6G 2021].

O projeto foi o único estudo encontrado que discute o escopo de arquiteturas 6G. Ele propõe a classificação das arquiteturas identificadas na literatura em quatro escopos: escopo Universal, escopo de Telecomunicações, escopo de Computação e escopo Especializado.

Todas as propostas de classificação tentam identificar um arranjo de habilitadores que entendem como essenciais ao desenho 6G, destacando, de alguma forma aqueles que consideram mais revelantes em cada grupo. A partir de então é possível visualizar um esforço da academia e da indústria, para entender e atender as visões de demanda de serviços, aplicações e dispositivos previstos para as redes móveis em 2030.

#### 4. Desafios no escopo arquitetônico 6G

A definição e padronização das redes 6G enfrenta muitos desafios, dentre eles a definição do escopo e padronização da arquitetura. A definição do escopo está atrelada a desafios tecnológicos, e.g. ondas de Terahertz, capacidade máxima, maior eficiência energética, flexibilidade de conexão, tecido de comunicações auto-agregado e a desafio técnico, e.g. alocação de espectro, regras de uso, políticas e regulamentos [Lu and Zheng 2020]. Na Tabela 2, apresentamos, em síntese, características que consideramos essenciais no desenho do escopo 6G.

**Tabela 2. Desafio do escopo 6G**

	5G	6G
<b>Objetivo</b>	Conexão de Pessoas e Coisas	Interação de Pessoas e o Mundo
<b>Cenários de uso</b>	eMBB; URLLC; mMTC	eMBB; URLLC; mMTC; e uMBB; ULBC; mULC
<b>Casos de uso</b>	Realidades Virtual e Aumentada; Internet Tátil; Direção autônoma; Veículos conectados; Escritório sem fio na nuvem; Videoconferência de múltiplos usuários; e Indústria 4.0	Comunicação de Tipo Holográfico; Realidade Estendida; Internet tátil; Experiência Multi-Sense; Gêmeo Digital; Inteligência Pervasiva; Transporte e Logística Inteligentes; Comunicações de borda aprimoradas; e Conectividade onipresente global
<b>Características da rede</b>	cloudization; Softwarização; Virtualização; e Fatiamento de rede	Inteligentização; cloudization; Softwarização; Virtualização; e Fatiamento Profundo da rede
<b>Dispositivos</b>	Smartphones; Sensores; e Drones	Sensores e DLT; CRAS; Equipamento XR e BCI; Smart Implants; e etc
<b>Arquiteturas</b>	SBA	SBA; e MDA/E2E
<b>Paradigma</b>	SON	SSN

Muitos estudos, a exemplo de Jiang et. al, discutem os drivers, requisitos, esforços e facilitadores, contudo em [Jiang et al. 2021] ele enfatiza que o 6G acomodará os casos de uso e aplicativos introduzidos no 5G, e viabilizará novos casos de uso que não podem ser suportados pelo 5G, mas que foram visionados para o 6G como a *Internet of Everything (IoE)*.

Outro objetivo do projeto de arquiteturas 6G é a ampla cobertura, ou seja, conectividade onipresente global. Nesse sentido, as topologias de redes futuras devem evoluir, sobretudo com o uso dos componentes *non-terrestrial networks (NTN)*, tais como: satélites e HAPS, para garantir coberturas em áreas onde não há rede terrestre. [Samsung Electronics Co. 2021].

Huang em [Huang et al. 2019] discute a mudança do paradigma arquitetônico, integrando três novas características visionadas sobre a evolução sem fio em direção às

redes 6G verdes, como a integração de redes terrestres e não terrestres, conexões verdadeiramente inteligentes habilitadas por IA pervasiva e estrutura de pilha de protocolo de rede aprimorada.

You et al. [You et al. 2021] discute as novas métricas de desempenho e cenários de aplicação de 6G, para fornecer cobertura global, eficiência espectral/energética/custo aprimorada, melhor nível de inteligência, segurança e resiliência, etc. Propõe a divisão da mudança de 4 paradigmas para alcançar uma rede 6G totalmente integrada, cobertura global (satélite, UAV, terrestre, comunicações marítimas), todos os espectros (sub-6 GHz, mmWave, THz, bandas de frequência óptica), aplicações completas (comunicações sem fio habilitadas para IA) e forte segurança de rede.

Em [Neto et al. 2021] é discutido além da integração da Arquitetura Baseada em Serviços (SBA) e da *Arquitetura Orientada por Mandato de ponta a ponta* (MDA/E2E), o objetivo principal dos serviços, as características de rede e dos tipos de dispositivos que mais terão impacto no escopo das redes 6G.

Em [Saad et al. 2020] è discutida a agregação de dispositivos e habilitadores tecnológicos, e.g. Inteligentização, *cloudization*, Softwarização, Virtualização e Fatiamento profundo da rede; sensores e Tecnologias de contabilidade distribuída (DLT), interações cérebro-computador sem fio (BCI), Vestíveis e Implantes inteligentes, realidade estendida (XR) ou Robótica Conectada e Sistemas Autônomos (CRAS), representado por sistemas de entrega de drones, carros autônomos, enxames de drones autônomos e robótica autônoma ou ainda, devem embasar a criação de novos cenários e casos de usos.

O *design* 6G requer a mudança do clássico paradigma *Self-Organizing Networks* (SON), para o SSN *Self-Sustaining Networks* (SSN), ou seja, de redes auto-organizadas para redes autossustentáveis. As SSNs devem ser capazes de, além de adaptar suas funções, sustentar seu uso e gerenciamento de recursos (ex.: captando energia e explorando espectro) para manter de forma autônoma KPIs altos e de longo prazo.

Para atender os requisitos de automação previstos, as funções das SSNs devem aproveitar as recentes evoluções nas tecnologias de IA [Saad et al. 2020] que, considerando as entidades de redes, podem ser implementadas e categorizadas em três níveis: IA local, IA Conjunta, IA E2E [Samsung Electronics Co. 2021].

## 5. Conclusão

As pesquisas rumo a redes de sexta geração seguem a tendência evolutiva das gerações antecessoras, com previsão de maturidade para 2030. Neste intervalo, os esforços da academia e da indústria estão focados em identificar e viabilizar tecnologias que habilitem as visões de desempenho extremo das propostas para as redes 6G.

Os desafios são grandes, muitos estudos estão focados em identificar e agrupar os habilitadores tecnológicos, deixando claro que a correta correlação e agrupamento dos habilitadores são fases importantes para a definição do escopo da arquitetura 6G.

O escopo para uma possível padronização deve está embasado no objetivo proposto e na correlação entre os cenários de uso, requisitos de desempenho e tecnologias que habilitem essas aplicações.

Um dos desafios do escopo 6G consiste em viabilizar as tecnologias visionadas

como revolucionárias que suportariam as principais inovações previstas para o 6G. Outro desafio é integrar todos esses requisitos e tecnologias em um único desenho que consiga suprir as premissas de uma rede que atenda aos cenários de uso atuais, aos já previstos e aos que possam surgir, considerando a fase inicial das pesquisas em 6G.

## 6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Projeto Brasil 6G, financiado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e Rede Nacional de Pesquisa (RNP).

## Referências

- Brasil6G (2021). Projeto Brasil 6G: Arquiteturas para a Rede 6G. <https://inatel.br/brasil6g/>.
- David, K. and Berndt, H. (2018). 6g vision and requirements: Is there any need for beyond 5g? *IEEE vehicular technology magazine*, 13(3):72–80.
- Han, B., Jiang, W., Habibi, M. A., and Schotten, H. D. (2021). An Abstracted Survey on 6G: Drivers, Requirements, Efforts, and Enablers. *arXiv:2101.01062 [cs]*. arXiv: 2101.01062.
- Huang, T., Yang, W., Wu, J., Ma, J., Zhang, X., and Zhang, D. (2019). A Survey on Green 6G Network: Architecture and Technologies. *IEEE Access*, 7:175758–175768. Conference Name: IEEE Access.
- Jiang, W., Han, B., Habibi, M. A., and Schotten, H. D. (2021). The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2:334–366.
- Lu, Y. and Zheng, X. (2020). 6G: A survey on technologies, scenarios, challenges, and the related issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 19:100158.
- Neto, H. S., Araujo, A. V. D., Both, C. B., Oliveira-Jr, A., and Cardoso, K. V. (2021). Uma visão de arquitetura para redes 6g. In *Anais do I Workshop de Redes 6G*, pages 31–36. SBC.
- Saad, W., Bennis, M., and Chen, M. (2020). A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems. *IEEE Network*, 34(3):134–142. Conference Name: IEEE Network.
- Samsung Electronics Co., L. (2021). 6G the next hyper Connected Experience for All | Samsung Research.
- Shahraki, A., Abbasi, M., Piran, M. J., and Taherkordi, A. (2021). A Comprehensive Survey on 6G Networks: Applications, Core Services, Enabling Technologies, and Future Challenges. *arXiv:2101.12475 [cs]*. arXiv: 2101.12475.
- Yazar, A., Doğan-Tusha, S., and Arslan, H. 6g vision: An ultra-flexible perspective.
- You, X., Wang, C.-X., Huang, J., Gao, X., Zhang, Z., Wang, M., Huang, Y., Zhang, C., Jiang, Y., Wang, J., et al. (2021). Towards 6g wireless communication networks: Vision, enabling technologies, and new paradigm shifts. *Science China Information Sciences*, 64(1):1–74.
- Zhao, Y., Zhao, J., Zhai, W., Sun, S., Niyato, D., and Lam, K.-Y. (2020). A Survey of 6G Wireless Communications: Emerging Technologies.