

## Evolução da Família IEEE 802.11

Lucas Iglesias Araujo (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Elvio J. Leonardo (Orientador),  
e-mail: ejleonardo@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR.

**Área e subárea do conhecimento:** Ciência da Computação / Sistemas de Computação.

**Palavras-chave:** IEEE 802.11, Rede de Computador, Rede Sem Fio.

### Resumo

Com a relevância atual da comunicação sem fios, torna-se importante a compreensão do caminho evolutivo tomado por uma das famílias de especificações que compõem o grande espectro de tecnologias focadas em transmissão de dados sem utilização de cabos, a família de tecnologias IEEE 802.11, conhecida como WLAN, *Wireless Local Area Network*. Para isso, será exposta, ao decorrer do artigo, a perspectiva do contexto histórico no qual está inserida a primeira idealização desta tecnologia, os motivos para sua existência, seu funcionamento e sua presença e importância significativa em várias aplicações na civilização contemporânea. É propósito deste documento a apresentação e dissertação sobre várias destas especificações participantes da família IEEE 802.11, com foco nas participantes do grupo Wi-Fi, desde o Wi-Fi 1, inaugurado em 1999, até o Wi-Fi 7, representante do que se espera para o futuro próximo deste grupo de tecnologias. Serão vistos, também, alguns outros padrões que não fazem parte do grupo Wi-Fi, mas que oferecem aplicações igualmente necessárias. Em seu desenlace, será encontrado neste texto o que se espera para o futuro da tecnologia de transmissão sem fios, assim contempla-se uma visão completa de passado, presente e futuro.

### Introdução

Em 1990, a primeira reunião do projeto IEEE 802.11 foi realizada. É difícil imaginar que qualquer um dos presentes nesta agregação saberia, com certeza, dizer em seus momentos mais audaciosos de criatividade a importância e relevância que esta tecnologia conquistaria durante os anos. Hoje, mais de 30 anos depois (31), podemos ver esta família de tecnologias em praticamente todo lugar aonde vamos. Conhecida popularmente como Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), o protocolo 802.11 passou de luxo para algo indispensável para muitos. Desde o surgimento desta tecnologia, a importância da mobilidade para o usuário de redes de comunicação se tornou exponencialmente maior, até mesmo fundamentais para algumas

aplicações, como são os casos das redes Wi-Fi instaladas em automóveis. A complexidade para manter o usuário móvel enquanto utilizando-se de cabos é extrema, então, foi concebido o padrão de comunicação *wireless*, especificado pela família de protocolos 802.11, objeto de estudo desta pesquisa.

A finalidade desta pesquisa é compreender a origem da família de protocolos IEEE 802.11 e seu caminho evolucionário trilhado desde o início até hoje. Para este fim, será estudado o contexto histórico no qual a idealização do primeiro protocolo 802.11 está inserido, analisar a família Wi-Fi como um todo com foco nas principais especificações, sendo estas Wi-Fi 1, 2, 3, 4 e 5 e, conseqüentemente, visar as alterações mais significativas desde a primeira concepção da conexão *wireless*.

Em seu desenlace, é, também, objetivo desta pesquisa observações de expectativas para o futuro desta tecnologia nas suas seguintes evoluções e implementações.

## **Materiais e métodos**

Esta é uma pesquisa focada em levantamento bibliográfico. Para acesso à bibliografia, foi utilizado, principalmente, a base do IEEE Xplore, com acesso obtido através do portal de periódicos da CAPES. A documentação disponível é quase totalmente em língua inglesa, com raras exceções. A documentação coletada foi examinada pelo pesquisador que, junto ao orientador, definiu os tópicos que deveriam constar no projeto finalizado. Foi decidido a elaboração de uma análise do contexto histórico no qual se insere o surgimento da família de tecnologias objeto de estudo do artigo, motivações para implementação de tecnologias de comunicação sem fio, funcionamento de uma rede operando nos padrões IEEE 802.11, explicações ao leitor sobre termos importantes para compreensão do texto e, então, a análise das especificações mais importantes da família IEEE 802.11. Por fim, foi decidido ser de grande importância a dissertação sobre o futuro deste tipo de tecnologia em alguns aspectos que formam o desenlace do documento. Com estes objetivos estabelecidos, o trabalho do pesquisador foi ler, analisar e extrair as informações mais valiosas dos documentos de referência, compreender o objeto de estudo para que a explicação ao leitor fosse a melhor possível e, então, elaborar o texto que integra o corpo do artigo. Esta pesquisa, uma vez tendo objetivo em levantar bibliografia, não foi muito impactada pela pandemia do Covid-19, sendo que o acesso remoto às documentações foi fornecido ao pesquisador.

Com os documentos selecionados foi iniciada a elaboração do artigo Evolução da Família IEEE 802.11, buscando mais documentação quando necessário e repetindo os processos para determinar a confiabilidade das novas referências. Esta frequente pesquisa por informações mais recentes se faz importante pelo fato de que os mais atuais membros da família IEEE 802.11 foram inaugurados recentemente e, quanto às futuras especificações, ainda não existem implementações em cenários reais. Assim, quanto mais recente for a publicação de um documento de

referência, mais interessante para a elaboração da pesquisa este seria. As habilidades do pesquisador em conhecimento da língua inglesa foram fundamentais no empenho do trabalho pelos motivos supracitados.

## Resultados e Discussão

Foram adquiridos mais de 30 artigos para leitura e análise, totalizando mais de 200 páginas de textos científicos. O resultado dessas leituras foi a elaboração de um documento altamente compreensível de grande acessibilidade com pouca requisição de conhecimento de redes de computadores por parte do leitor, fator decisivo para a divulgação científica. O documento, além de compreensão acessível, também é amplamente abrangente, pois cobre desde os anos 1970, antes mesmo do surgimento da primeira especificação WLAN, até o futuro próximo deste tipo de tecnologia. Foram desenvolvidas duas versões do artigo, uma em língua portuguesa e uma outra em língua inglesa, à fim de contribuir à biblioteca de conhecimento global sobre este assunto.

Quanto à evolução da família IEEE 802.11, um resultado significativo está apresentado na Fig. 1, evidenciando o crescimento das taxas de transmissão ao longo dos anos. Todos os membros do grupo Wi-Fi operam em faixas de frequência semelhantes então é possível, ao analisá-los dessa forma, ênfase na evolução da tecnologia desconsiderando outros fatores como largas faixas de frequência, como é o caso do grupo WiGig. Note que a Tabela 1 apresenta outras características importantes, como modulação empregada e largura de banda utilizada. Na tabela, BPSK, QPSK e QAM são, respectivamente, *Binary* e *Quadrature Phase-Shift Keying* e *Quadrature Amplitude Modulation*.

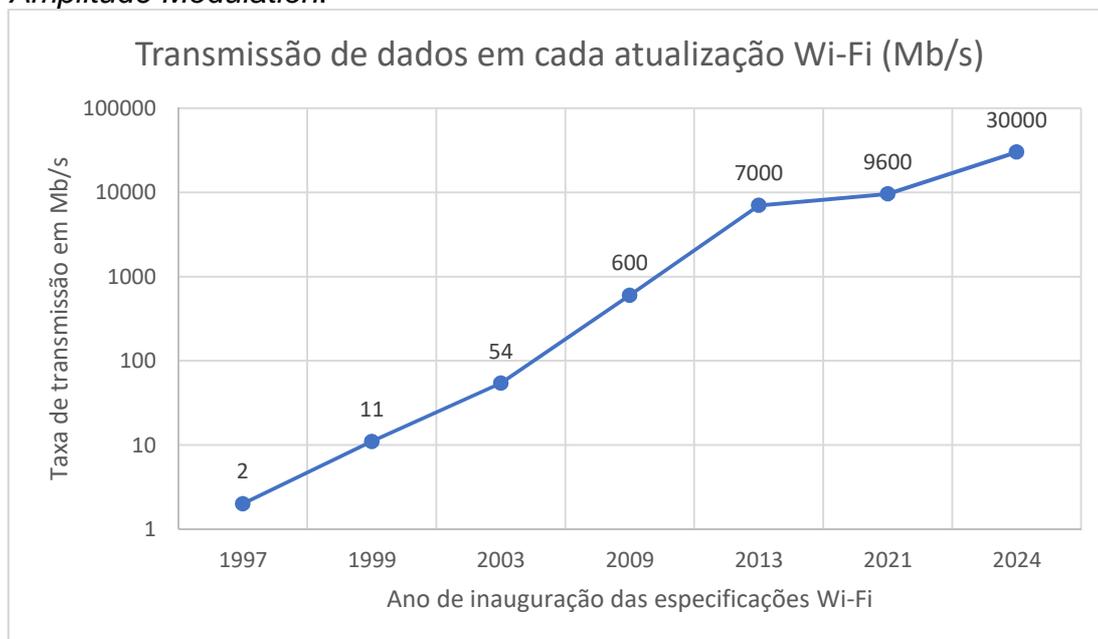


Figura 1 – Gráfico intitulado Transmissão de dados em cada atualização Wi-Fi (Mb/s).

## Conclusões

Concluiu-se que a presença, importância e complexidade das tecnologias especificadas pela família IEEE 802.11 tiveram crescimento exponencial desde seu surgimento em 1997, ano de inauguração do primeiro padrão. Foi compreendido o surgimento das primeiras tecnologias que possibilitaram as primeiras implementações de sistemas de comunicação sem fio advindas de pesquisas acerca da radiação Hawking, o caminho evolucionário tomado pela família de especificações IEEE 802.11 e as expectativas para futuras evoluções desta família e suas ramificações, assim como uma visão em implementações possíveis no âmbito de Internet das Coisas (IoT) e comparações com o sistema de quinta geração 5G.

**Tabela 1** – Principais características de alguns padrões da família 802.11.

Standard	Frequências de Operação	Modulação	Taxas de Transmissão	Largura de Banda
802.11	2,4 GHz	BPSK	1 e 2 Mb/s	20 MHz
802.11b	2,4 GHz	BPSK, QPSK	1 a 11 Mb/s	20 MHz
802.11a	5 GHz	BPSK, QPSK, 16 e 64QAM	6 a 54 Mb/s	20 MHz
802.11g	2,4 GHz	BPSK, QPSK, 16 e 64QAM	1 a 54 Mb/s	20 MHz
802.11n	2,4 e 5 GHz	BPSK, QPSK, 16 e 64QAM	1 a 600 Mb/s	20 e 40 MHz
802.11ac	5 GHz	BPSK, QPSK, 16, 64 e 256QAM	1 a 7000 Mb/s	20, 40, 80 e 160 MHz
802.11ax	2,4 e 5 GHz	BPSK, QPSK, DCM, 16, 64, 256 e 1024QAM	1 a 9600 Mb/s	20, 40, 80 e 160 MHz

## Agradecimentos

Ao orientador deste projeto pela oportunidade e pela mentoria, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação Araucária e a Universidade Estadual de Maringá pelo apoio estrutural e financeiro. Por fim, agradeço à minha família e a mulher sempre presente na minha vida pelo amor e apoio incondicional constante. A estes últimos, dedico uma paráfrase de Carl Sagan. Diante da vastidão do tempo e da imensidão do espaço, é minha alegria e sorte dividir uma época e um planeta com vocês.

## Referências

LEONARDO, Elvio J.; SHINODA, Ailton A.. **Revisão de Protocolos de Acesso ao Meio em Redes Ad-Hoc Sem Fio**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 25, n. 2, p. 171-182, jul./dez. 2004.

KHOROV, Evgeny et al. **A Tutorial on IEEE 802.11ax High Efficiency WLANs**. IEEE Communications Surveys & Tutorials, Moscow (Rússia), v. 21, n. 1, p. 197-216, jan./fev./mar. 2019.