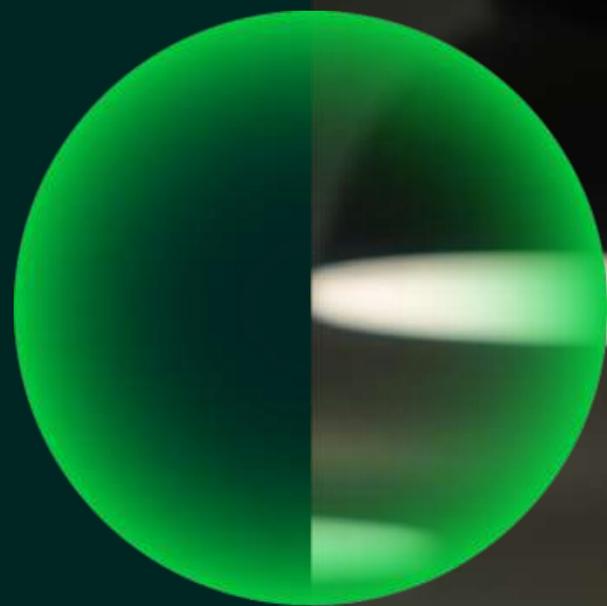


Wi-Fi7 Para Empresas

Do Planejamento a Operação
de Alta Performance





Roosevelt David

Analista de Desenvolvimento de Produtos WLAN – Intelbras

- 12 anos em engenharia de redes corporativas, acadêmicas e ISP's
- Responsável técnico pelo desenvolvimento dos Access Points da linha FUTURE (Wi-Fi 6/7).
- Especialista em testes, validações de campo e certificações de produto (IEEE/WFA/Anatel).
- Foco em performance, escalabilidade e confiabilidade em projetos de grande escala.

Objetivos

- Percorrer a jornada de implementação e operação de redes Wi-Fi de nova geração
- Revisar fundamentos do eletromagnetismo aplicados à comunicação sem fio
- Explorar a evolução dos padrões Wi-Fi até o Wi-Fi 7 e seus benefícios em novos projetos
- Apresentar o panorama regulatório do espectro de 6 GHz no Brasil
- Compartilhar boas práticas de planejamento, implantação e troubleshooting — destacando o impacto do Wi-Fi 7 nas redes corporativas



Agenda

- Fundamentos de Eletromagnetismo
- Evolução dos protocolos Wi-Fi
- Avanços técnicos do Wi-Fi7
- Porque Adotar o Wi-Fi7?
- Panorama Regulatório
- Planejando uma rede Wi-Fi7
- Implementando uma rede Wi-Fi7
- Operação e Manutenção de redes Wi-Fi
- Troubleshooting de Redes Wi-Fi





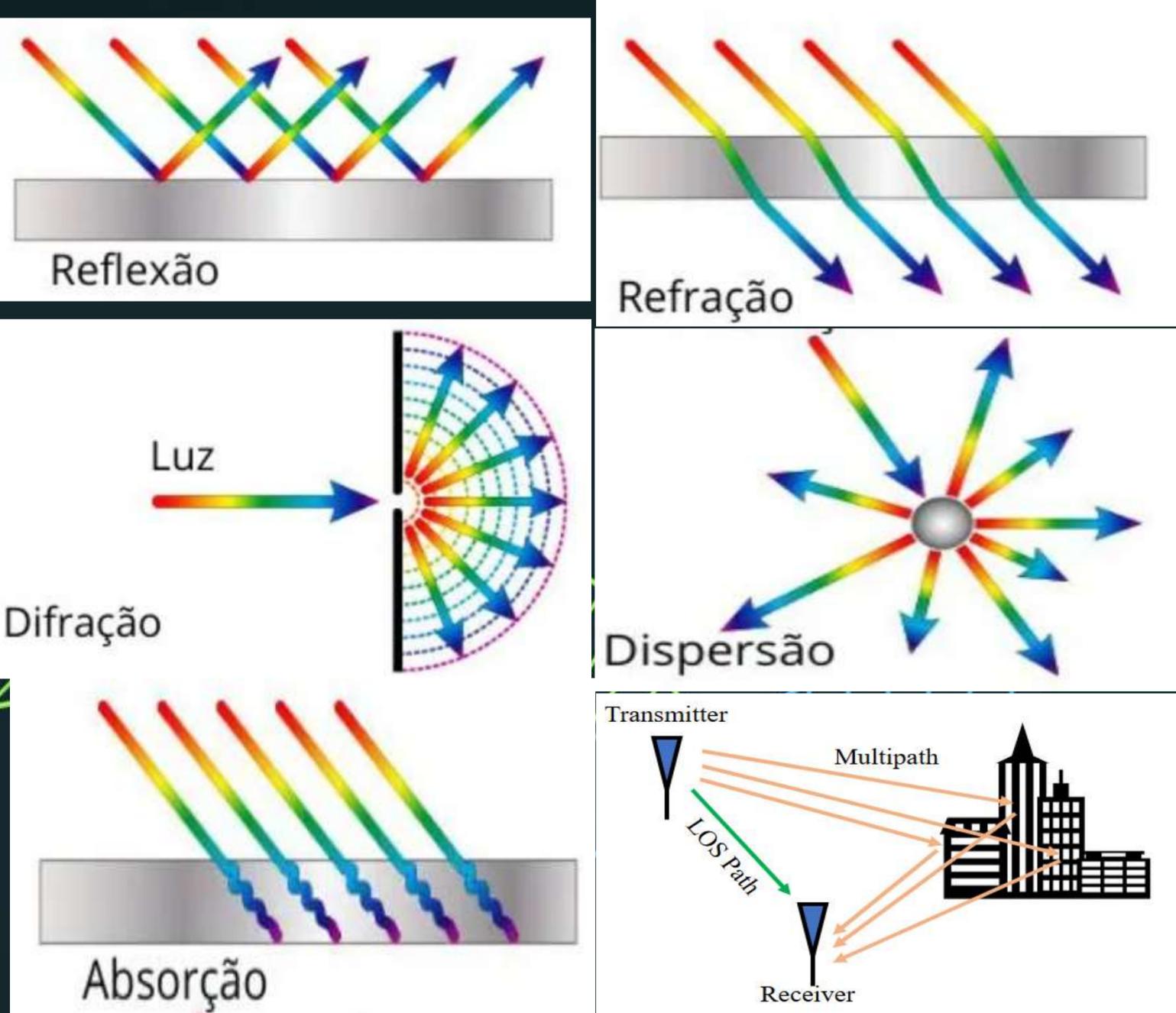
Fundamentos de Eletromagnetismo

O Que é Wi-Fi?



- Sinais de rádio = ondas eletromagnéticas (2,4 / 5 / 6 GHz)
- Embora não sejam visíveis, as ondas de rádio possuem o mesmo comportamento da luz emitida por uma Lâmpada.
- Ondas se comportam como ondas na água: espalham, refletem e enfraquecem(atenuam)
- Bits ↔ variações de amplitude & fase (modulação digital)
- Access Point converte sinais elétricos ↔ rádio
- CSMA/CA – todos escutam antes de falar

Fenômenos de Propagação



- Reflexão
- Refração
- Difração
- Scattering (Espalhamento/Dispersão)
- Absorção
- Multipath²
- Atenuação¹
- ²LOS Path (Linha de visada)

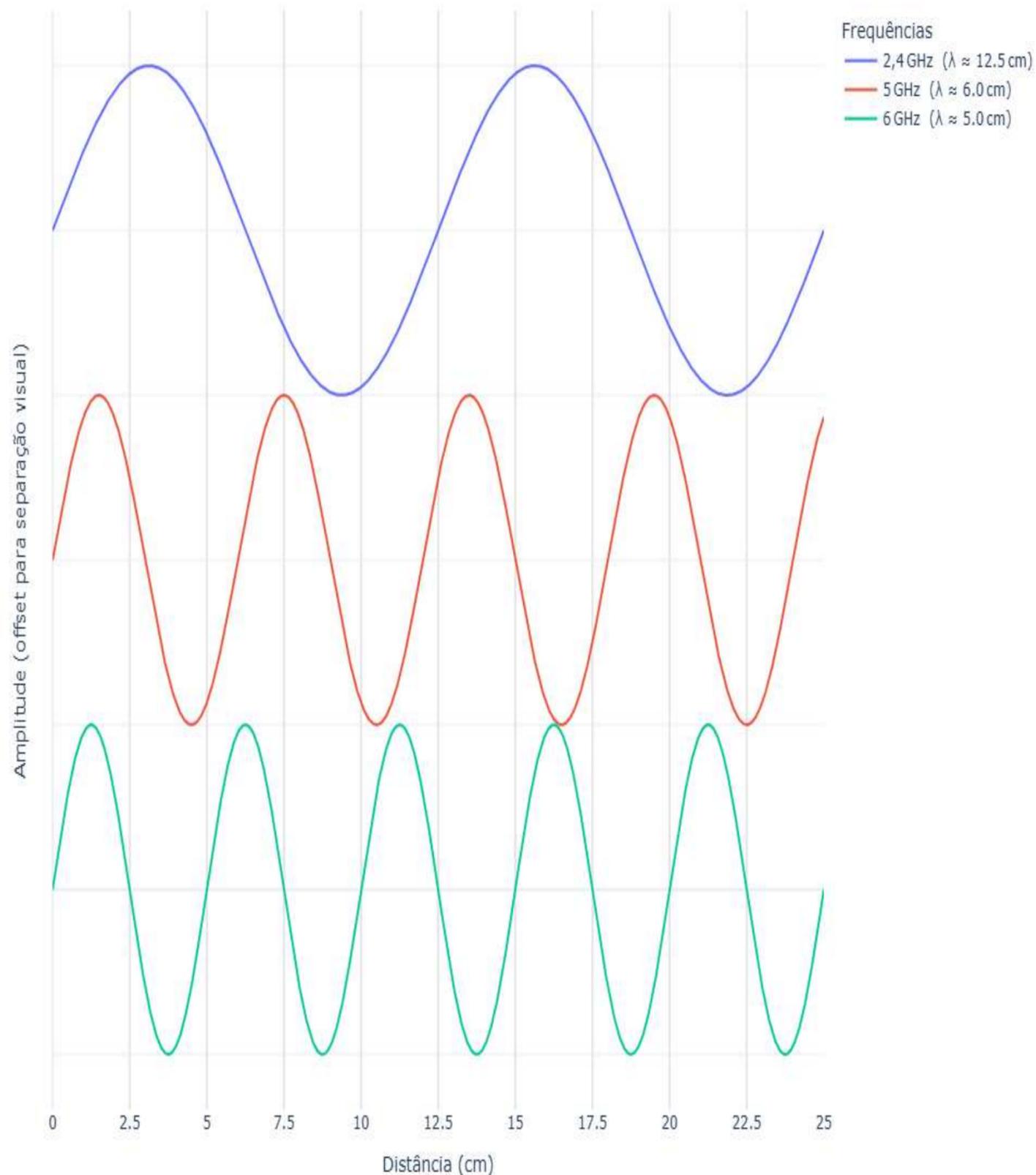


¹ É um resultado dos verdadeiros fenômenos de propagação

² é uma condição, não um fenômeno, em que o sinal viaja diretamente do transmissor ao receptor sem obstáculos.

Visualização Comparativa de Comprimentos de Onda em RF

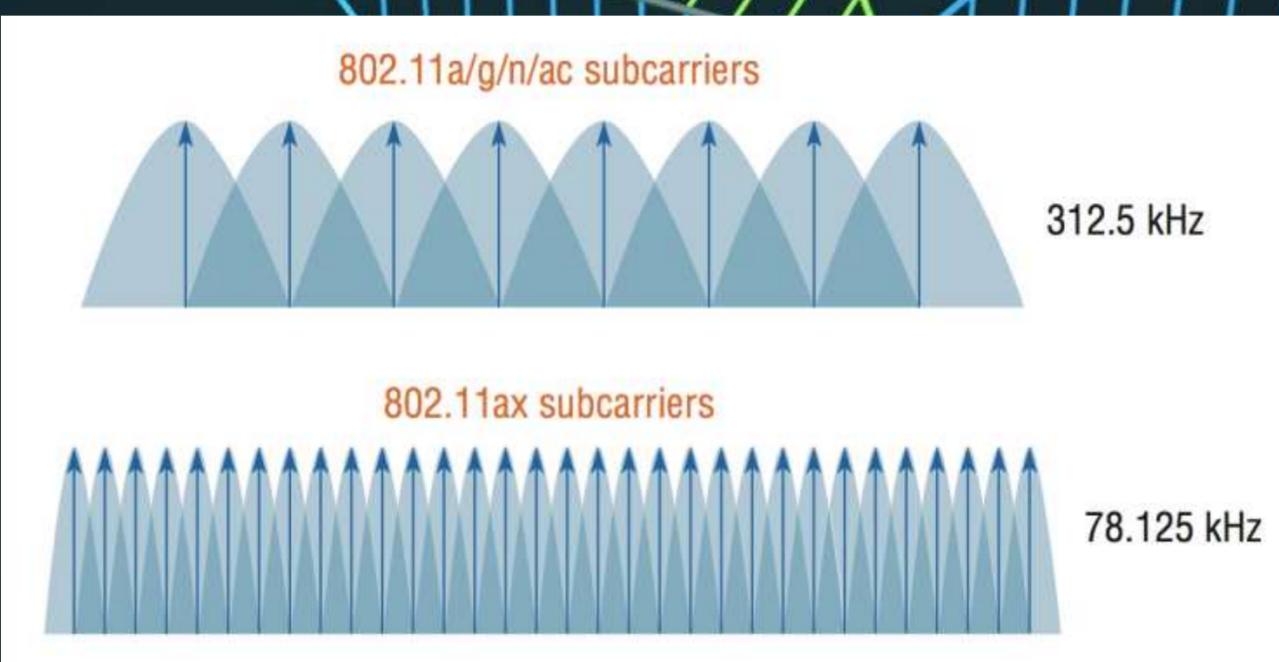
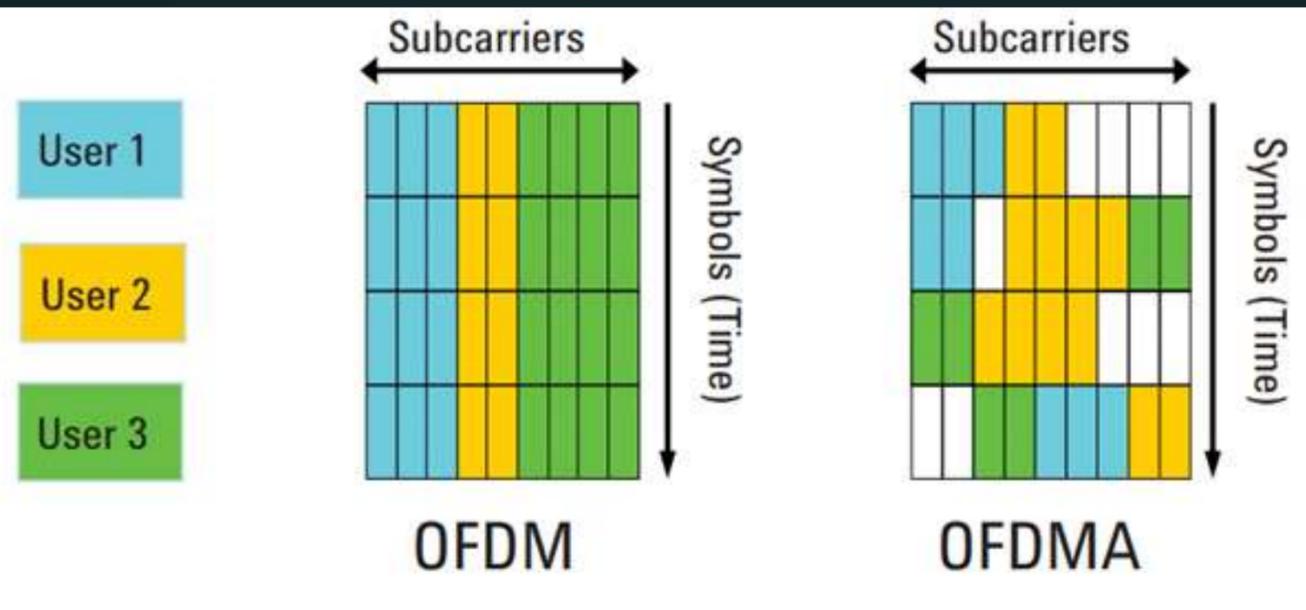
Cada ciclo completo representa um comprimento de onda (λ) físico em cm.



Frequência x Comprimento de Onda

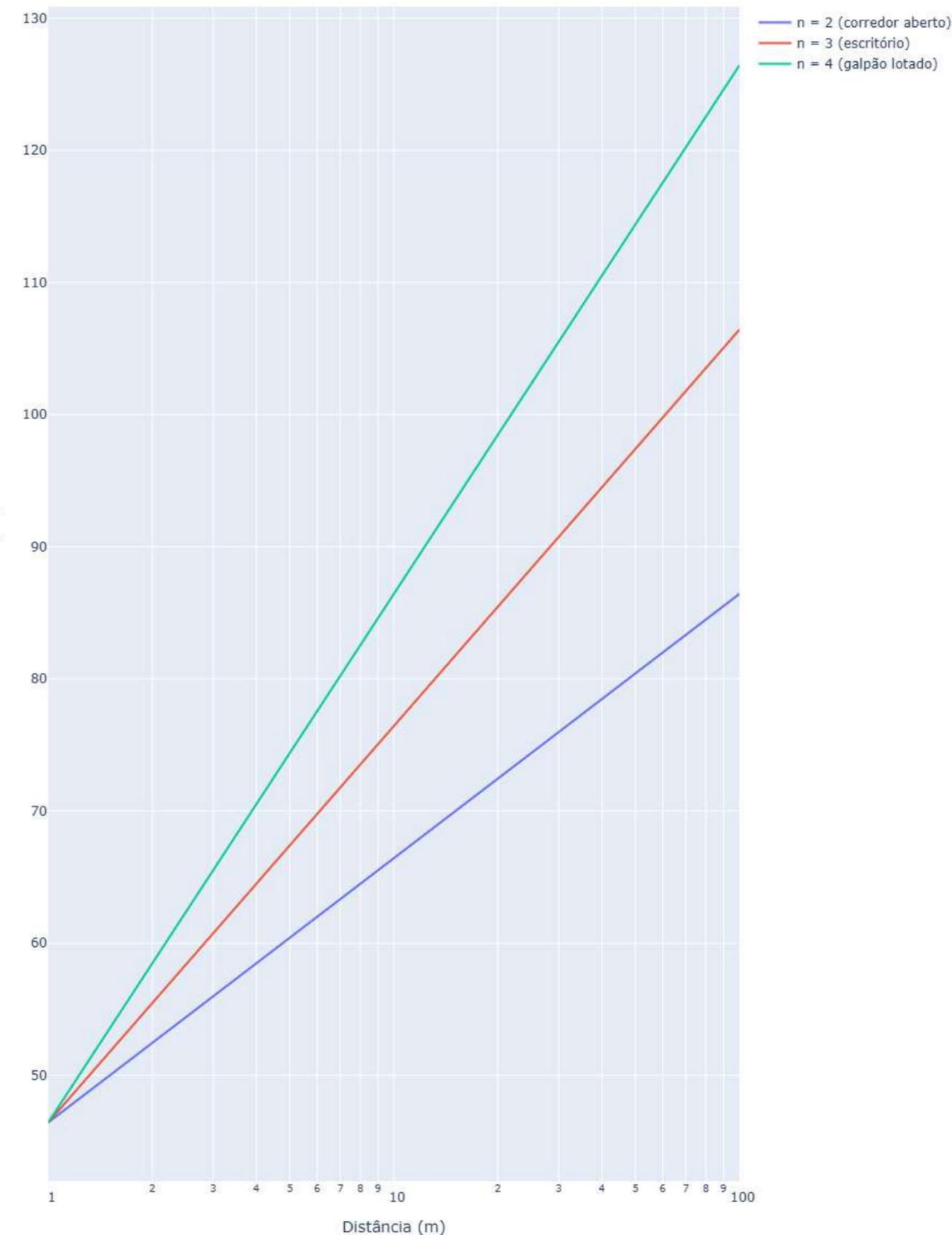
- Fórmula-chave $\lambda = c / f$ onde ($c \approx 3 \times 10^8$ m/s)
- Legenda:
 - λ = comprimento de onda (m);
 - c = velocidade da luz ($\sim 3 \times 10^8$ m/s);
 - f = frequência (Hz)
 - Exemplo de cálculo:
 - $\lambda(2,4 \text{ GHz}) = 3 \times 10^8 / 2,4 \times 10^9 \approx 0,125$ m (12 cm)
 - $\lambda(5 \text{ GHz}) = 3 \times 10^8 / 5 \times 10^9 = 0,060$ m (6 cm)
 - $\lambda(6 \text{ GHz}) = 3 \times 10^8 / 6 \times 10^9 = 0,050$ m (5cm)
- Resumindo
 - 2,4 GHz $\rightarrow \lambda \approx 12$ cm \triangleright boa penetração, célula ampla
 - 5 GHz $\rightarrow \lambda \approx 6$ cm \triangleright velocidade alta, mais células
 - 6 GHz $\rightarrow \lambda \approx 5$ cm \triangleright capacidade extra, requer visada limpa
- Quanto maior λ , maior difração: ondas “contornam” obstáculos
- Quanto menor λ , maior atenuação por paredes e menor difração

Multipath e OFDM



- Ambientes internos \Rightarrow ecos (multipath) com delay spread \approx 50–300 ns
- OFDM(a/b/g/n/ac): 20 MHz \rightarrow 64 subportadoras de 312,5 kHz
- GI (prefixo cíclico 0,4 – 3,2 μ s) absorve ecos e evita ISI(Inter-Symbol Interference)
- OFDMA (Wi-Fi 6/7) aumentou para 256 subportadoras de 78,125 kHz e reparte essas subportadoras em Resource Units para vários usuários
- Interleaving + LDPC + MIMO \Rightarrow robustez e diversity gain $>$ 1 Gb/s mesmo com reflexões
- Benefícios: canal quase plano, equalização simples, robustez a multipath, menor latência

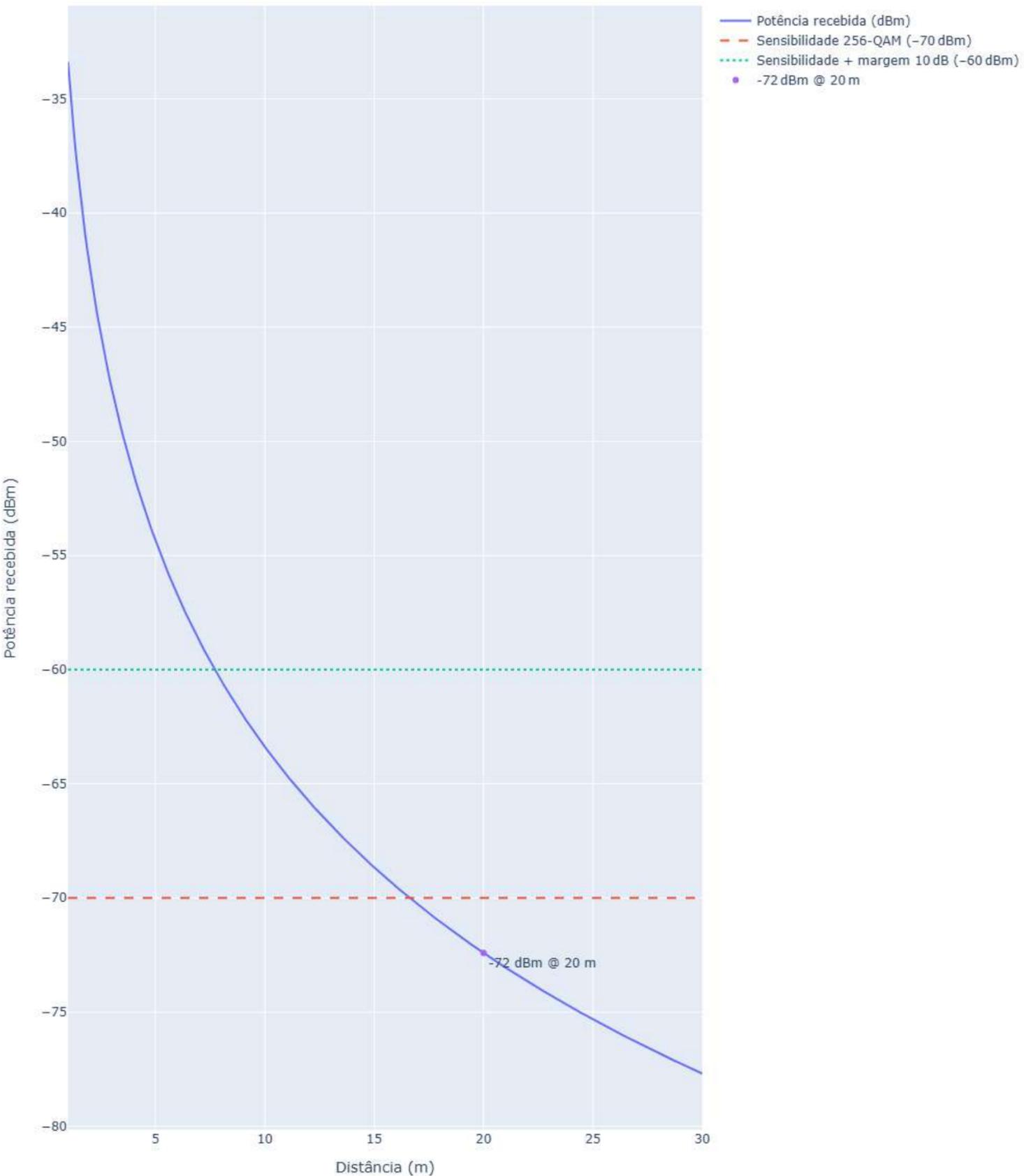
Path Loss vs Distância (5 GHz) — Vários expoentes n



Perda de Percurso/Path Loss(Friis) e Modelos ITU

- Regra de bolso: em espaço livre, + 6 dB de perda cada vez que a distância dobra
 - Ex.: 5 GHz → ~60 dB aos 10 m LOS(linha de visada)
- Expoente de caminho n (quão hostil é o meio)
 - ≈ 2 (corredor aberto) • ≈ 3 (escritório típico) • ≈ 4 (galpão lotado)
 - $PL(dB) = PL(d_0) + 10n \log_{10}(d/d_0) + \sum L_{\text{barreira}}$
- Modelo ITU-R P.1238-13 (≤ 6 GHz): perdas por barreira
 - drywall 3 dB | vidro duplo 6 dB | concreto 12 dB | porta metálica 23 dB¹
- Exemplo rápido: 5 GHz, 20 m LOS + drywall + vidro → PL ≈ 75 dB

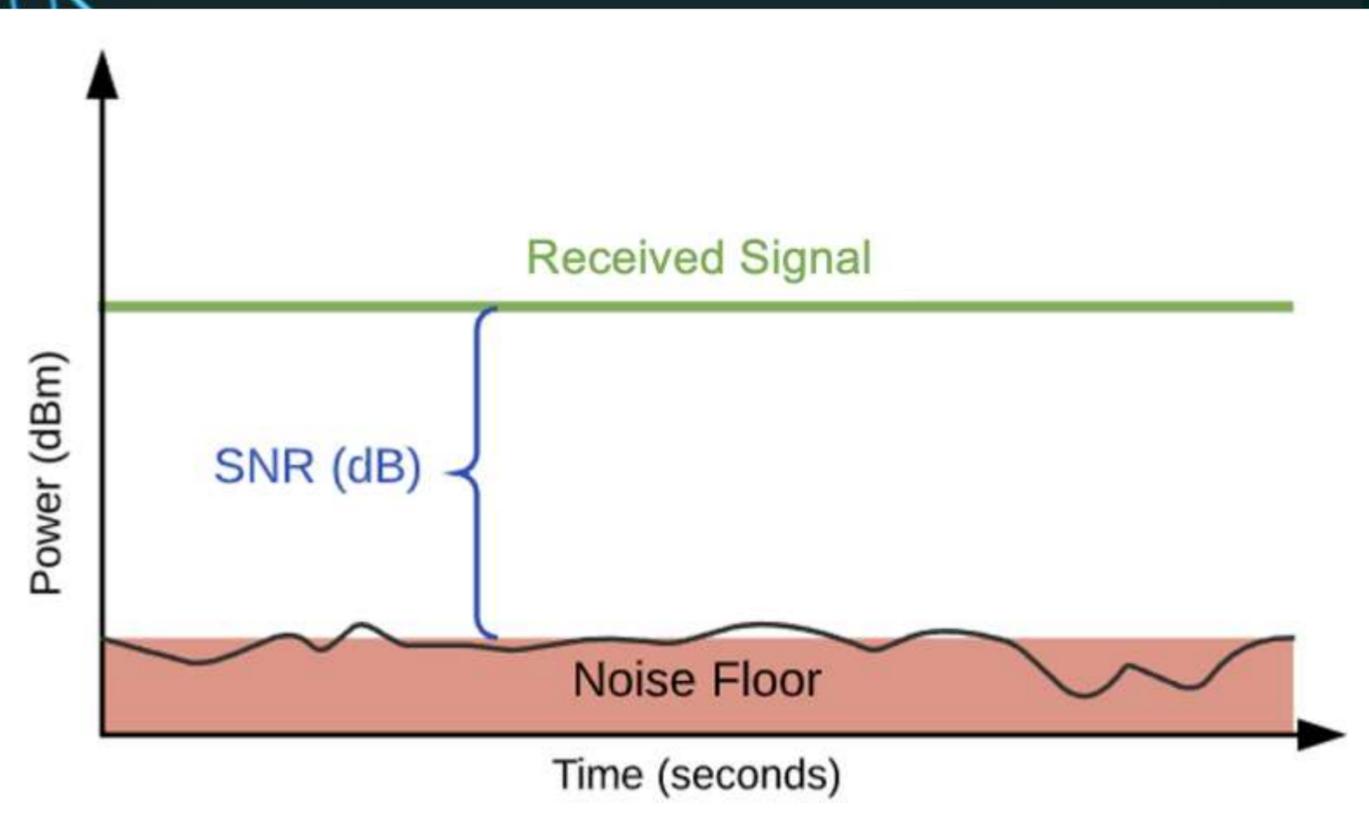
¹fontes: ITU-R P.1238-13 ± medições NIST & Rappaport, 2024)



Perda de Percurso/Path Loss(Friis) e Modelos ITU

- Exemplo Link-budget prático:
 - $EIRP\ 20\ dBm - 75\ dB + 2\ dBi = -53\ dBm$
 - Sensibilidade 256-QAM = $-70\ dBm \Rightarrow$ alvo $-60\ dBm$ com 10 dB de margem
 - $-53\ dBm > -60\ dBm \Rightarrow$ link viável, 7 dB de folga

RSSI, Noise Floor, Rate adaptation

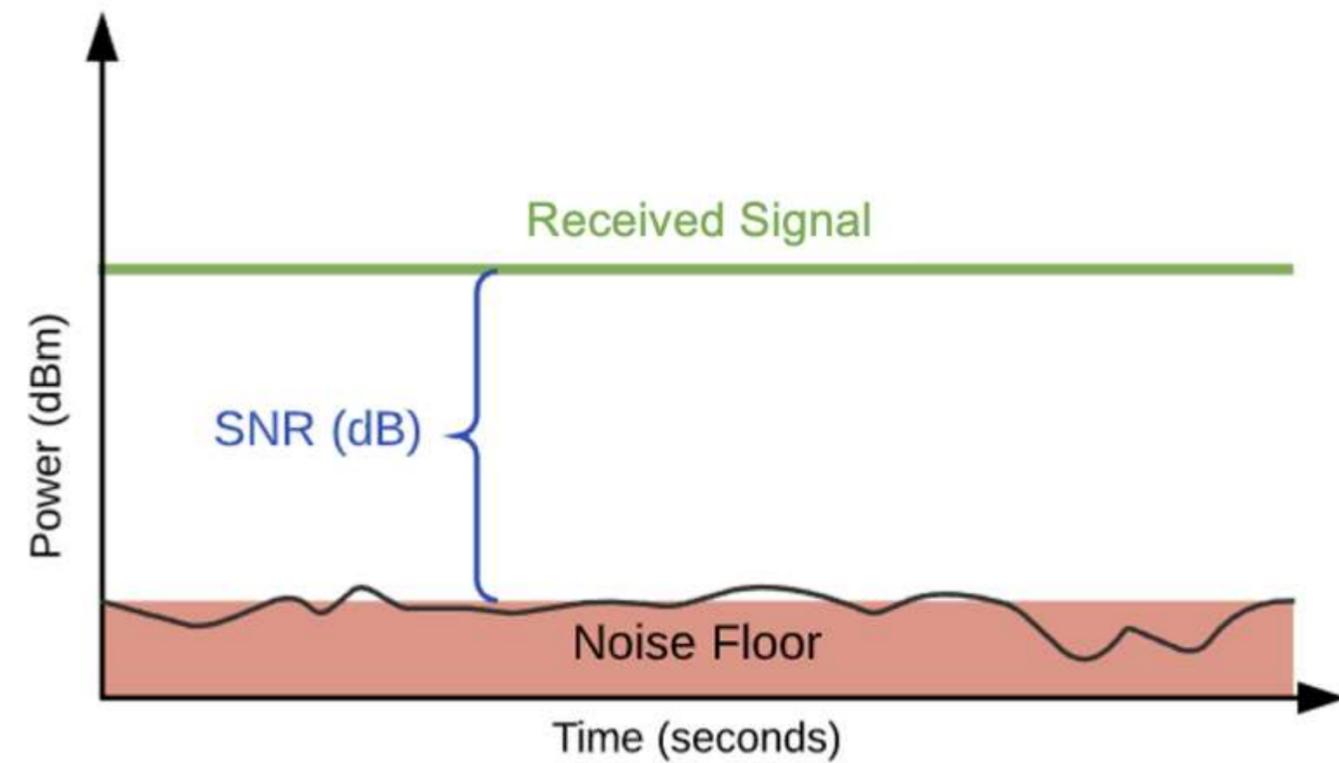


- RSSI = potência recebida medida pelo cliente (dBm).
- Noise floor = -94 dBm (ruído térmico, 20 MHz) \pm interferência de ambiente
- SNR = RSSI - ruído; firmware escolhe o MCS que cabe.
- Regra de bolso \searrow : queda de 6 dB no RSSI reduz a taxa PHY em $\approx 50\%$
- Mapeamento típico (Wi-Fi 6, canal 20 MHz):
 - ≥ -67 dBm / ≥ 25 dB SNR \rightarrow MCS 7-9 (256-QAM)
 - -72 dBm / ≈ 20 dB \rightarrow MCS 4-6 (64-QAM)
 - -80 dBm / ≈ 12 dB \rightarrow MCS 1-3 (QPSK)
- Taxa PHY \neq throughput: cabeçalhos, ACKs e back-off consomem $\sim 30\%$ de airtime

						OFDM (Prior 11ax)							
MCS Index			Spatial Stream	Modulation	Coding	20MHz		40MHz		80MHz		160MHz	
HT	VHT	HE				0.8µs GI	0.4µs GI	0.8µs GI	0.4µs GI	0.8µs GI	0.4µs GI	0.8µs GI	0.4µs GI
0	0	0	1	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15	29.3	32.5	58.5	65
1	1	1	1	QPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
2	2	2	1	QPSK	3/4	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
3	3	3	1	16-QAM	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
4	4	4	1	16-QAM	3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
5	5	5	1	64-QAM	2/3	52	57.8	108	120	234	260	468	520
6	6	6	1	64-QAM	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
7	7	7	1	64-QAM	5/6	65	72.2	135	150	292.5	325	585	650
8	8	1	256-QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780	
9	9	1	256-QAM	5/6	N/A	N/A	180	200	390	433.3	780	866.7	
	10	1	1024-QAM	3/4									
	11	1	1024-QAM	5/6									
8	0	0	2	BPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
9	1	1	2	QPSK	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
10	2	2	2	QPSK	3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
11	3	3	2	16-QAM	1/2	52	57.8	108	120	234	260	468	520
12	4	4	2	16-QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780
13	5	5	2	64-QAM	2/3	104	115.6	216	240	468	520	936	1040
14	6	6	2	64-QAM	3/4	117	130	243	270	526.5	585	1053	1170
15	7	7	2	64-QAM	5/6	130	144.4	270	300	585	650	1170	1300
	8	8	2	256-QAM	3/4	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560
	9	9	2	256-QAM	5/6	N/A	N/A	360	400	780	866.7	1560	1733.3
	10	2	1024-QAM	3/4									
	11	2	1024-QAM	5/6									
16	0	0	3	BPSK	1/2	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
17	1	1	3	QPSK	1/2	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
18	2	2	3	QPSK	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
19	3	3	3	16-QAM	1/2	78	86.7	162	180	351	390	702	780
20	4	4	3	16-QAM	3/4	117	130	243	270	526.5	585	1053	1170
21	5	5	3	64-QAM	2/3	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560
22	6	6	3	64-QAM	3/4	175.5	195	364.5	405	N/A	N/A	1579.5	1755
23	7	7	3	64-QAM	5/6	195	216.7	405	450	877.5	975	1755	1950
	8	8	3	256-QAM	3/4	234	260	486	540	1053	1170	2106	2340
	9	9	3	256-QAM	5/6	260	288.9	540	600	1170	1300	N/A	N/A
	10	3	1024-QAM	3/4									
	11	3	1024-QAM	5/6									
24	0	0	4	BPSK	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
25	1	1	4	QPSK	1/2	52	57.8	108	120	234	260	468	520
26	2	2	4	QPSK	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780
27	3	3	4	16-QAM	1/2	104	115.6	216	240	468	520	936	1040
28	4	4	4	16-QAM	3/4	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560
29	5	5	4	64-QAM	2/3	208	231.1	432	480	936	1040	1872	2080
30	6	6	4	64-QAM	3/4	234	260	486	540	1053	1170	2106	2340
31	7	7	4	64-QAM	5/6	260	288.9	540	600	1170	1300	2340	2600
	8	8	4	256-QAM	3/4	312	346.7	648	720	1404	1560	2808	3120
	9	9	4	256-QAM	5/6	N/A	N/A	720	800	1560	1733.3	3120	3466.7
	10	4	1024-QAM	3/4									
	11	4	1024-QAM	5/6									

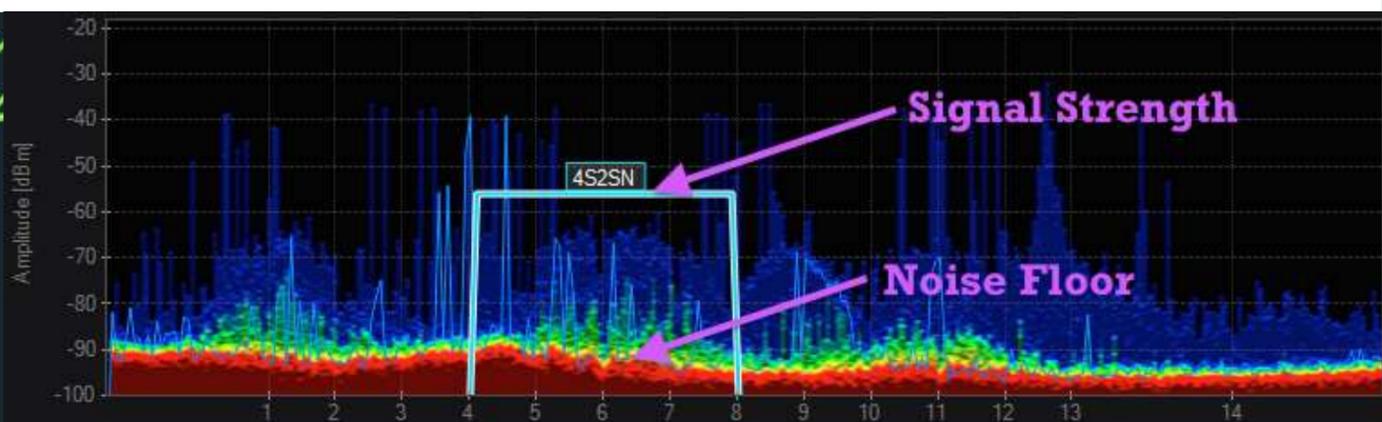
MCS

- Índice MCS (0-11) → define modulação & coding
- Taxa PHY = f(MCS , largura de canal (20–160 MHz), fluxos (NSS 1–8), GI)
- Largura de Canal 20 / 40 / 80 / 160 MHz → quanto mais largo, maior a taxa (e o ruído)
- Guard Interval (GI) 0,8 / 1,6 / 3,2 µs → GI curto ↓ overhead, mas exige baixo delay-spread
- Exemplo rápido: MCS 9, NSS 2, 80 MHz, GI 0,4 µs → 866 Mb/s PHY
- Regra de bolso: throughput ≈ PHY × 0,7 (~30 % de overhead MAC/ACK/CSMA)
- Tabela completa em <https://mcsindex.net>



SNR

- $SNR = S - N$; capacidade cresce $\log_2(1+S/N)$ (Shannon)
- Degraus de modulação: 64-QAM ≥ 20 dB · 256-QAM ≥ 25 dB · 1024-QAM ≥ 31 dB · 4096-QAM ≥ 37 dB
- N = ruído térmico + interferência (CCI/ACI)
 - CCI=interferência co-canal
 - ACI=interferência de canal adjacente
- Menos potência & canais sem sobreposição \downarrow interferência \rightarrow SNR sobe onde importa
- Meta: ≥ 25 dB em 95 % da área (garante 256-QAM com folga)

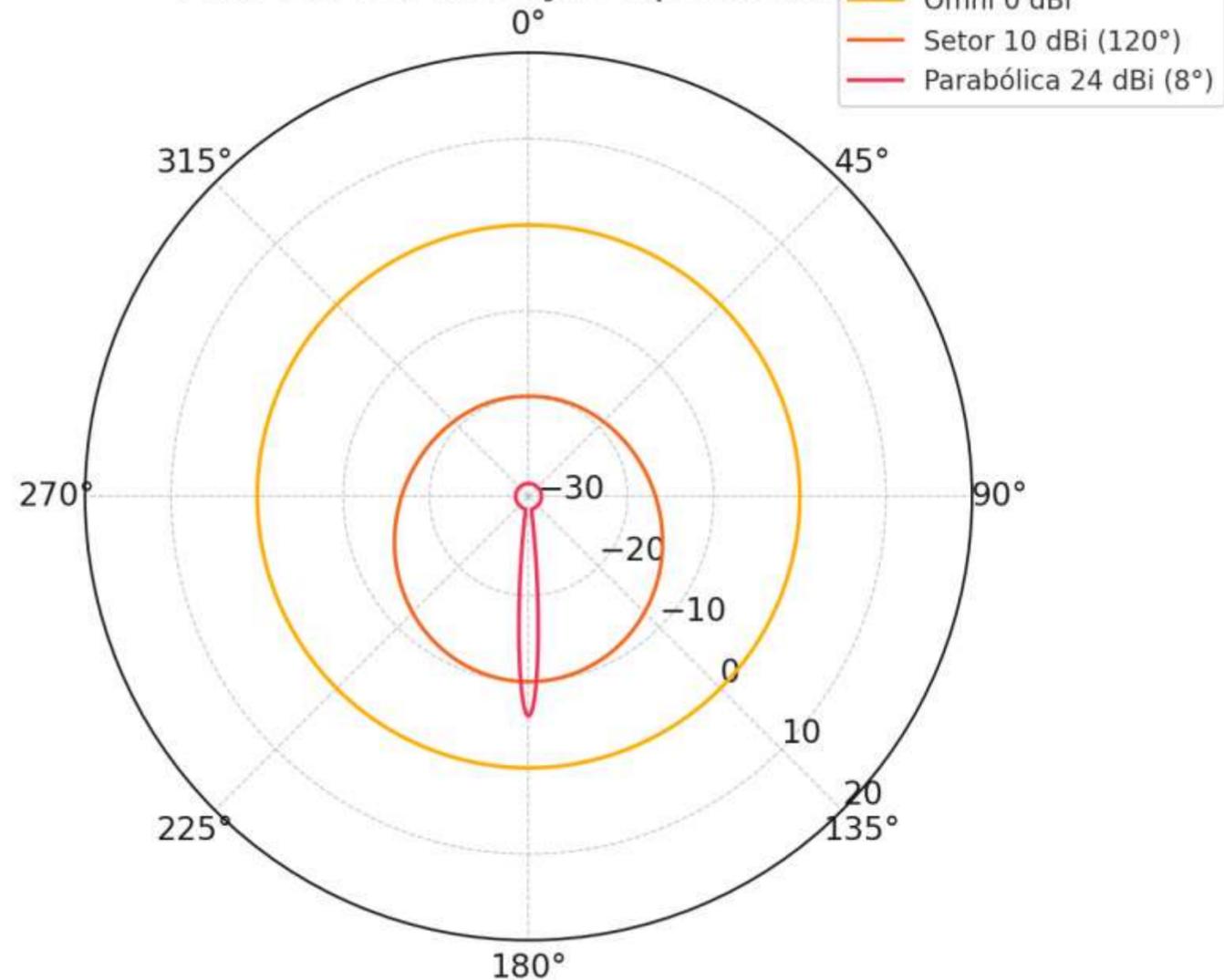


Modulação e codificação Avançadas



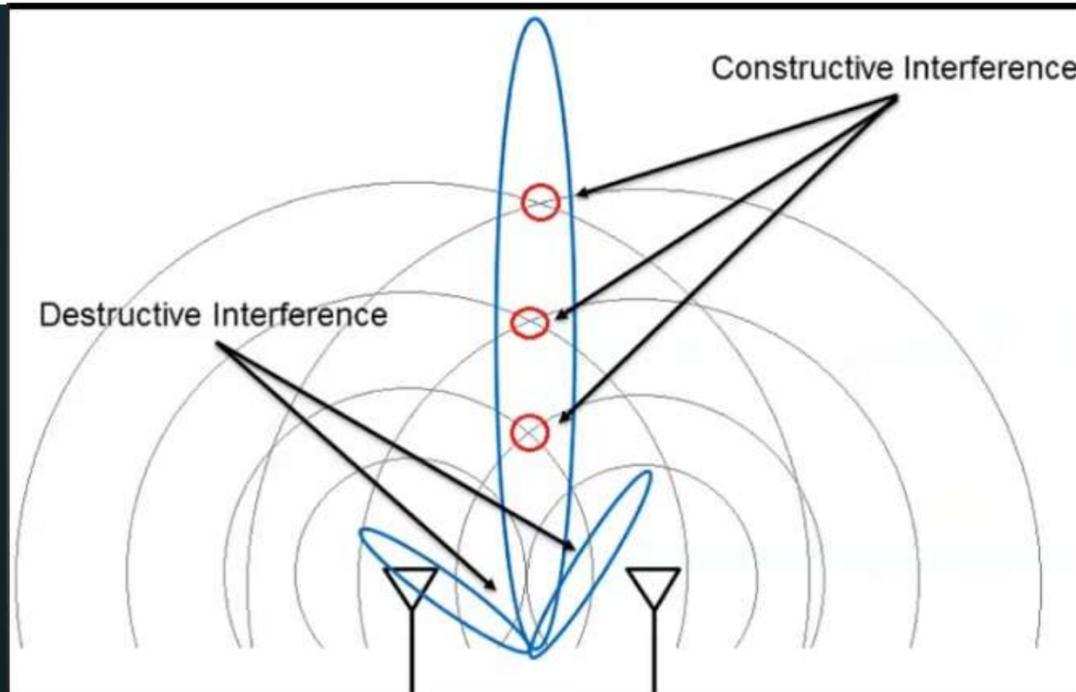
- Escada de modulação QPSK → 64-QAM → 256-QAM (11ac) → 1024-QAM / 4096-QAM (11be)
- cada bit adicional por símbolo exige ≈ 3 dB extra de SNR
- 1024-QAM necessita ≈ 31 dB SNR
- OFDMA (Wi-Fi 6) 20–160 MHz fracionados em Resource Units (RU 26 – 996 tones) → até 74 usuários no mesmo canal, reduzindo latência em 40–90 %
- MU-MIMO DL/UL AP despacha múltiplos fluxos a clientes diferentes e aceita uplink simultâneo → efic. espectral ↑
- LDPC + HARQ incremental corrigem bursts de erros com sobrecarga mínima → BER ↓, latência ↓

Padrões de radiação típicos (dBi)



Antenas, Polarização e Beamforming

- Ganho (dBi): referência isotrópica 0 dBi; +3 dB → largura de feixe $\downarrow \approx 1/\sqrt{2}$
- Padrões: omni 0 dBi / 360° · setor 10 dBi / 120° · painel 15 dBi / 60° · parabólica 24 dBi / 8°
- Polarização & XPD: V, H, $\pm 45^\circ$; perda = $\cos^2 \theta$ ($45^\circ \rightarrow -3$ dB, $90^\circ \rightarrow -20$ dB); XPD ≥ 20 dB evita vazamento entre portadoras MIMO
- Ajuste de impedância: VSWR < 1,5 : 1 (Return Loss > 14 dB) protege o PA e mantém ganho nominal
- MIMO: elementos separados $\geq \lambda/2$ (ou $\lambda/4$ cruzados); ECC < 0,3 garante fluxos independentes
- Beamforming: array 4x4 ajusta fase \Rightarrow +5–6 dB SNR TX/RX sem ultrapassar EIRP (36 dBm @ 5 GHz; 30 dBm @ 6 GHz)



Frequências do Wi-Fi

2.4Ghz

- Maior alcance e boa penetração de obstáculos ($\lambda \approx 12$ cm)
- Velocidade limitada (até 500 Mbps)
- Alta interferência: telefones sem fio, micro-ondas, BluetoothEspectro congestionado
- Ideal para IoT e aplicações de baixa largura de banda

5Ghz

- Altas velocidades — até 1 Gbps
- Menos interferência que 2,4 GHz
- Alcance menor e maior sensibilidade a obstáculos
- Canais UNII-2 / UNII-2-E exigem DFS (radares militares e meteorológico)

6Ghz

- Mais recente: introduzida no Wi-Fi 6E e plena no Wi-Fi 7
- Velocidades máximas: ~ 2 Gbps (teóricas de até 46 Gbps no Wi-Fi 7)
- Canais ultralargos: até 320 MHz → muito menos interferência/congestionamento
- Uso exclusivo de dispositivos Wi-Fi 6E/7 → espectro “limpo”
- Alcance menor e baixa penetração de obstáculos

Frequências do Wi-Fi

2.4Ghz

5Ghz

6Ghz

Frequência	2.400 - 2.483 GHz	5.150 - 5.850 GHz	5.925 - 7.125 GHz
Alcance	Maior (melhor penetração de obstáculos)	Médio (menor penetração de obstáculos)	Menor (pior penetração de obstáculos) EIRP limitado a 30dBm pela Anatel Uso exclusivo indoor
Velocidade Típica	Até 250 Mbps(em condições ideais)	Cerca de 1 Gbps	Cerca de 2~5 Gbps (teórica de 46 Gbps com Wi-Fi 7)
Canais	3 Canais não sobrepostos de 20Mhz	13 Canais de 20Mhz não sobrepostos	Até 60 canais de 20Mhz, 7 canais de 160 MHz ou 3 canais de 320 MHz
Interferência	Alta(Microondas, Bluetooth e legados)	Média (menos congestionada que 2.4 GHz)	Baixa (exclusiva para Wi-Fi 6E/7)
Uso recomendado	Dispositivos IoT, cobertura ampla	Streaming, jogos, videoconferência	VR/AR, 8K streaming, aplicações de baixa latência ou alto throughput
Padrões Suportados	802.11b/g/n/ax/be	802.11a/n/ac/ax/be	802.11ax (Wi-Fi 6E)/be (Wi-Fi 7)

Impactos no design de redes Wi-Fi7

- A frequência de 6 GHz possui menor área de cobertura e menor penetração em obstáculos, exigindo mais APs para garantir a cobertura ideal.
- Modulações mais elevadas requerem SNR alto, o que implica em células de cobertura menores, com linha de visada curta entre o terminal e o AP.
- Por outro lado, a faixa de 6 GHz — praticamente livre, um verdadeiro oceano a ser explorado — permite maior densidade de APs sem risco de sobreposição de canais quando se utilizam larguras de banda estreitas. Isso garante células de cobertura com SNR mais elevado e, conseqüentemente, maior estabilidade
- Wi-Fi 7 é mais pensado em capacidade e qualidade, não apenas cobertura. Redes “Small-cell” serão o novo normal.

Impactos no design de redes Wi-Fi7

- O uso de APs nas três bandas implica maior consumo de energia, exigindo injetores PoE e switches compatíveis com o padrão IEEE 802.3bt classe 5 ou superior.
- Devido às capacidades multi-gigabit do Wi-Fi, o uplink dos APs geralmente é de 2,5 GbE ou superior; portanto, a infraestrutura cabeada e Switches também devem suportar essa velocidade.
 - **O padrão IEEE 802.3bz é um grande aliado nessa hora**, pois oferece taxas de 2,5 Gbit/s e 5 Gbit/s aproveitando o cabeamento legado de categoria 5e e categoria 6.
- 6GHz ainda está restrito a ambientes internos, dependendo de definições mais claras sobre a implementação do AFC (Automated Frequency Coordination) para coordenação das frequências.



Evolução dos Protocolos Wi-Fi

Linha do Tempo – Marcos Chave

- 1997 – 802.11(prime): 2 Mb/s, DSSS (2,4 GHz)
- 1999 – Wi-Fi 1 (b): até 11 Mb/s DSSS (2,4Ghz)
- 1999 – Wi-Fi 2 (a): Até 54 Mb/s e OFDM (5Ghz)
- 2003 – Wi-Fi 3 (g): OFDM 54 Mb/s (2,4 GHz)
- 2009 – Wi-Fi 4 (n): 600 Mb/s, MIMO, 40 MHz
- 2013 – Wi-Fi 5 (ac):(VHT), 6,9 Gb/s, 80/160 MHz, MU-MIMO
- 2019 – Wi-Fi 6/6E (ax): (HE), 9,6 Gb/s, OFDMA, BSS Color, UL/DL MU-MIMO, 1024-QAM, TWT, 6 GHz
- 2024 – Wi-Fi 7 (be): (VHT) até 46 Gb/s, 320 MHz, 4 K QAM, MLO, Multi-Ru, Premable puncturing...

Reaproveitamento de espectro

- CSMA/CA clássico – “escuto/falo” sequencial
- BSS Color & OBSS-PD – reuso espacial (Wi-Fi 6)
- Spatial Reuse Parameter – ajuste dinâmico de potência
- Preamble Puncturing – ignora trechos interferidos (Wi-Fi 7)

WiFi 7TM

Avanços Técnicos do Wi-Fi7

Canais de 320Mhz



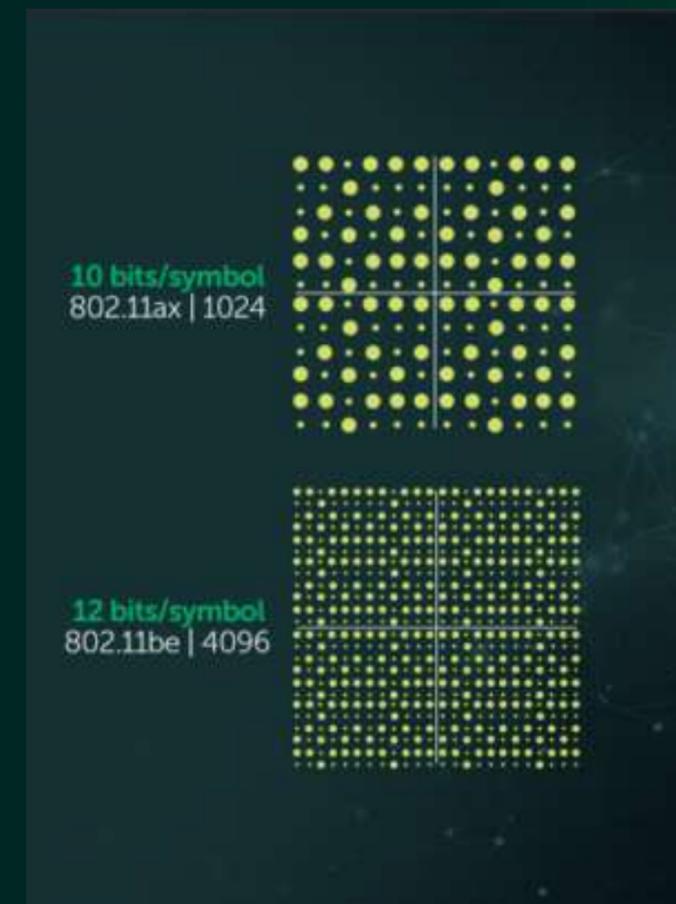
- Permite larguras de banda multi-gigabit em canais de 6Ghz

MIMO até 16X16

- Permite Maior densidade de usuários por célula de cobertura ampliando o número de dispositivos atendidos simultaneamente via múltiplos fluxos espaciais.
- O Novo padrão permite até 16 streams únicos para diferentes usuários ou grupos, Isso dobra o limite de 8 fluxos do Wi-Fi 6.
- Otimiza o Uso do Espectro em áreas de maior densidade
- Com mais antenas, também melhora-se beamforming e alcance.

Modulação de até 4096QAM

- Permite maior densidade de bits 20% maior comparado ao Wi-Fi6
- Resulta em elevação da taxa teórica
 - um stream de 160Mhz@1024QAM tem aproximadamente ~1201Mb/s
 - a160Mhz@4096QAM passam a ser de ~1441Mbps
- Exige SNR extremamente alto, próximo do Ideal (>30dB)



Multi-RU

Multiple Resource Unit

- Ponto muito importante no reaproveitamento do espectro
- No Wi-Fi 6, cada usuário era atribuído a uma única RU(subcanal) na transmissão OFDMA.
- O Wi-Fi 7 permite que várias RUs sejam atribuídas a um único usuário e combinadas para maximizar a eficiência da transmissão, otimizando a utilização do espectro.
- Além disso as Rus podem ser combinadas mesmo se não adjacentes



Preamble Puncturing

- Permite que o roteador ignore interferências nocivas em determinadas partes do canal, evitando sua inutilização completa. Dessa forma, os dispositivos contornam a interferência, em vez de precisarem tratá-la.
- Maximiza a utilização e o reaproveitamento do espectro, especialmente em canais mais largos e ambientes de alta densidade.



MLO

Multi-Link Operation



- Habilita o uso de múltiplas frequências simultaneamente em terminais compatíveis(802.11be)
- Agregação de throughput: transmitir/receber dados em duas bandas ao mesmo tempo, somando vazão (por ex, usar 5 GHz e 6 GHz concomitantes para um mesmo cliente).
- Redução de latência (e redundância): enviar pacotes duplicados por links diferentes (“replicated transmissions”) ou alternar automaticamente para o link menos congestionado.

WPA3 Obrigatório

- **Regra antiga, agora sem exceções:** WPA3 já era obrigatório para qualquer nova certificação WFA desde 2020; o Wi-Fi 7 só fecha a última brecha (2,4/5 GHz).
- **MLO força uniformidade:** se os três rádios do MLD não anunciarem o mesmo AKM (obrigatoriamente WPA3), o cliente não consegue manter múltiplos links nem roaming rápido.
- **Handshake novo:** SAE-GDH (e sua variante FT) entrega forward secrecy e deriva chaves independentes por link sem renegociar.
- **Superfície de ataque encolhe:** WEP, TKIP, WPA2/PSK e PMF-optional ficam fora dos scripts de teste – o produto nem ganha selo se permitir essas opções no SSID principal.
- **Quadros de controle blindados:** PMF + Beacon Protection evitam spoofing e evil-twin mais sofisticados, algo crítico quando você transmite em três bandas simultâneas.

WPA3 Obrigatório

- Base mínima de segurança única com o fim do suporte retrocompatível ao WPA2/TKIP dando uma maior coerência no aproveitamento das novas funções do Wi-Fi7
- Para redes abertas há uma nova alternativa, o OWE(Enhanced Open) que insere uma cifra individual de criptografia, mesmo sem senha.
- Dispositivos legados, sem possibilidade de upgrades, terão de ter um SSID exclusivo com as autenticações legadas.
- Coloca no radar para atualização de terminais legados, sem novas atualizações de segurança.

WiFi 7TM



Porque Adotar o Wi-Fi7?

Adoção Rápida e Onipresença

- ~21 bilhões de dispositivos Wi-Fi ativos no mundo (2025), Média de 3 por pessoa.
- Smartphones: 8–9 bi • IoT: > 6 bi • PCs/Notebooks: 1,5 bi
- Remessas 2024: ≈4,1 bi – 75 % já Wi-Fi 6/6E e 6,5% Já Wi-Fi7 (~270Milhões)
- Base instalada: ~40 % Wi-Fi 6/6E • ~45 % Wi-Fi 5 • < 3 % Wi-Fi 7
 - Crescimento recorde de um protocolo Wi-Fi.
- WFA Estima em 625 Milhões de Devices Wi-Fi7 produzidos somente este ano(2025)
- Tecnologia de adoção mais rápida da história do Wi-Fi.

Adoção Rápida e Onipresença

- Apple
 - Toda linha iPhone 16 com suporte completo ao Wi-Fi7
 - Toda linha iPad e Mac 2025 com suporte completo ao Wi-Fi7
- Android
 - Suporte nativo do Android 13+
 - Samsung, Xiaomi e Motorola tem lançado o suporte em seus flagships
- Custo de chipsets compatíveis com Wi-Fi7 em tendência acentuada de queda.
- Há uma tendência significativa de que o Wi-Fi 7 ultrapasse — e até mesmo eclipse — o Wi-Fi 6/6E já no próximo ano.



Panorama Regulatório

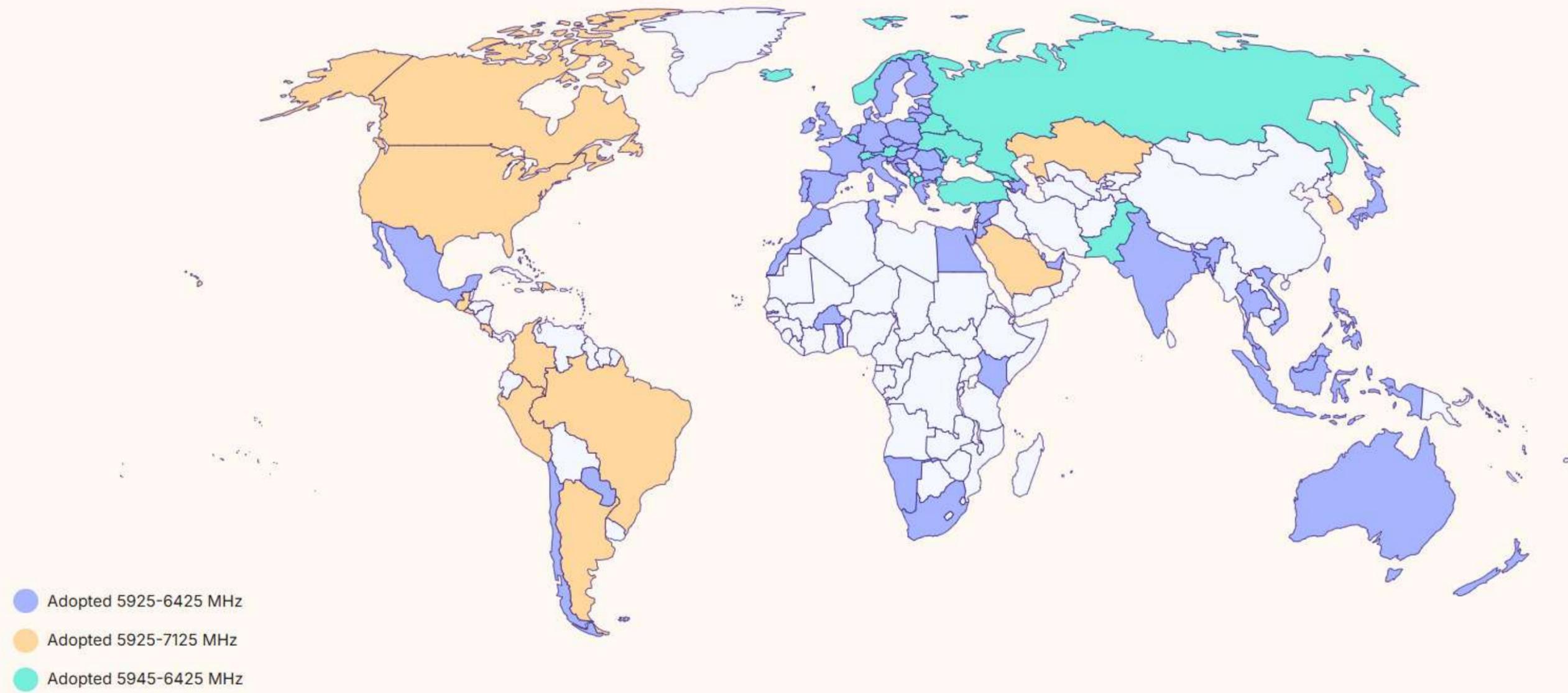
Panorama Geral 6Ghz

- Faixa Completa: 5925-7125 (1200Mhz)
- Status 2025 (proposto): 500 MHz não-licenciado | 700 MHz reservados para IMT/6 G.
- Decisões-chave: Liberação total em 2021 → Proposta de fatiamento pós-WRC-23.
- Impacto imediato: Reduz de 3 → 1 canais de 320 MHz, e 59 para 25 canais de 20Mhz para Wi-Fi 7.

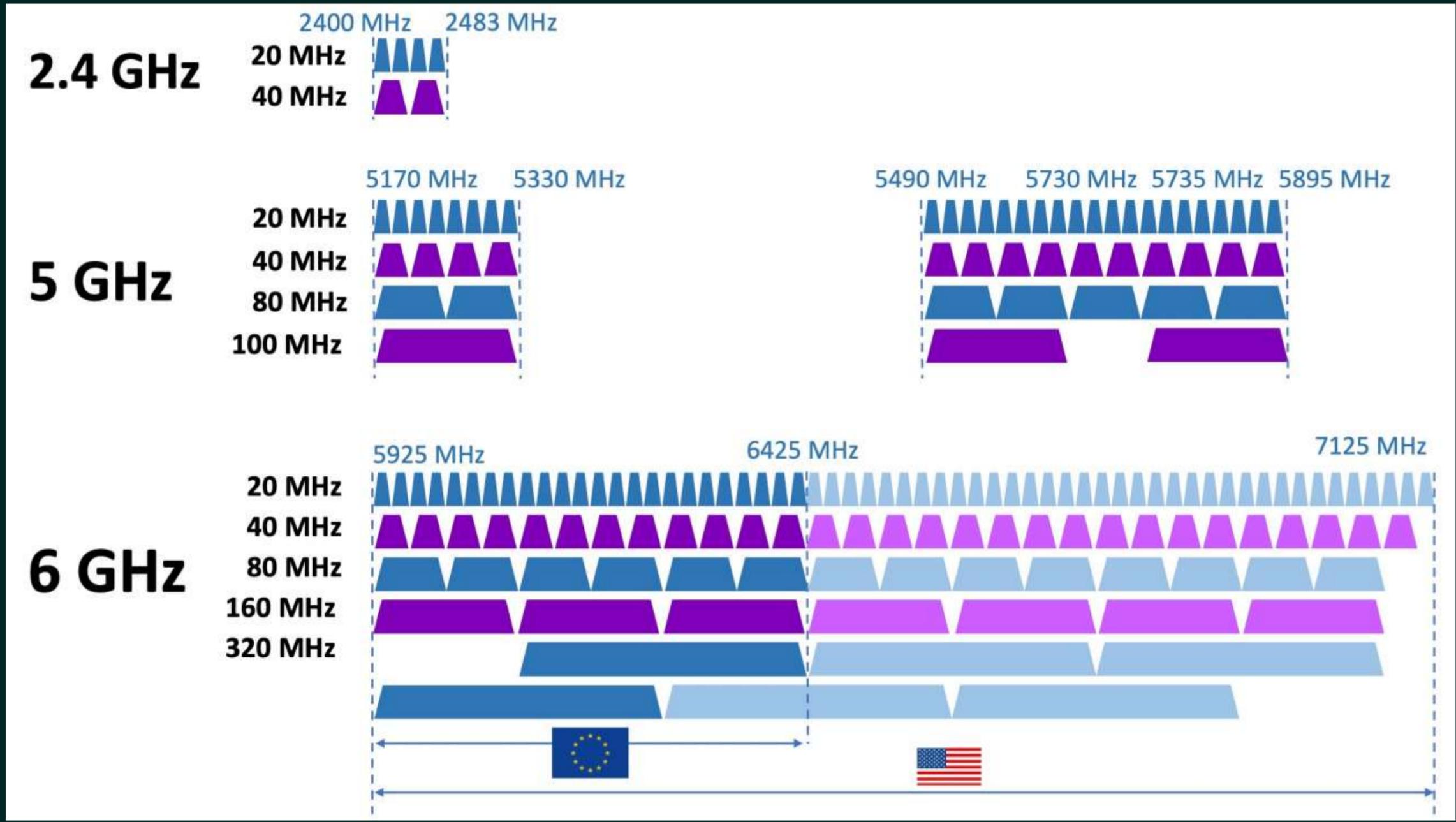
Linha do Tempo Regulatório

- Abr/2021: Ato 14 448 libera 6 GHz inteiro p/ Wi-Fi 6E.
- Ago/2022: Consulta CP 79/22 discute Wi-Fi outdoor & AFC.
- Jun/2023 – Reunião CITEC PCC.II: Brasil tenta proposta "No Change" (toda a banda para Wi-Fi) e perde apoio regional.
- Dez/2023 (WRC-23): pressão internacional por IMT no upper-6 GHz.
- Jan/2025 – Res. 772/25 aprova PDFF: 6 425–7 125 MHz identificados para IMT
- Fev/2025 – PDFF atualizado entra em vigor; porém Wi-Fi continua pleno até sair ato técnico.
- CP 29/2024 – contribuições encerradas em 6 ago 2024; Anatel analisa ato que limitará Wi-Fi a 5 925–6 425 MHz.

Panorama Geral 6Ghz



Canalização atual



Situação Técnica Indoor (Wi-Fi 6E/7)

- Indoor autorizado desde 2021, baixa potência(LPI com EIRP limitado a 30dBm), antena interna.
- Canais: até 320 MHz → 10 Gb/s, < 5 ms latência.
- VLP: dispositivos portáteis podem usar toda a banda.
- Dados da ABRINT indicam que 89 % do tráfego brasileiro passa por Wi-Fi.

Situação Técnica Outdoor & AFC

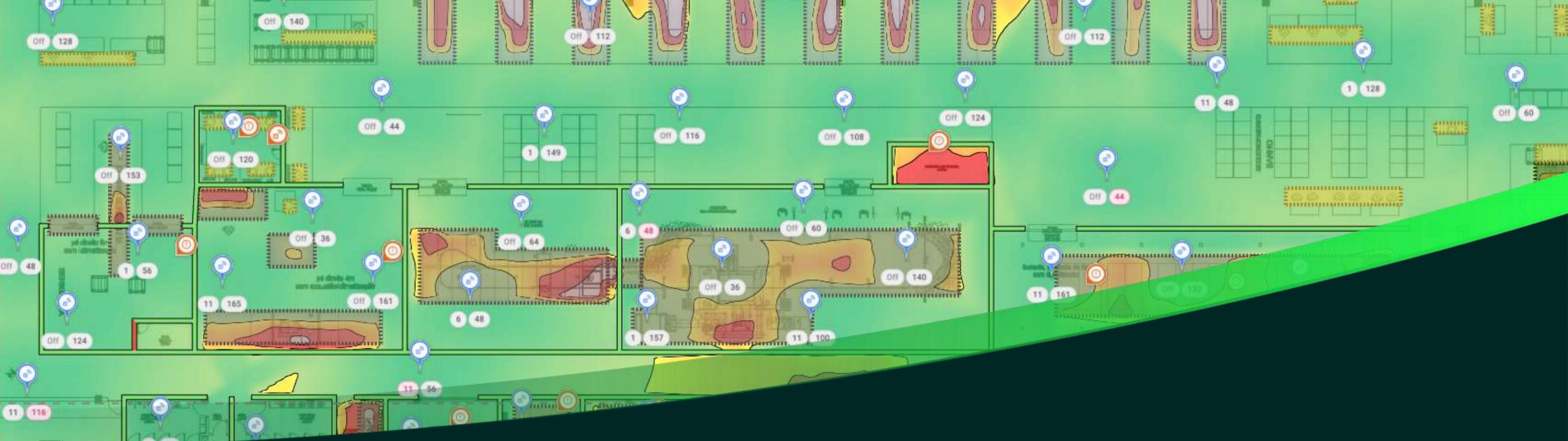
- Standard-Power em 6 GHz: essencial para uso externo (36 dBm EIRP), mas depende do AFC — ainda sem ato publicado. logo na prática não é permitido
- VLP (< 14 dBm EIRP): já permitido outdoor, mas alcance inferior a 10 metros ; não substitui Standard-Power.
- AFC (Automatic Frequency Coordination): protege enlaces fixos ponto-a-ponto e Satelital(FS/FSS); determina quais canais podem ser usados por APs outdoor.
- Brasil em atraso: CP 79/2022 encerrada; norma AFC segue pendente.
- Experiência internacional: EUA operam Wi-Fi 6E outdoor com AFC desde 2023.
- Pilotos no Brasil: Arint, DSA, Broadcom testam Open AFC com ISPs desde 2023 em SC e SP.

Adoção Wi-Fi 7, “6E natimorto”

- Wi-Fi 6E < 8 % das remessas globais de AP em 1T-25 (IDC) – mercado pulou para Wi-Fi 7.
- APs Wi-Fi 7 = 11,8 % das vendas corporativas 1T-25 (IDC).
- Pandemia COVID-19 (2020-22): falta de chips e gargalos logísticos atrasaram lançamentos 6E
- Por que o salto?
 - Chips 6E caros/escassos por conta da pandemia
 - foco da indústria no 802.11be, viu-se mais sentido financeiro já investir também no WiFi7
- Previsão: Wi-Fi7 superar 6E em unidades até jul/25 e crescimento agressivo com chips se aproximando dos custos de chips Wi-Fi6
- Wi-Fi7 com 6Ghz está com a curva de adoção mais agressiva na história da tecnologia.

Saturação 2,4/5 GHz

- 2,4 GHz: 80 MHz totais, altos níveis de ruído
- 5 GHz: 500 MHz, DFS, radares → uso já > 80% em grandes centros
- 6 GHz: 1200MHz totalmente livre, porém com o corte serão apenas 500Mhz também

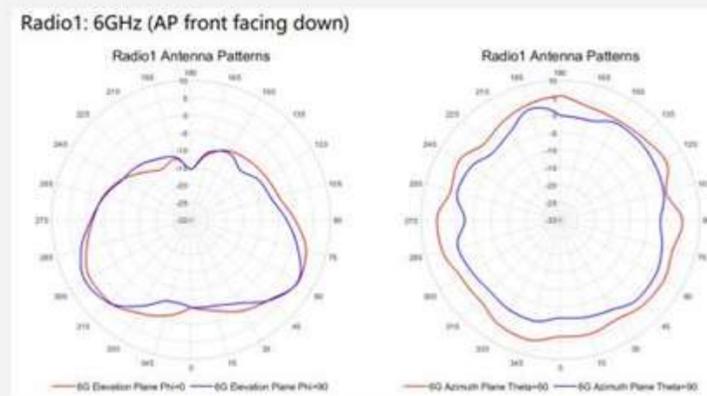


Planejando uma rede Wi-Fi7

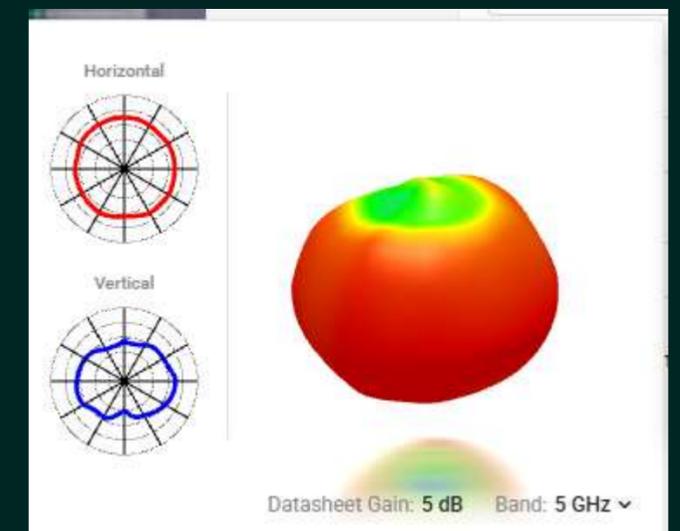
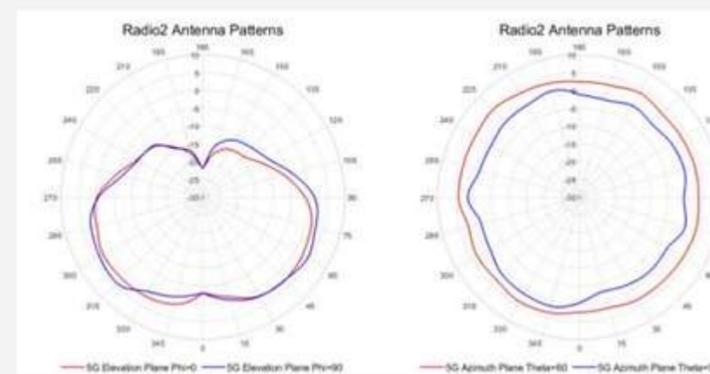
Padrões de propagação de APs

- Estude detalhadamente o Datasheet dos APs que pretende usar em seus projetos.
- Entenda os requisitos de potência e capacidade da porta de Uplink.
- Entender o diagrama de propagação dos APs evita erros crassos na hora de planejar e identificar os melhores locais para instalação.
- Alguns softwares como Hamina e o Ekahau renderizam os lóbulos de propagação de forma visual, ajudando a entender melhor como o sinal se comporta e ajudando a ter uma visualização mais “espacial” de como posicionar o AP mais adequadamente

Radio1: 6GHz (AP front facing down)



Radio2: 5GHz (AP front facing down)



A Importância do Survey Inicial

- A importância de começar do começo, entendendo os requisitos de performance e cobertura solicitados
- Solicite sempre as plantas baixas do local com a escala correta
- Conheça seu Território, invista em uma visita local antes de tudo.
 - **NUNCA FAÇA UM PROJETO WI-FI SEM CONHECER PREVIAMENTE O LOCAL**
 - Se uma visita in-loco for inviável de início, peça fotos e vídeos dos ambientes faça uma videochamada que mostre o ambiente com alguém que trabalha no local que conheça as necessidades de Wi-Fi. Não é necessário que esta pessoa seja técnica. Apenas alguém que tenha o mínimo de noção de **“onde sempre precisa ter sinal”**
 - Isso poderá acelerar algumas etapas do processo, **mas jamais dispense a visita técnica preliminar.**
 - Não pule etapas
 - Um projeto Wireless não pode ser feito de qualquer jeito, precisa ter atenção aos detalhes.

A Importância do Survey Inicial

- Use ferramentas de análise de RF no Discovery inicial:
 - Ekahau, Hamina, Netspot, Tamosoft Tamograph, iBwave, AirCheck, EtherScope, MetaGeek Chanalyzer, Oscium...
 - Além de verificar redes Wi-Fi existentes, Faça uma medição de interferência não-Wi-Fi(ex: Bluetooth, Microondas, Zigbee entre outras) em todas as frequências alvo (2.4,5 e 6Ghz)
 - mapeie previamente os locais quanto a interferências e outros possíveis problemas de cobertura.
 - Busque por fontes conhecidas de interferência, como roteadores antigos, Reatores eletrônicos de lâmpadas, Micro-ondas, telefones sem fio, dispositivos anti-furto. Fontes chaveadas e etc..
 - Esses são pontos de interferência que você precisa ter mapeados para tratar durante o projeto (remover, mitigar, não instalar os Aps próximos e etc..)

A Importância do Survey Inicial

- Use ferramentas de análise de RF no Discovery inicial:
 - Ekahau, Hamina, Netspot, Tamosoft Tamograph, iBwave, AirCheck, EtherScope, MetaGeek Chanalyzer, Oscium...
 - Além de verificar redes Wi-Fi existentes, Faça uma medição de interferência não-Wi-Fi(ex: Bluetooth, Microondas, Zigbee entre outras) em todas as frequências alvo (2.4,5 e 6Ghz)
 - mapeie previamente os locais quanto a interferências e outros possíveis problemas de cobertura.
 - Busque por fontes conhecidas de interferência, como roteadores antigos, Reatores eletrônicos de lâmpadas, Micro-ondas, telefones sem fio, dispositivos anti-furto. Fontes chaveadas e etc..
 - Esses são pontos de interferência que você precisa ter mapeados para tratar durante o projeto (remover, mitigar, não instalar os Aps próximos e etc..)

A Importância do Survey Inicial

- Ferramentas de Diagnóstico RF – Alternativas
 - Soluções abertas: uso de adaptadores RTL-SDR + GQRX/Osmocom(Linux)
 - Permitem escuta e análise de espectro RF de forma acessível
 - Perfil DIY: exigem conhecimento técnico e configuração manual



A Importancia do Survey Inicial



A Importancia do Survey Inicial

- Fazer um projeto Wi-Fi sem avaliar o ambiente de RF é como entrar em combate sem saber com quem se está lutando...
- A aquisição dessas ferramentas costuma ter um custo elevado. No entanto, em projetos maiores e mais complexos, trata-se de um investimento essencial para garantir a qualidade do resultado final.
- Ao escolher um integrador busque sempre exigir que possuam ferramental de análise de RF.

A Importancia do Survey Inicial

- Entenda a demanda dos usuários que precisam de cobertura.
 - **Mapeie as áreas críticas**(Alta densidade, Mobilidade[roaming] requerida, IoT)
- Confirme se os requisitos repassados são suficientes ou se estão subdimensionados(ou superdimensionados)
 - Verifique os requisitos de throughput, e confirme a necessidade
 - quanto maior o throughput, maior vai ser a necessidade de células menores para atingir o RSSI adequado nos terminais, o que significa + APs.
 - Verifique também se o tomador de decisão não está subestimando o perfil médio de tráfego dos terminais..

A Importancia do Survey Inicial

- Verifique expectativa de crescimento entre 3 a 6 anos.
- Mapeie a tecnologia dos terminais.
 - Mensure o tamanho do legado
 - Mapeie dispositivos que não poderão ter a tecnologia atualizada e dependerão de frequências como 2,4Ghz
- Entenda a densidade de usuários, documente questões críticas como, materiais de paredes, vidros, áreas de sombra

A Importancia do Survey Inicial

- Avalie locais viáveis que os APs podem ser fixados.
 - Pouco frustra mais do que descobrir, na instalação, que o ponto planejado é inviável. “É raro, mas acontece com frequência.”
 - Desconfie sempre que disserem: “Pode instalar em qualquer lugar”.
 - **Mapeie restrições de instalação, quer sejam estéticas ou de infraestrutura.**
 - Pense em um Access Point como uma lâmpada: você a instalaria em um canto escondido, fora do alcance dos olhos ou atrás de uma parede, onde a luz não alcança os ambientes?

Claro que não! O mesmo vale para um Access Point Wireless.
 - Instalação no teto, ou em posições elevadas nas paredes com altura entre 2,5 e 3 metros do piso
 - Obstruções físicas como Armários, equipamentos, Objetos metálicos

A Importancia do Survey Inicial

- Avalie a infraestrutura lógica atual.
 - Verifique se o cabeamento é certificado ou se é necessário investir também em cabeamento novo certificado
 - Verifique se há a necessidade de troca de Switches por modelos de maior capacidade PoE e Multi-Gigabit.
 - Cabeamentos CAT 5e e 6 se foram certificados, demandarão apenas recertificação e troca de switches.
 - Os padrões 2.5Gbps e 5Gbps(802.3bz) dão uma sobrevida aos cabos CAT5e e 6 pois foram desenvolvidos especialmente para esses cabos.
 - Cabeamentos em mal estado de conservação, deverão ser considerados a atualização no projeto.
 - Projetos com Wi-Fi7 muito provavelmente exigirão refresh em alguma parte da infraestrutura lógica
 - isso precisa ser devidamente alinhado com o tomador de decisão do projeto durante os escopos iniciais.

Mapeamento da tecnologia dos terminais

- Terminais muito antigos como PCs, Notebooks celulares e tablets, devem fazer parte do escopo do projeto a atualização para dispositivos com tecnologia mais nova. (pelo menos Wi-Fi 6 ou 6E)
 - Atualizar os APs sem atualizar os terminais, é como “colocar um motor de Ferrari em um Fusca”.
 - Não é uma obrigação imediata, mas todos os benefícios das tecnologias mais novas só serão sentidas se os clientes também forem compatíveis.
 - Dispositivos legados comprometem a performance da rede, e normalmente derrubam pela metade a capacidade do roteador a cada geração regredida.
 - Atualizações podem ser feita em alguns casos de forma mais econômica(especialmente PCs e notebooks) com adoção de Dongles USB ou Placas PCI-e.
 - Outros casos será necessária uma substituição completa.

Mapeamento da tecnologia dos terminais

- Dispositivos IoT como câmeras, impressoras e sensores por WiFi devem permanecer ao mínimo necessário.
 - Sempre priorizando estarem cabeados quando o dispositivo oferecer a opção.
 - com tecnologia wifi mais recente(há uma parcela considerável de dispositivos usando padrões b/g)
 - e em último do ultimo caso deixar na frequência 2.4Ghz
- O tomador de decisão deve ter ciência que a frequência de 2,4Ghz é uma frequência saturadíssima e que não deve ser considerada como uso de funções primárias da rede.

Antecipação de riscos

- Com base no Survey realizado localmente documente todas as questões críticas como:
 - Interferências
 - Obstruções não mapeadas mas suspeitas
 - Falta de pontos de ancoragem para os Aps
 - Falta de infraestrutura adequada(elétrica, rede e etc)
 - Necessidades de obras adicionais, como atualização de cabeamento, calhas, suportes, Racks, instalação e configuração de novos Switches...

Projeto de rede

- Se você seguiu as etapas anteriores, você terá uma boa documentação prévia que irá sustentar o resto do processo.
- As próximas etapas são
 - Fazer o Planejamento prévio de capacidade
 - Definir o alvo RSSI para cobertura do local para atender a performance requerida.
 - Fazer o Planejamento de Roaming
 - Posicionar os Aps nos locais adequados
 - Definir a infraestrutura física necessária para sustentar a operação dos Aps
 - Estruturar a configuração lógica necessária

Planejamento de capacidade

- Revise as anotações realizadas no Survey inicial
 - Anote na planta-baixa (imprima e não tenha vergonha de anotar)
 - Numero de dispositivos esperados por área.
 - Throughput médio por usuário
 - Expectativas de crescimento
 - Consolide também as anotações de interferências e obstruções, assim como restrições de instalação
 - Os locais onde haverão “facilidades” de instalação, e infraestruturas(racks, calhas, pontos de energia e etc)
 - Defina se o cabeamento comporta a atualização ou se será necessário atualizar o cabeamento

Definindo o Sinal alvo no projeto

- Com base nos requisitos, caso exista uma demanda de Throughput específica, faça os cálculos de modulação QAM necessária e o SNR necessário a ser mantido no local
- Sempre tente usar canais mais estreitos quanto seja possível para reduzir a interferência CCI e ACI e manter níveis de SNR mais ideais.
- Exemplos de calculo de sinal mínimo desejável
 - Alta densidade: 10~20 Mbps por usuário
 - Aplicações “pesadas” :100Mbps por usuário
 - Aplicações “Super pesadas” : 200Mbps por usuário
 - Extremos(máximo do Wi-Fi7):2Gbps por usuário

Definindo o Sinal alvo no projeto

- Alta densidade: 10~20 Mbps por usuário (Vamos assumir 20Mbps)
 - Assumindo ~70% de eficiência, o PHY é $20/0.7 \approx 28.5$ Mbps.
 - Vamos buscar na tabela <https://mcsindex.net/> o MCS com valor maior que ≥ 28.5 Mbps.
 - Considere Wi-Fi 7 (802.11be), 20 MHz, RU 242, GI 0,8 μ s, 1 SS
 - O primeiro MCS ≥ 28.5 Mbps é o MCS 3 (16-QAM $1/2$, ≈ 34 Mbps)
 - SNR típico para MCS 3: 16–18 dB (usaremos 18 dB)
 - Vamos calcular o nível mínimo de sinal
 - Ruído térmico: $N = -174 \frac{dBm}{Hz} + 10 \log_{10} (20 \times 10^6 Hz) = -174 + 73 \approx -101 dBm$
 - Noise floor(ruido de fundo) : Vamos¹ usar 6dB \rightarrow piso efetivo = $-101+6 = -95$ dBm.
 - Potencia mínima
 - $P_{RX}(\min) = N + SNR = -95 dBm + 18 dB = \underline{\underline{-77 dBm}}$

¹recomenda-se usar os valores médios aferidos durante o primeiro Survey no local.

Definindo o Sinal alvo no projeto

- Aplicações “pesadas” :100Mbps por usuário
 - Assumindo ~70% de eficiência, o PHY é $100/0.7 \approx 143$ Mbps.
 - Vamos buscar na tabela <https://mcsindex.net/> o MCS com valor maior que ≥ 143 Mbps.
 - Considere Wi-Fi 7 (802.11be), 20 MHz, RU 242, GI 0,8 μ s, 1 SS
 - O primeiro MCS ≥ 143 Mbps é o MCS 11 (1024-QAM 5/6 ≈ 143.4 Mbps) (no limite do 20Mhz)
 - SNR típico para MCS 11: 33~35 dB (usaremos 35 dB)
 - Vamos calcular o nível mínimo de sinal
 - Ruído térmico: $N = -174 \frac{dBm}{Hz} + 10 \log_{10} (20 \times 10^6 Hz) = -174 + 73 \approx -101 dBm$
 - Noise floor(ruido de fundo) : Vamos¹ usar 6dB \rightarrow piso efetivo = $-101+6 = -95$ dBm.
 - Potencia mínima
 - $P_{RX}(\min) = N + SNR = -95 dBm + 35 dB = \underline{\underline{-60 dBm}}$

¹recomenda-se usar os valores médios aferidos durante o primeiro Survey no local.

Definindo o Sinal alvo no projeto

- Aplicações “Super pesadas” :200Mbps por usuário
 - Assumindo ~70% de eficiência, o PHY é $200/0.7 \approx 286$ Mbps.
 - Vamos buscar na tabela <https://mcsindex.net/> o MCS com valor maior que ≥ 286 Mbps.
 - Neste caso canal de 20Mhz será insuficiente precisaremos usar canal de 40Mhz
 - Considere Wi-Fi 7 (802.11be), 40 MHz, RU 484, GI 0,8 μ s, 1 SS
 - O primeiro MCS ≥ 286 Mbps é o MCS 11 (1024-QAM 5/6 ≈ 286.6 Mbps)
 - SNR típico para MCS 11: 33~35 dB (usaremos 35 dB)
 - Vamos calcular o nível mínimo de sinal
 - Ruído térmico: $N = -174 \frac{dBm}{Hz} + 10 \log_{10} (40 \times 10^6 Hz) = -174 + 76 \approx -98 dBm$
 - Noise floor(ruido de fundo) : Vamos¹ usar 6dB \rightarrow piso efetivo = $-98+6 = -92$ dBm.
 - Potencia mínima
 - $P_{RX}(\min) = N + SNR = -92 dBm + 35 dB = \underline{\underline{-57 dBm}}$

¹recomenda-se usar os valores médios aferidos durante o primeiro Survey no local.

Definindo o Sinal alvo no projeto

- Aplicações Extremas :2Gbps por usuário
 - Assumindo ~70% de eficiência, o PHY é $2000/0.7 \approx 2860$ Mbps.
 - Vamos buscar na tabela <https://mcsindex.net/> o MCS com valor maior que ≥ 2860 Mbps.
 - Neste caso canais de 20,40,80 e 160 Mhz serão insuficientes precisaremos usar canal de 320Mhz
 - Considere Wi-Fi 7 (802.11be), 320 MHz, RU 4x996, GI 0,8 μ s, 1 SS
 - O primeiro MCS ≥ 2860 Mbps é o MCS 13 (4096-QAM 5/6 ≈ 2882.4 Mbps)
 - SNR típico para MCS 13: 35~37 dB (usaremos 37 dB)
 - Vamos calcular o nível mínimo de sinal
 - Ruído térmico: $N = -174 \frac{dBm}{Hz} + 10 \log_{10} (320 \times 10^6 Hz) = -174 + 85 \approx -89 dBm$
 - Noise floor(ruido de fundo) : Vamos¹ usar 6dB \rightarrow piso efetivo = $-89+6 = -83$ dBm.
 - Potencia mínima
 - $P_{RX}(\min) = N + SNR = -83 dBm + 35 dB = \underline{\underline{-48 dBm}}$

¹recomenda-se usar os valores médios aferidos durante o primeiro Survey no local.

Definindo o Sinal alvo no projeto

- Com o RSSI aproximado definido, temos nosso ponto de partida para seguirmos com as demais etapas de posicionamento dos Aps.
 - Alta densidade: 10~20 Mbps por usuário = -77dBm
 - Aplicações “pesadas” :100Mbps por usuário = -60dBm
 - Aplicações “Super pesadas” : 200Mbps por usuário = -57dBm
 - Extremos(máximo do Wi-Fi7):2Gbps por usuário = - 48dBm

Planejamento de Roaming

- Por que planejar roaming?
 - Roaming \neq cobertura; foco em continuidade de serviço (voz, vídeo, IoT)
 - Clientes mudam de BSS a cada 3–10 s em ambiente corporativo \rightarrow hand-off precisa < 50 ms
 - Sticky clients e uplink fraco são as principais causas de queda de throughput e jitter
 - Meta típica: > 95 % dos hand-offs com RSSI ≥ -70 dBm e PER < 1 %

Planejamento de Roaming

- Simetria do link AP ↔ Cliente
 - Clientes transmitem 12–18 dBm; AP indoor consegue 23–30 dBm
 - Assimetria = ACK perdido → retransmissões, airtime desperdiçado, roaming tardio
 - Regra de bolso: $T_x(\text{AP}) \leq T_x(\text{cliente}) + 3 \text{ dB}$
 - Reduzir potência do AP \approx “calibrar o megafone” para conversar no mesmo volume

Planejamento de Roaming

- Cálculo rápido de RSSI de corte e potência
 - Alvo de throughput: -57 dBm
 - Margem de roaming: -11 dB \rightarrow RSSI de corte = -68 dBm
 - Medida de perda de percurso até -68 dBm: 81 dB
 - Cliente Tx: 15 dBm \rightarrow AP Tx ideal ≈ 13 dBm
 - Sobreposição de células: $10-20$ % no contorno -68 dBm

Planejamento de Roaming

- Configurações recomendadas
 - Tx power
 - 6 GHz: 8–12 dBm
 - 5 GHz: 10–13 dBm
 - 2,4 GHz: ~6 dB menor
 - RSSI mínimo de associação: –78 dBm
 - RSSI de desassociação (reject): –82 a –85 dBm
 - Desabilitar data rates legadas (1, 2, 5,5 Mb/s) em 2,4 e 5 GHz
 - Ativar: 802.11k, 802.11v, 802.11r
 - Usar band steering e preferência por 5 GHz e 6 GHz

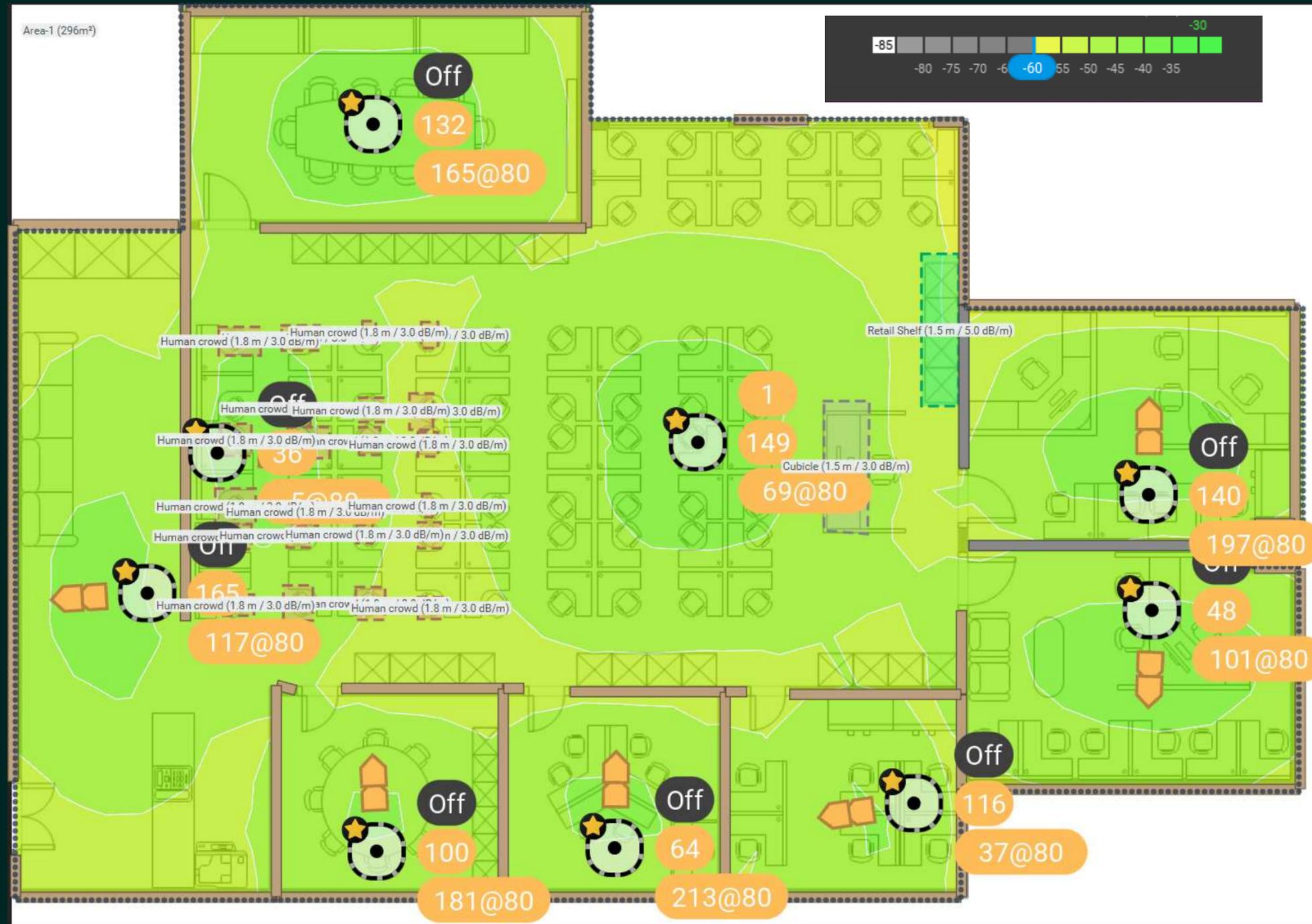
Posicionamento dos APs

- Evite erros comuns de posicionamento
 - Posicionar AP dentro de armários ou forros fechados
 - APs excessivamente próximos ou Longe
 - Ignorar as recomendações das ferramentas de Survey
 - Usar Potência excessivamente alta
 - Desconsiderar Roaming (considerar áreas de transição com sinal com pelo menos -65 a -70 dBm)

Posicionamento dos APs

- Evite erros comuns de posicionamento
 - Não considerar interferência externa
 - Posicionar APs em locais próximos a espelhos e metais
 - Posicionar APs longe das áreas de uso real
 - Usar o Mesmo canal em todos os APs
 - Não seguir o diagrama de radiação do AP ou das Antenas(caso tenha antenas externas)
 - Não avaliar possíveis alternativas para posicionamento de APs

Projetando na prática



Definindo infraestrutura de Sustentação

- Com base no Planejamento executado nas ferramentas, já teremos um posicionamento prévio dos AP's
 - Definir
 - Se existir um cabeamento de uma infra Wi-Fi atual, se o mesmo suporta a instalação dos novos APs
 - **Cabeamentos CAT 5e e 6 se certificados podem e devem ser reaproveitados com o uso de padrões 2.5Gbps e 5Gbps (802.3bz) para redução do CAPEX.**
 - Instalação de novos cabeamentos (mínimo CAT 6 ou superior) para conexão dos AP's
 - Locais(nós) onde podem ser instalados novos Switches(reaproveitando infra atual ou não) para alimentação/Conexão dos APs.

Definindo infraestrutura de Sustentação

- Quantidade de portas de switch necessárias para atender os APs mais margem de expansão.
- Mapear na planta onde poderão ser ligados os APs e definir quantos APs ficarão ligados em cada ponto
 - Cuidar para não ultrapassar 100M de extensão do cabeamento.
- Feito esse mapeamento, definir Capacidade de switches a serem alocados em cada nó.
- Na definição de switches, considerar
 - Quantidade de APs que serão conectados
 - Potência média dos APs (em média de 31~41W)
 - Capacidade PoE requerida do Switch para atender a quantidade de APs conectados.
 - Padrão de Porta considerar no mínimo padrões multi-Gigabit (2.5, 5 e 10Gbps)

Definindo Lista de materiais

- Com base no que foi levantado anteriormente, defina os quantitativos de materiais
 - Quantidade de APs de cada modelo proposto a ser utilizado no projeto
 - Considere uma margem entre 5 a 10% para eventuais reposicionamentos e substituições
 - Quantidade de Switches PoE ++(802.11bt)
 - Quantidade de controladoras e licenciamento necessário(se aplicável)

Definindo Lista de materiais

- Transceivers e cordões ópticos se houver infraestrutura no local
- Cabeamentos de cobre, patch-panels, patch-cords
- Racks, Nobreaks e afins se não houver infraestrutura prévia.
- Soluções interinas para atualização de dispositivos
 - Adaptadores USB Wi-Fi 6/6E/7
 - Placas PCIe Wi-Fi7
- Indicações para trocas dos dispositivos mais antigos

Arquitetura de Rede

- Gerenciamento Local (Controladora) x Cloud
 - Controladoras são mais indicadas em cenários com alta densidade de APs em um mesmo site.
 - Cloud costuma ser mais atraente em cenários com poucos APs em um ou mais sites distribuídos.
- Dimensionamento de Controladora(Número de APs x Usuários simultâneos)
 - Alta disponibilidade(HA ativo-ativo ou Ativo-Standby)
 - Algumas soluções permitem configurar um modo “sobrevivência” dos APs em caso de falha da controladora, porém precisa ser configurado no provisionamento da controladora.
 - Plano de dados
 - Tunelado (Tráfego passa sempre pela controladora para maior controle de conteúdo)
 - Distribuído (tráfego sai do ap e é comutado localmente na infra)
 - Licenciamento
 - AAA

Definições de Segurança

- Adoção do WPA3 Enterprise
- 802.1x e EAP-TLS
- Evite PSK tanto quanto for possível. “segredo quando envolve mais de uma pessoa já é fato público”.
- Segmentação de tráfego por Vlans
 - Defina os grupos de acesso e suas políticas de acesso e separe cada um em uma vlan específica.
- WIPS/WIDS/PMF para proteções de RF
 - Considere sempre ativar essas proteções
- Controle de convidados e redes IoT
 - Em IoT avalie a possibilidade de usar autenticação WPA2 PPSK/MPSK que gera chaves exclusivas para cada device, soluções mais robustas já oferecem essa possibilidade.
- Política BYOD segura.

Dimensionamento de SSID's

- Menos é mais
- Muitos SSID's reduzem o airtime, Elevam o Overhead MAC e roubam eficiência espectral.
- Uso inteligente de SSID's (2 a 4 no máximo)
 - Rede corporativa (com autenticação forte, ex: 802.1X e EAP-TLS)
 - Rede BYOD (quando for estritamente necessária)
 - Rede Visitantes (usando Enhanced Open com portal cativo e isolamento de usuários)
 - Rede IoT (com PPSK ou PSK dedicado e vlan isolada.)
- Segmentação Baseada em identidade por VLAN dinâmica (802.1x)
- Priorize a conexão em massa dos dispositivos nas rede 5 e 6Ghz
- Evite o uso e mantenha a rede 2.4Ghz preferencialmente Oculta e exclusiva para IoT e dispositivos legados
 - É comum em cenários com maior densidade de APs, desligar o Rádio 2.4 de alguns aps.

Configurações

- Defina a topologia L2/L3 a ser usada de acordo com as boas práticas de redes
 - Sempre separe a VLAN de controle(Gerencia) das demais VLANs de tráfego
- Configure SSIDs, autenticações e segmentações necessária
 - SSID Corp → 802.1X (EAP-TLS/PEAP) + WPA3-Enterprise
 - SSID Guest → Enhanced Open + User isolation + Captive Portal → Vlan dedicada +ACL/FW L3
 - SSID IoT → WPA2 PPSK → VLAN dedicada + ACL/FW L3
- Considere aplicar Limites de banda para cada cliente conectado
 - Garante maior estabilidade da rede contra os Heavy Users

Configurações

- Configure as ACLs de acordo com as políticas da empresa.
 - Verifique sempre bloqueios entre-usuários, vlans e serviços sensíveis
- Configure as Vlans nos Switches e valide os cenários de configuração de VLAN dinâmica
 - Cheque Atributos IETF 64/65/81 no RADIUS para atribuir VLAN por perfil
- Atualize os firmwares dos dispositivos para a ultima versão.

Configurações

- Faça as configurações de Radio e performance conforme as orientações dos slides anteriores
 - Atente-se a Banda, Canal, Recursos(OFDMA,MIMO, TWT...)
 - Aplique as configurações de acordo com o site-survey
 - Priorize simetria de transmissão entre terminais e APs
 - Canais mais estreitos quanto forem possíveis de acordo com a demanda de Throughput
 - Desabilite taxas legadas
 - 1/2/5.5/11Mbps fortemente recomendável desabilitar
 - 12 Mbps Opcional
 - Confirme se o preamble puncturing está ativo(Wi-Fi7)

Configurações

- Habilite as funções de monitoramento de RF e Rogue AP
 - WIPS/WIDS
- Sincronização de tempo (NTP)
 - Certifique-se que os equipamentos estão na timezone correta
 - Certifique-se que os equipamentos possuem um servidor NTP confiável (ntp.br)
 - Garanta a sincronia entre Radius, Controladoras, Servidor de Syslog, Monitoramento(Zabbix e etc)
- Integre a sistemas de gerenciamento

Configurações

- Integre aos sistemas de monitoramento
 - Syslog,
 - SNMP
 - NMS
- Configure e valide esquemas de backup e resiliência da infraestrutura.
- Valide integrações com sistemas terceiros
 - Teste autenticação RADIUS \rightleftharpoons LDAP/AD e verifique atribuição de políticas dinâmicas

Documentação

- Importância da Documentação
 - Evita retrabalhos e garante padronização
 - Facilita o suporte, a Expansão e auditoria
 - Documentação é parte do projeto, Não um extra.

Documentação

- O que a documentação técnica deve incluir?
 - Manuais de operação
 - Procedimentos de uso, gestão e boas práticas
 - Plano de backup e restauração
 - Garantia de um plano de disaster recovery
 - Políticas de atualização de firmware
 - Fallback e contingências.
 - O que fazer em casos de falha e como mitigar temporariamente.

Documentação

- Documentação Visual
 - Diagramas L2/L3
 - Topologia lógica e física da rede
 - Ajuda para identificação de problemas
 - Cobertura RF
 - Heatmaps, Zonas de sombra e capacidade por área

Documentação

- Documentação Visual
 - Diagramas L2/L3
 - Topologia lógica e física da rede
 - Ajuda para identificação de problemas
 - Cobertura RF
 - Heatmaps, Zonas de sombra e capacidade por área



Implantando uma rede Wi-Fi7

Instalação por Etapas

- Valide toda a configuração em bancada com uma amostra dos itens selecionados
 - Busque avaliar uma amostra de cada dispositivo que costuma se conectar a rede
 - Valide se as autenticações irão funcionar conforme o esperado
 - WPA3 pode não funcionar de primeira, exigindo atualizações dos terminais
 - Cheque as integrações com a rede existente
 - RADIUS, AD/LDAP, VLANs dinâmicas, ACLs, firewalls, NAC
- Homologue todas as funções em bancada, resolva incompatibilidades antes da adoção em massa.
 - Simule diferentes perfis de acesso(funcionário com diferentes permissões, convidado, IoT)
- JAMAIS MISTURE TECNOLOGIAS DE Wi-Fi NA MESMA ÁREA. (7/6/5)

Instalação por Etapas

- Após homologação em bancada escolha uma área menos crítica da empresa e faça uma instalação provisória
 - Siga em operação assistida
 - Valide a cobertura das frequências se estão dentro do design original
 - Registre o mapa de calor com as ferramentas de RF
 - Faça testes de carga, aferindo a performance real.
 - Valide o Roaming entre APs e bandas
 - Monitore a autenticação e revise alertas e logs
 - Mantenha mente aberta, vários ajustes podem ser necessários nesta etapa.

Survey Pré-instalação

- Após homologação definitiva, inspecione os locais de instalação definitiva
 - Verificação de pontos de fixação (forro, parede, mastro)
 - Passagem de cabeamento e fixação física
 - Ponto de energia PoE ou fonte externa
 - Alinhamento e orientação das antenas (se aplicável)
 - Validação visual e física das instalações

Instalação Definitiva

- Após homologação em ambiente menos crítico, siga para as demais áreas
- Faça as obras necessárias para dar sustentação a operação
 - Calhas, racks, cabeamentos e etc.
- Instale os APs conforme o Projeto, evite reposicionamentos de ultima hora.

Survey Pós instalação

Validação Final da Cobertura

- Refaça o Survey da área completa após a instalação
 - Compare a cobertura medida com o projeto preditivo
 - Lembre-se: o planejamento preditivo nem sempre é 100% preciso.
 - Mapeie as áreas onde pode haver necessidade de APs adicionais.
 - Evite “aumentar a potência” de APs próximos para compensar possíveis zonas de sombra
 - Gere o mapa de calor pós-instalação para documentação técnica



Operando e Mantendo uma rede Wi-Fi7

Rede Wi-Fi como um organismo vivo

- Requer atenção contínua e ajustes proativos
- Ambientes mudam, demandas aumentam
- Redes Wi-Fi abandonadas viram fontes de problemas

Como as Novas Capacidades do Wi-Fi 7 Impactam a Operação

- MLO exige atenção na associação e balanceamento de links
- Gestão de espectro mais complexa com canais de até 320 MHz
- Escolha de banda (2.4 / 5 / 6 GHz) deve ser adaptativa e baseada em ambiente
- Análise mais granular do desempenho: um cliente pode usar múltiplas bandas
- Compatibilidade mista: coexistência com Wi-Fi 5/6 ainda é um desafio

Monitoramento Inteligente e Proativo

- Monitorar não é só coletar dados — é entender o comportamento da rede
 - Métricas-chave: SNR, Airtime, Retry Rate, Throughput real
 - Dashboards com alertas e insights acionáveis
 - Visão por cliente, por AP e por ambiente
 - Ferramentas devem refletir a experiência do usuário
 - Monitoramento contínuo → ação rápida → estabilidade

Gestão Ativa dos Clientes Conectados

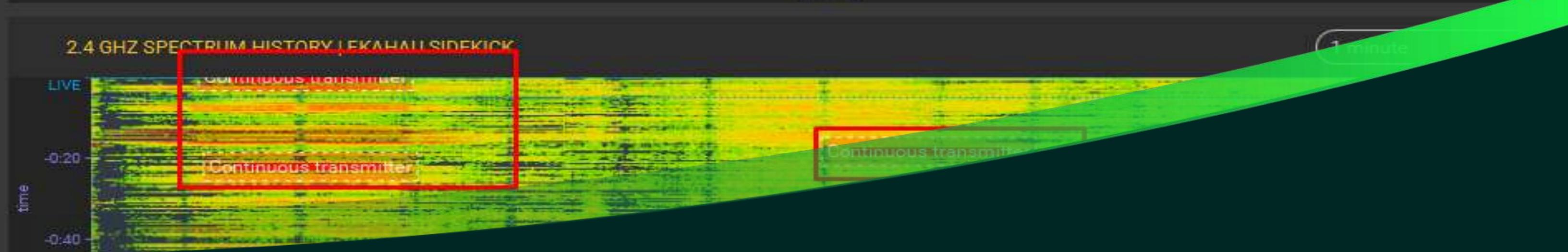
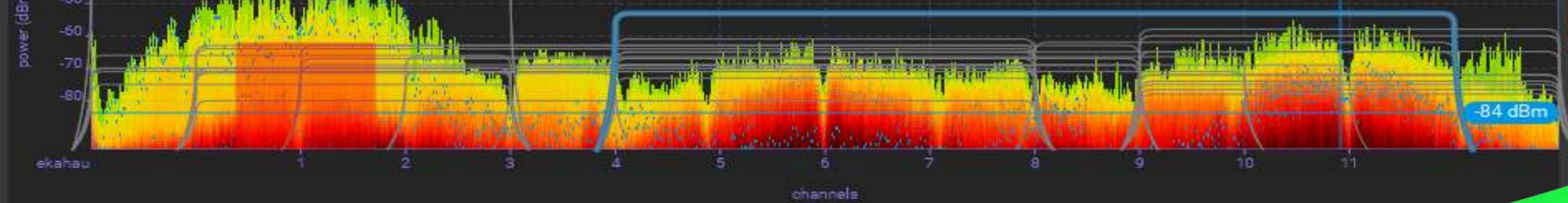
- A experiência do cliente começa nas decisões que a rede toma por ele
 - Band Steering inteligente e adaptativo
 - Load balancing com base em qualidade de sinal e capacidade do AP
 - Desconexão automática de clientes problemáticos
 - Thresholds dinâmicos para roaming e reassociação
 - BSS Coloring ajuda a reduzir interferência em ambientes densos

A rede que não evolui... envelhece mal

- Atualizações frequentes de firmware e segurança
- Revalidação periódica da cobertura (heatmaps)
- Testes de roaming e latência com dispositivos reais
- Revisão de canais, potência e alocação de APs conforme mudanças no ambiente
- Planejamento de capacidade com base em crescimento real de tráfego

Redes Wi-Fi 7: Vivas, Inteligentes e em Constante Evolução

- Operar é mais que instalar: é acompanhar, entender e agir
- Monitoramento e manutenção precisam ser parte da rotina
- Ferramentas certas + decisões proativas = alta performance
- Uma rede bem cuidada entrega experiência — não só conectividade



Troubleshooting de redes Wi-Fi

Antes de tudo: Onde dói?

- Ouça a queixa → “não conecta”, “tá lento”, “cai”
- Traduza em hipótese técnica → Autenticação? SNR? RSSI?
- Escolha a ferramenta certa já no primeiro minuto
- Defina critério de sucesso (ex.: < 5 % retries; SNR > 25 dB)

3 Dores, 3 caminhos

Sintoma	Fluxo técnico	Métrica-chave	Ferramenta recomendada
Não conecta	Verificar DHCP (sem ACK) ou autenticação 802.1X (EAP-Fail)	DHCP ACK ausente ou EAP-Failure	Wireshark / tcpdump / NetAlly AirCheck
Tá lento	Avaliar camada física (SNR) e uso do canal (Airtime)	SNR < 20 dB Airtime > 80 %	Ekahau Analyzer / wavemon / WiFi Analyzer (Android)
Cai / Roaming	Observar RSSI no hand-off e tempo de associação entre APs	RSSI < -70 dBm ou hand-off tardio	EtherScope nXG / Kismet / WLC logs

Ferramentas Profissionais

Categoria	Ferramenta	Destaque / Uso-chave
Analyzer portátil	NetAlly AirCheck G3	Teste DHCP, ping & throughput em 30 s
Site Survey & Heatmap	Ekhau Sidekick 2 + AI Pro	Medição simultânea 2.4 / 5 / 6 GHz, mapas de calor
Planejamento & Live Survey	Hamina Network Planner	Cloud-based, já simula Multi-Link Operation
Espectro RF	Wi-Spy DBx + Chanalyzer	Visual “waterfall” — detecta micro-ondas, BLE etc.
Roaming debug	NetAlly EtherScope nXG	Loga cada hand-off e mede tempo de troca

Alternativas Gratuitas

Função	Ferramenta FOSS / Free	Comando / Dica Rápida	Sistema
SNR & retries em tempo real	wavemon	sudo wavemon	Linux
Scanner GUI de canais	linssid	Interface Qt	Linux
Captura de pacotes	tcpdump + Wireshark	tcpdump -I -i wlan0 -w out.pcap	Linux / Win / macOS
Sniffer + IDS	Kismet (GPLv2)	UI web	Linux / RPi
Heatmap básico	NetSpot Free, Acrylic Home	Importa planta, anda e mede	Win / macOS
Espectro DIY	Spectools + RTL-SDR	< US\$30 dongle	Linux
Diagnóstico móvel	WiFi Analyzer (Android)	Gráfico de canal e SNR	Android
Comando nativo macOS	airport -s	Lista RSSI, ruído, canal	macOS
Comando nativo Windows	netsh wlan show interfaces	Sinal, Tx/Rx rate, canal	Windows

Métrica ruim? Ação direta

Cenário	Métrica crítica	Ação rápida
Não conecta (DHCP)	Sem DHCP ACK	Teste em SSID/VLAN isolada
Falha 802.1X	EAP-Fail em Wireshark	Validar RADIUS, certificado ou chave PSK
SNR baixo	SNR < 20 dB	Reduzir potência do AP vizinho (-3 dB)
Airtime alto	Airtime > 80 %	Reduzir largura do canal (ex: 80 → 40 MHz)
RSSI em roaming ruim	RSSI < -70 dBm no hand-off	Ajustar thresholds de roaming (-67 → -70 dBm)
Interferência 2.4 GHz	Duty cycle alto / espectro sujo	Migrar clientes para 5 GHz ou 6 GHz

O que evitar para não perder tempo (ou piorar)

Erro	Consequência
Testar 5 coisas ao mesmo tempo	Não saber o que resolveu
Ignorar o ambiente físico (barreiras, layout)	Diagnóstico incompleto
Confiar só no "signal strength"	Perder problemas de ruído, airtime
Não medir antes e depois	Sem KPI, sem aprendizado
Alterar configuração em produção sem rollback	Pode piorar a situação

Operar Wi-Fi não é mais reagir: é entender, medir e agir

- Toda rede Wi-Fi saudável é fruto de observação constante
- Troubleshooting eficiente é repetível e baseado em dados
- Ferramentas profissionais e open source entregam valor quando bem aplicadas
- O que não se mede, não se melhora — e o que não se documenta, se repete



Futuro do Wi-Fi



Wi-Fi 8

- Padrão 802.11bn, codinome UHR(Ultra High Reliability)
- Já em discussão pelo grupo de trabalho 802.11 da IEEE
- Há a expectativa que o padrão seja finalizado em meados de 2028
- Não deverá focar em grandes taxas de transferência, tendo a tendencia de manter o mesma taxa do Wi-Fi7
- Deverá focar mais em confiabilidade



Wi-Fi 8

- Multi-AP Coordination (APs trabalhando em conjunto, mesmo sem controladoras)
 - Co-BR(Beamforming coordenado)
 - Co-SR (Reutilização espacial coordenada)
 - Multi-AP Joint Transmission e Roaming aprimorado
 - Aprimoramento de detecção de interferências e ajustes automáticos.



Wi-Fi 8

- MLO Aprimorado
 - DSO(Operação dinâmica de subcanal)
 - NPCA (Non-Primary Channel Access)
 - dRU(Distributed Resource Units)



Wi-Fi 8

- Aprimoramento do MCS com novos degraus de modulação intermediários
 - Modulações intermediárias entre os valores atuais
- Aprimoramentos no LDPC, visando maior resiliência em cenários de ruído severo.
- Aprimoramento do consumo de energia



intelbras

Surpreender é
nossa tecnologia

Deixe a nossa tecnologia
te surpreender!

Saiba mais

