



Graduação Tecnológica em Redes de Computadores

Infraestrutura II – Rede Wireless

Euber Chaia Cotta e Silva
euberchaia@yahoo.com.br



Graduação Tecnológica em Redes de Computadores

Unidade II – Tecnologias (WWAN, WMAN, WPAN, WLAN), Principais Elementos, Ruído, Múltiplo Acesso (FDMA, TDMA, CDMA, SDMA) e Espalhamento de Sinal (FHSS, DSSS, OFDM)

Euber Chaia Cotta e Silva
euberchaia@yahoo.com.br

Classificação das Redes Sem Fio

- Redes Infra-estrutura (ou estruturadas):
 - WWAN: Redes celulares
 - WRAN: Super Wi-Fi
 - WMANs: WiMax
 - WLANs: Wi-Fi
- Redes Ad hoc (“ad hoc”- *latin*, “para este propósito”)
 - WLANs
 - WPANs: Bluetooth, ZigBee, IrDA, ...
 - Redes de Sensores

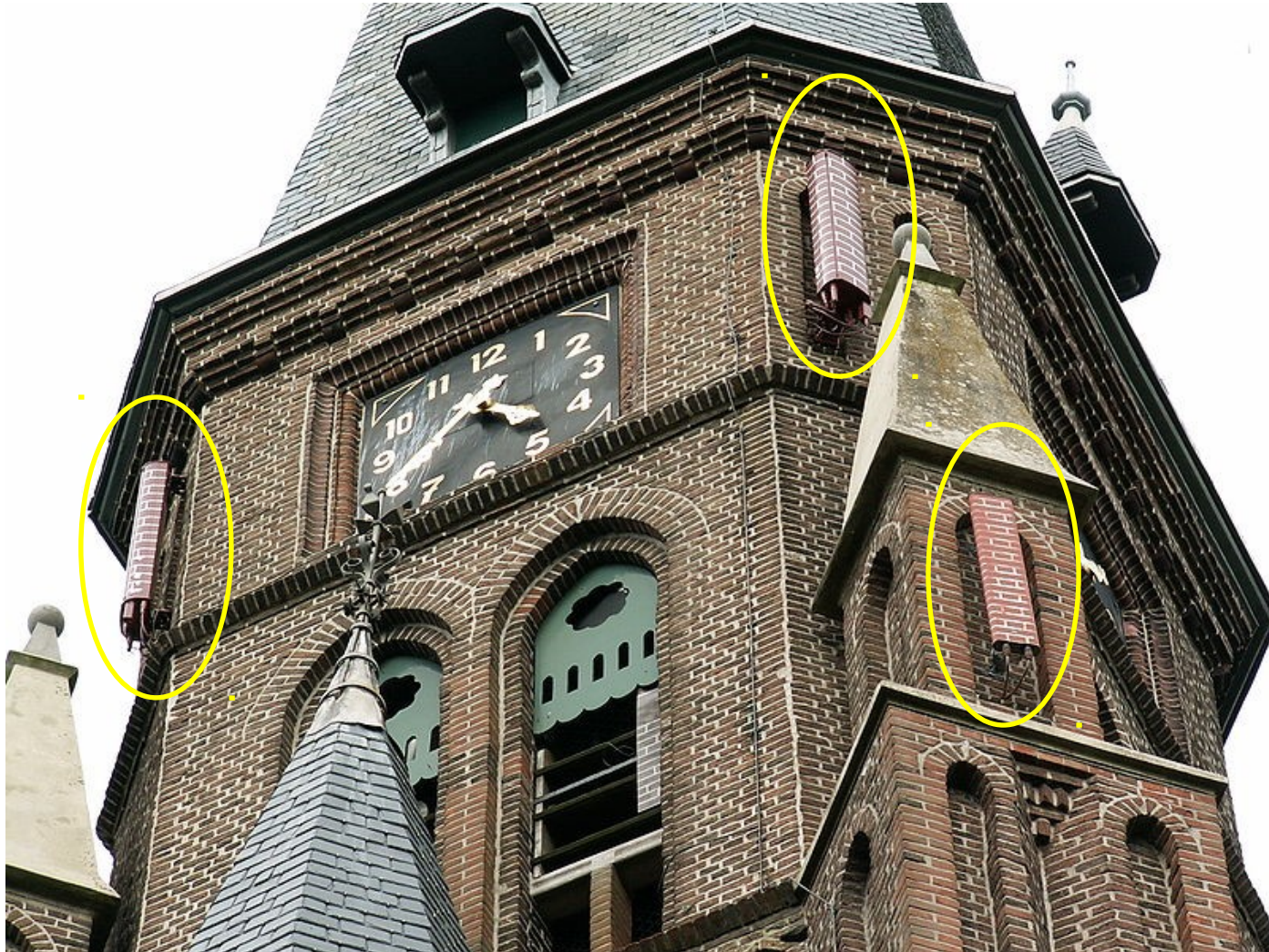
Redes infraestrutura

Principais elementos

- Pontos de Acesso, Estações Base - BS (AP, ERB – BTS - Node B - eNB , ...):
 - transmissor/receptor + antena + amplif. de sinal + ...
- Unidade Móvel:
 - dispositivo transmissor/receptor de baixa potência + antena + processador
- Célula/Área de cobertura:
 - Área geograficamente atendida por uma BS
 - Teoricamente áreas circulares, muitas vezes representadas por hexágonos
 - Menor sinal → menor relação sinal/ruído → mais erros → menor taxa de transmissão

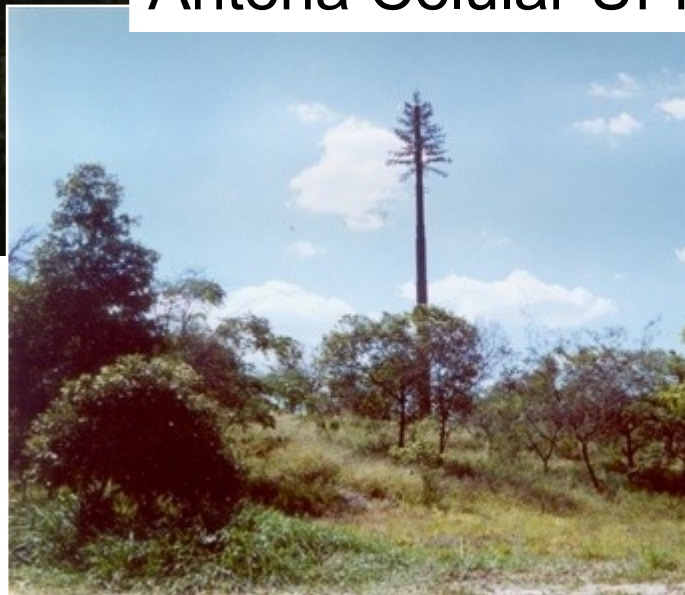


Redes Infraestrutura - Base Station





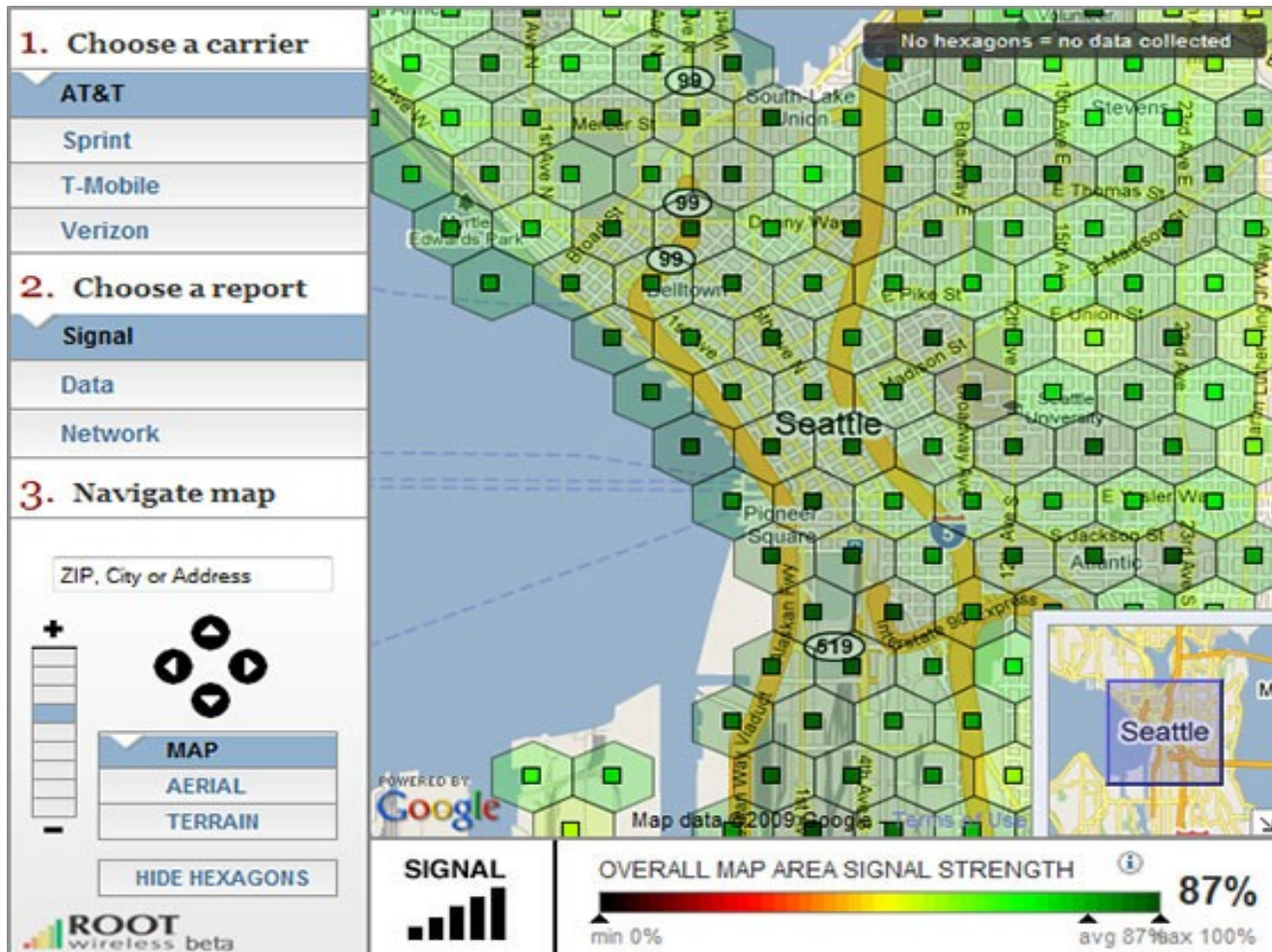
Antena Celular UFMG





Redes infraestrutura

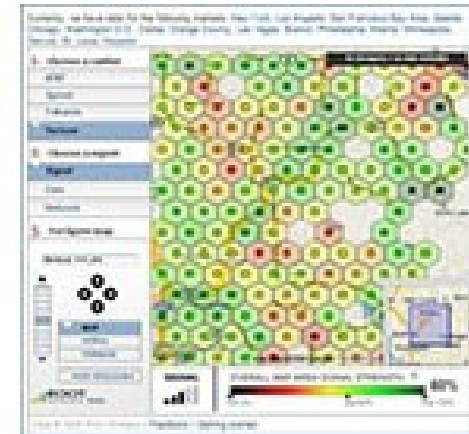
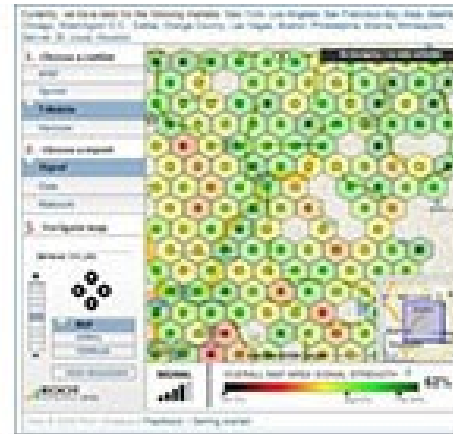
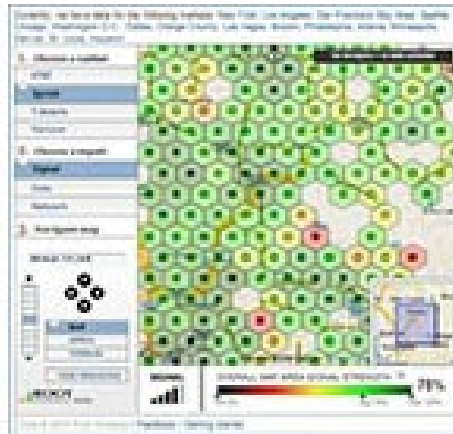
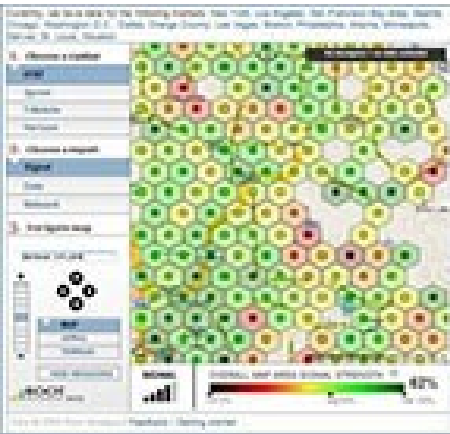
Área de Cobertura



<http://rootwireless.com/>

Redes infraestrutura

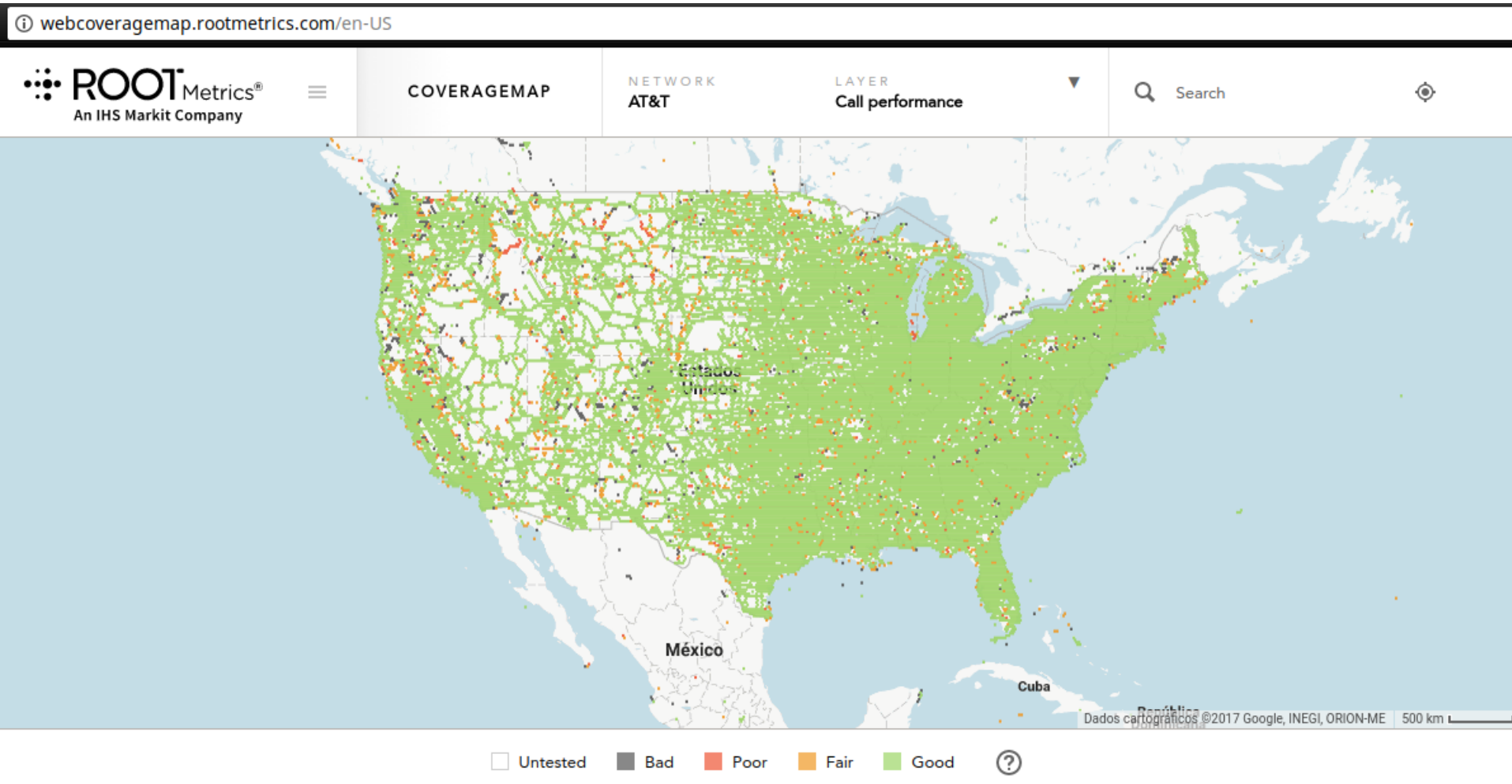
Área de Cobertura





Redes infraestrutura

Área de Cobertura

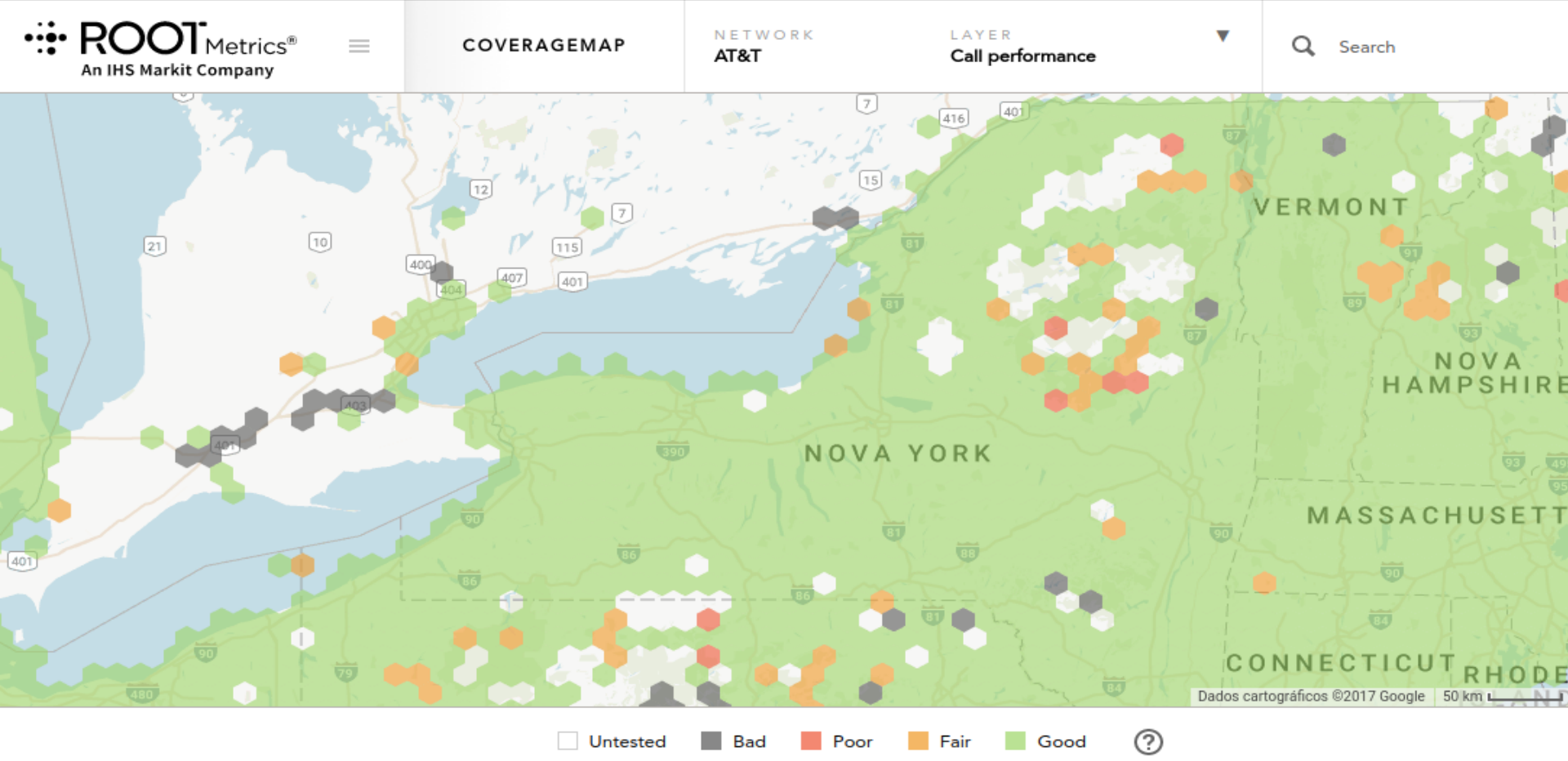




Redes infraestrutura

Área de Cobertura

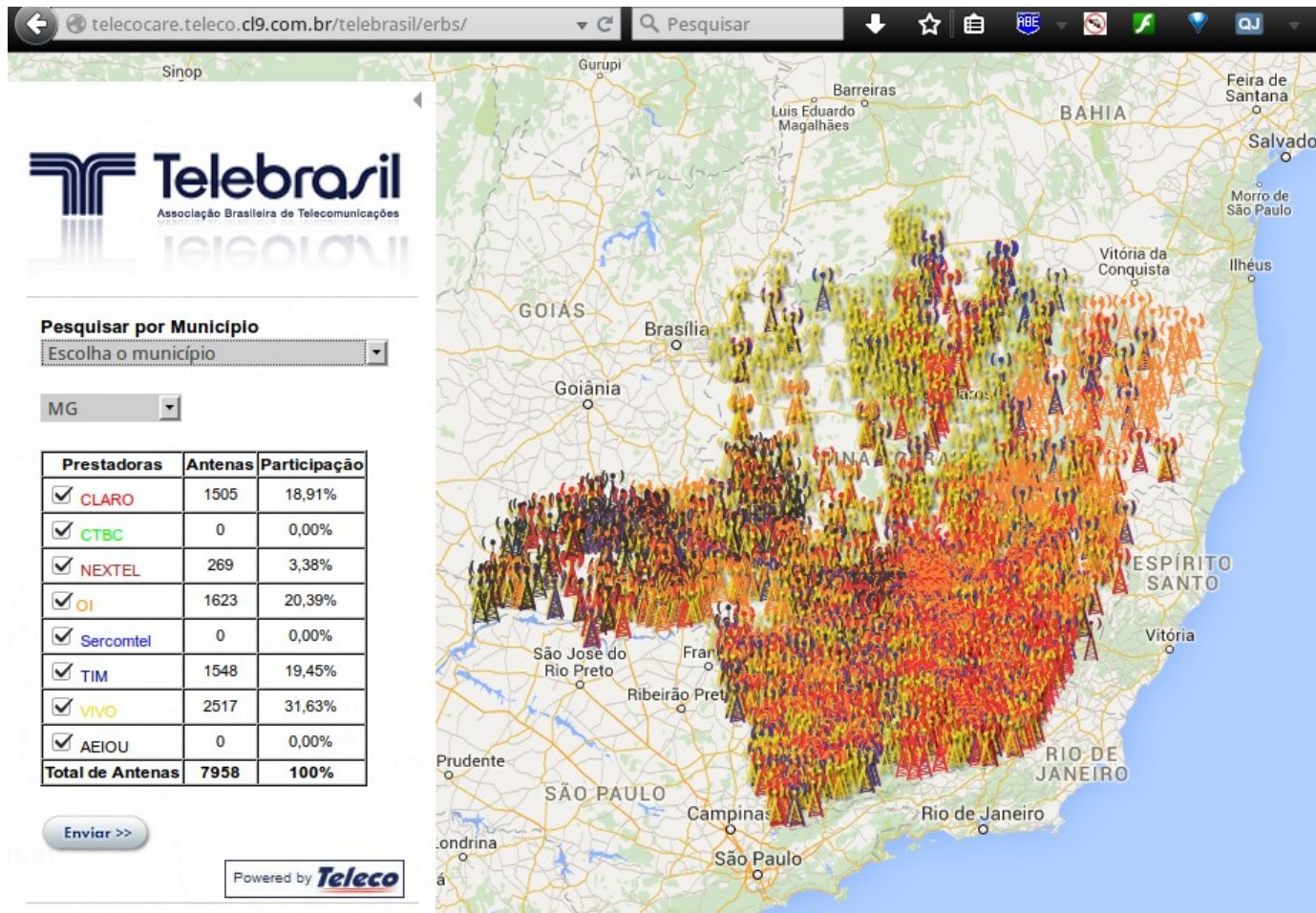
webcoveragemap.rootmetrics.com/en-US





Redes infraestrutura

Área de Cobertura - 2015



<http://www.telebrasil.org.br>

Redes infraestrutura

Área de Cobertura - 2017



Pesquisar por Município

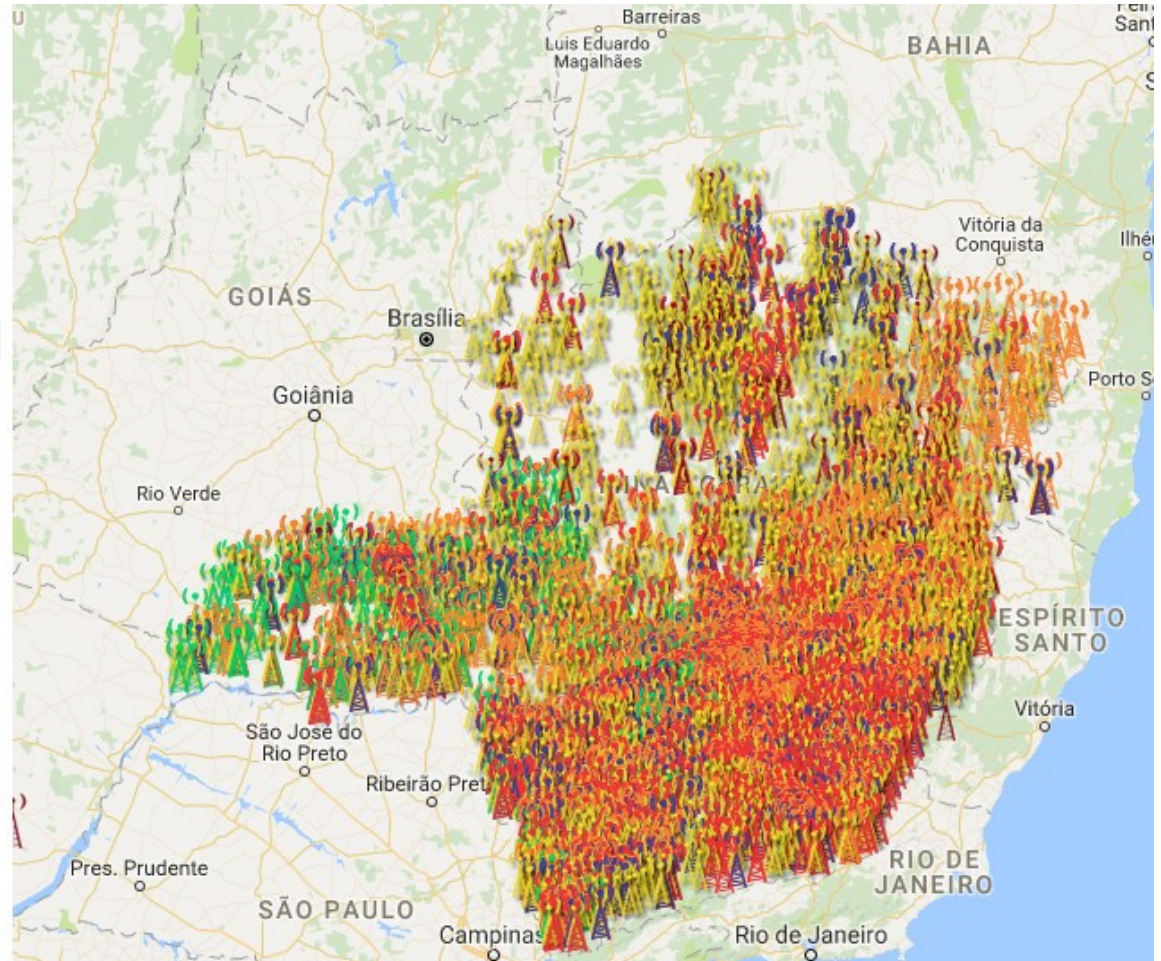
Escolha o município

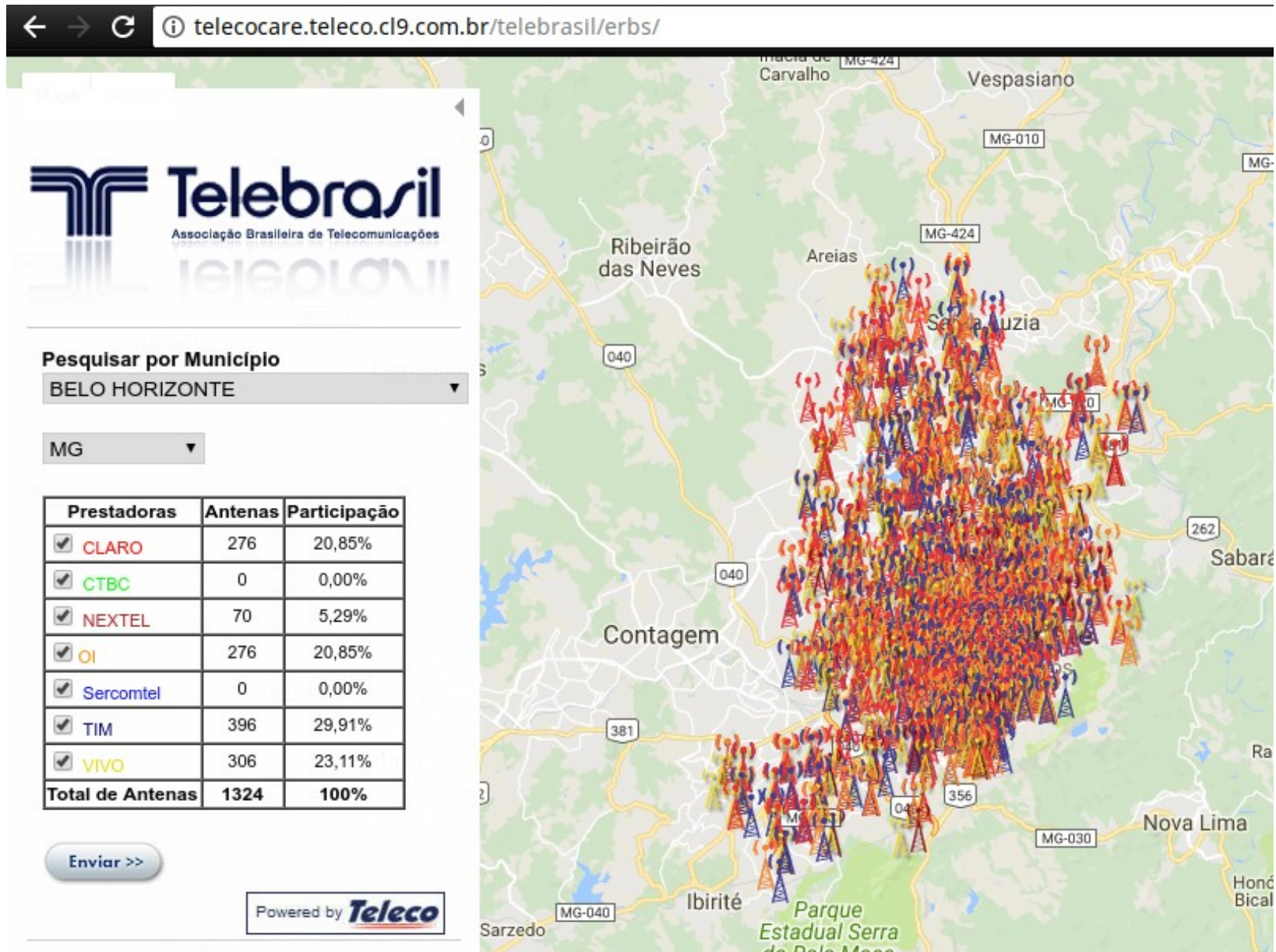
MG

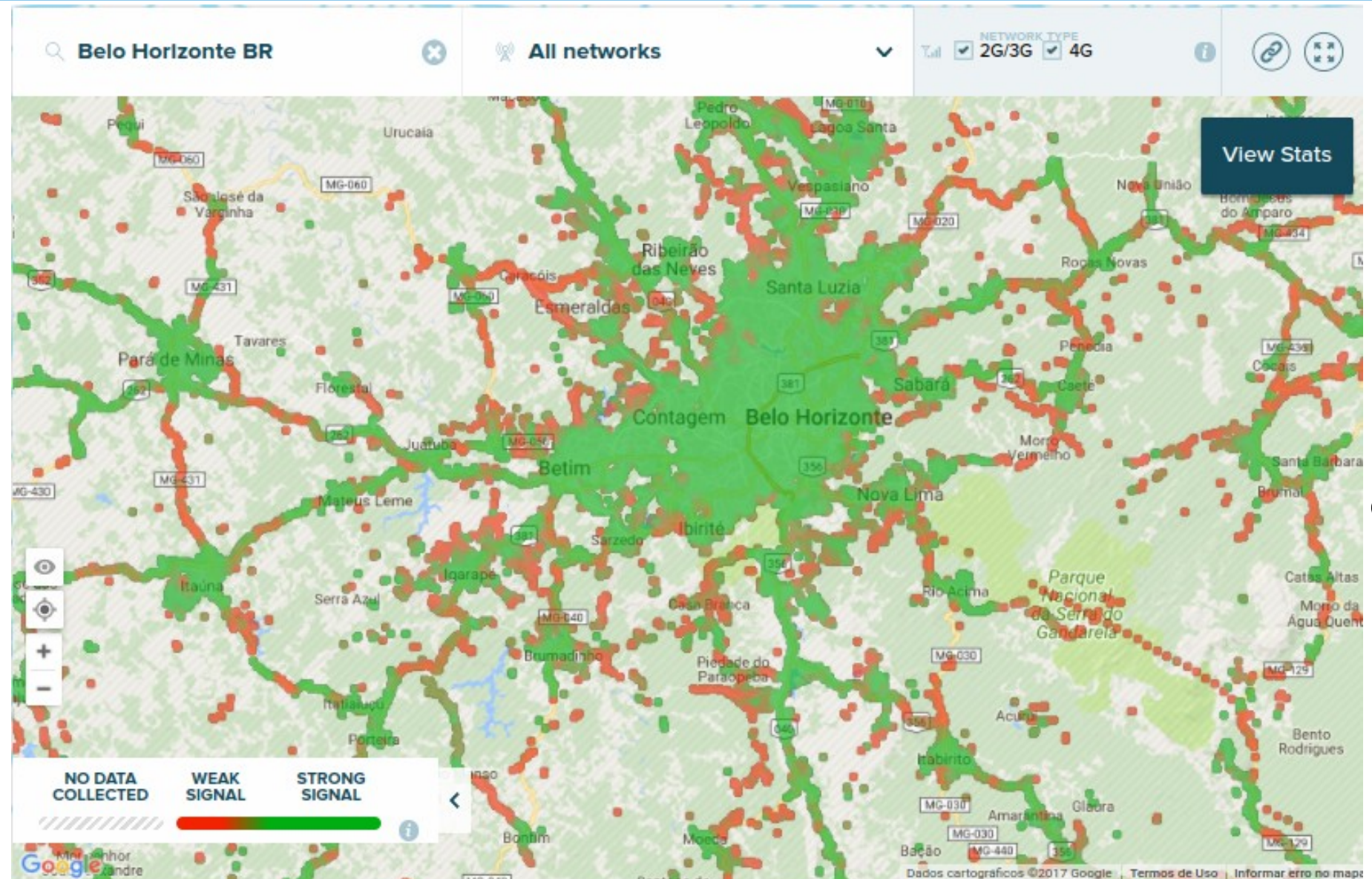
Prestadoras	Antenas	Participação
☒ CLARO	1566	17,67%
☒ CTBC	563	6,35%
☒ NEXTEL	360	4,06%
☒ OI	1635	18,45%
☒ Sercomtel	0	0,00%
☒ TIM	1894	21,37%
☒ VIVO	2844	32,09%
Total de Antenas	8862	100%

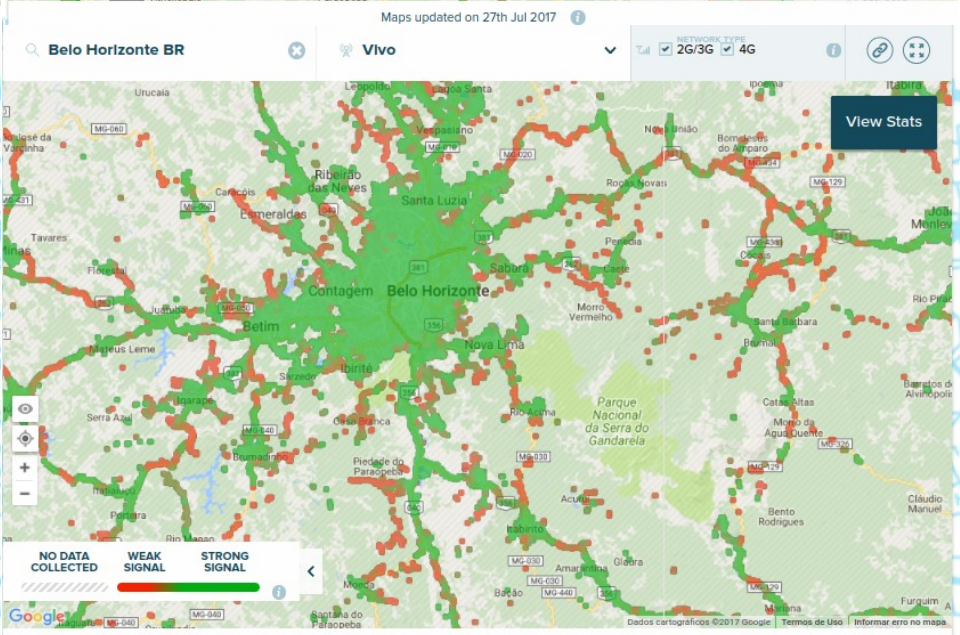
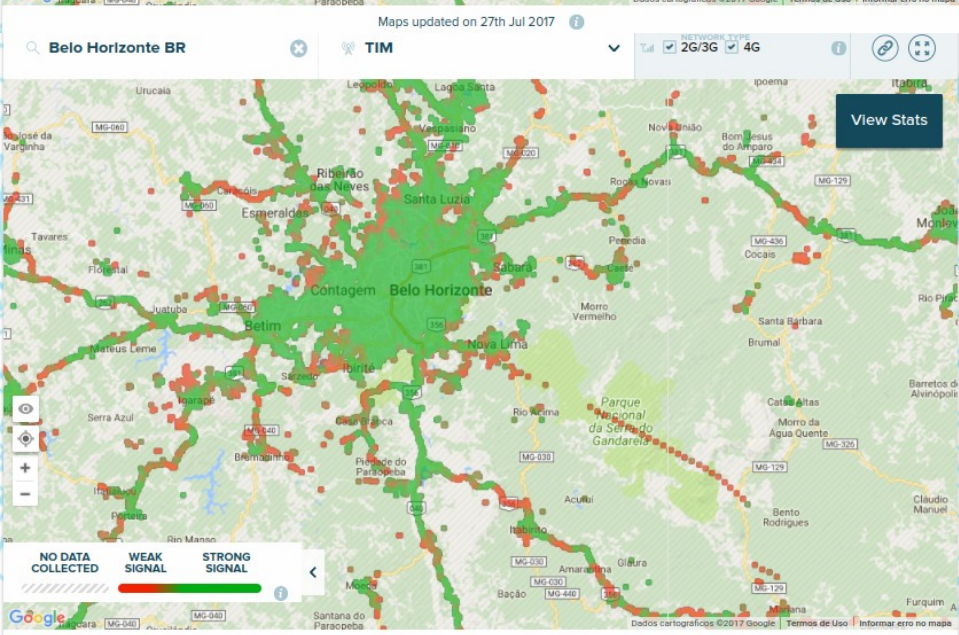
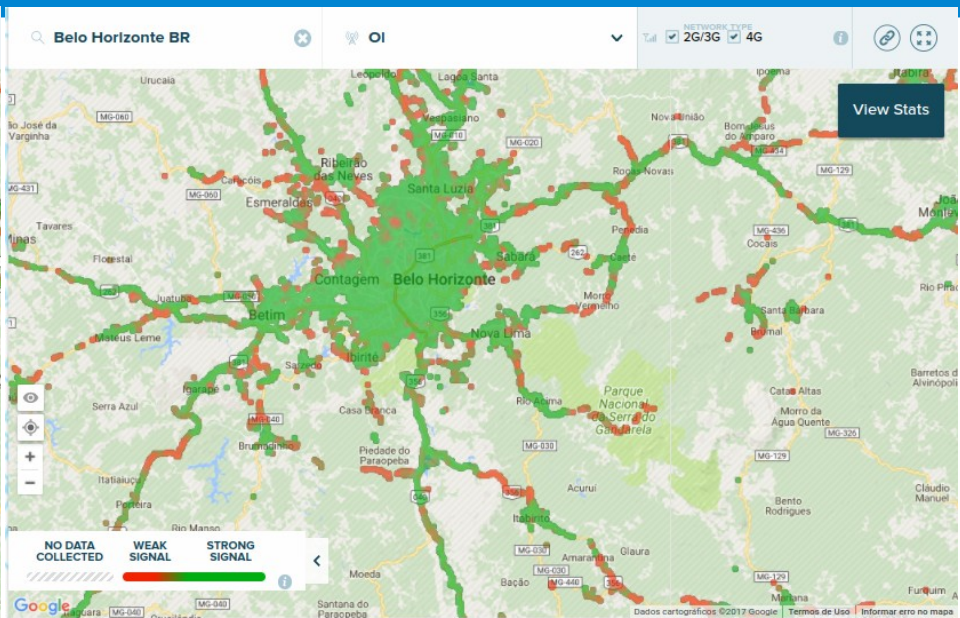
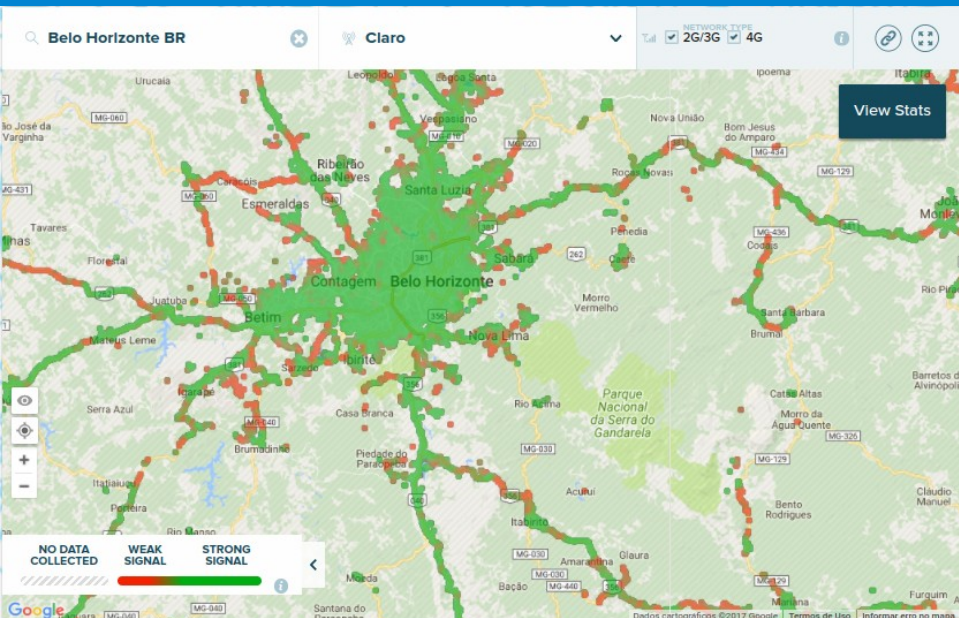
Enviar >>

Powered by **Teleco**









Network Stats



This shows the average stats OpenSignal users measured in this area.

Operator	Download (Mbps)	Upload (Mbps)
 Claro	22.31	8.01
 Oi	7.42	2.21
 TIM	7.21	2.40
 Vivo	15.12	5.79



Claro

22.31

8.01



Oi

7.42

2.21



TIM

7.21

2.40



Vivo

15.12

5.79



Network Stats



This shows the average stats OpenSignal users measured in this area.

Operator	Latency (ms)	Signal
 Claro	120	
 Oi	151	
 TIM	76	
 Vivo	84	



120



151

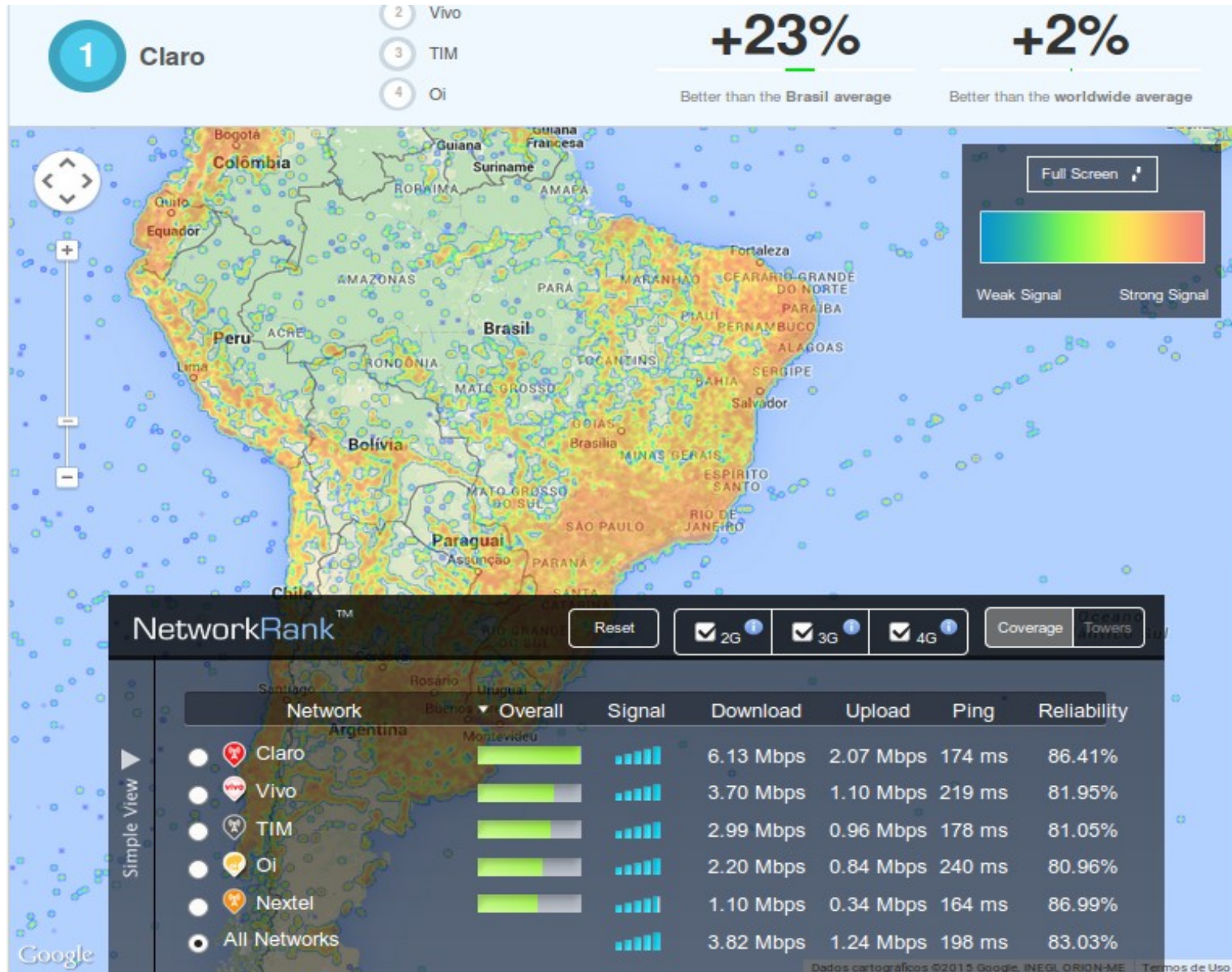


76

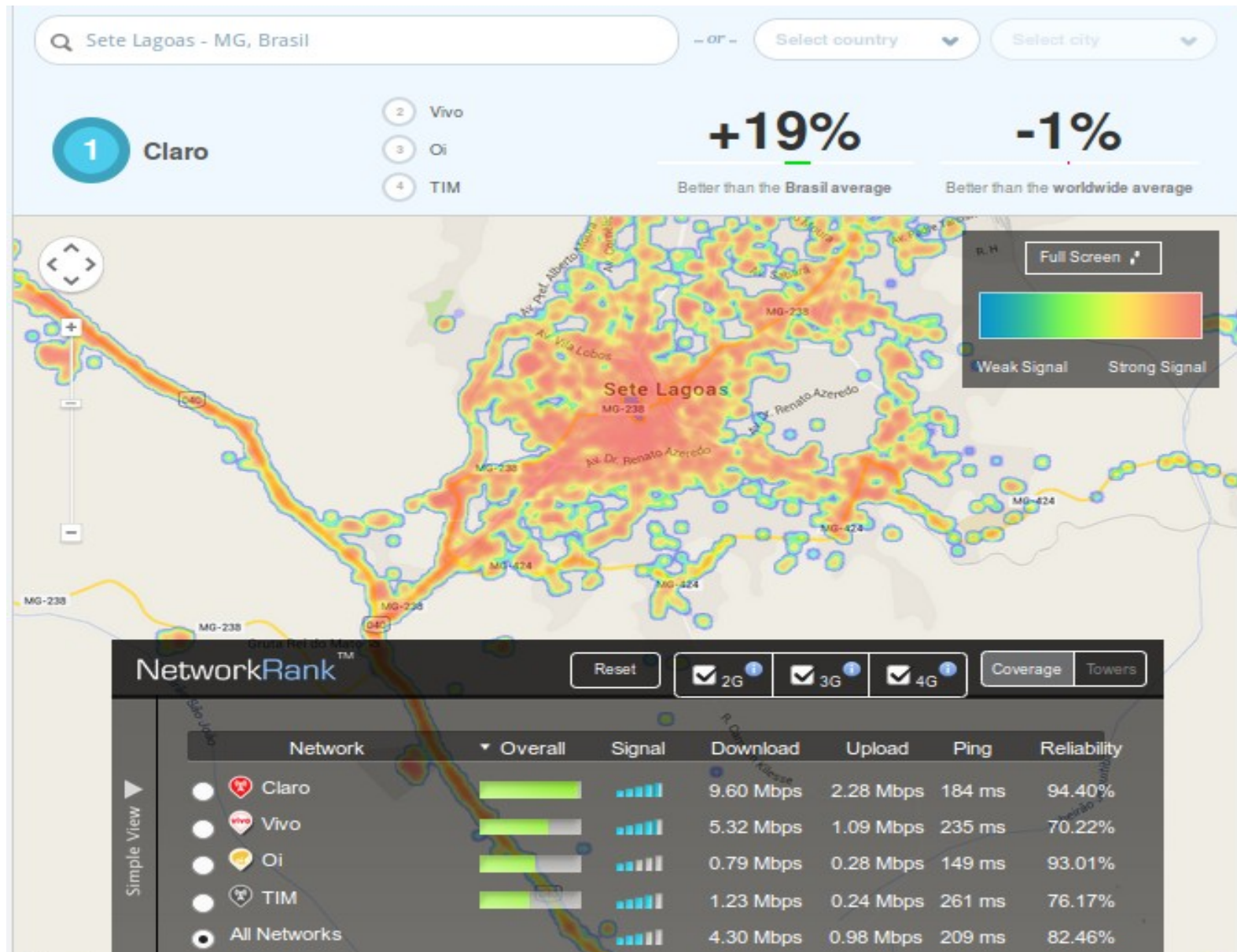


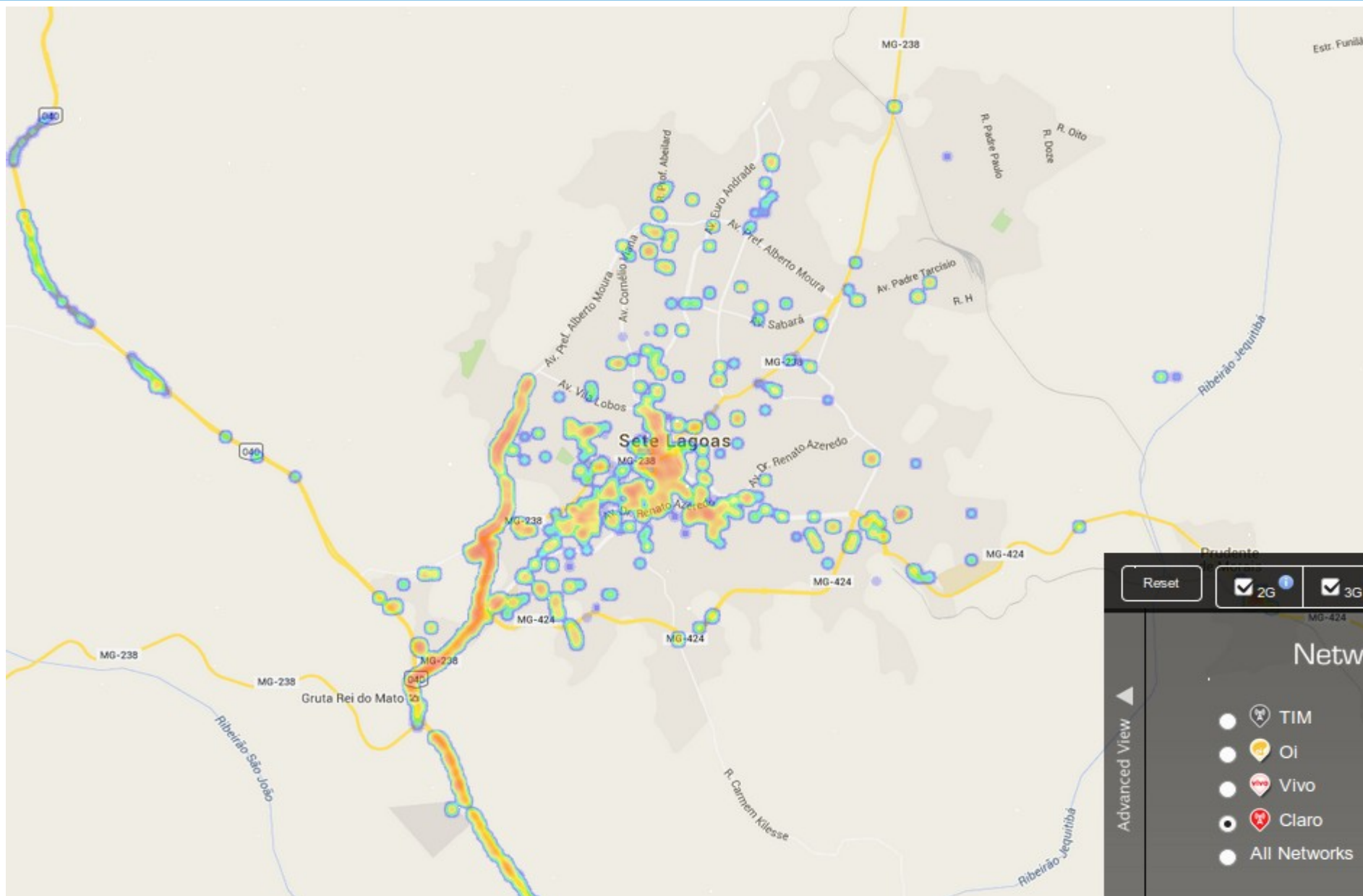
84

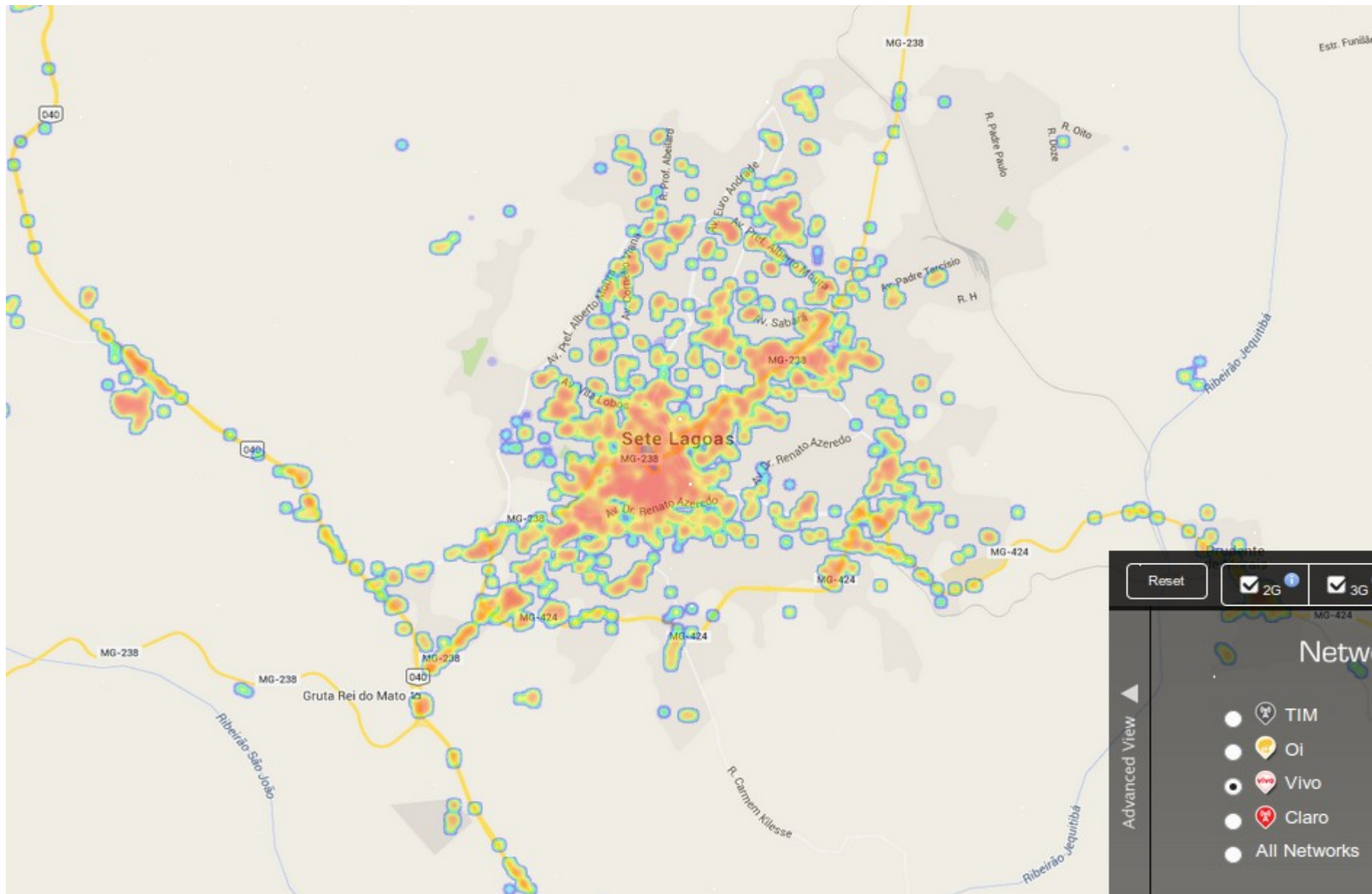


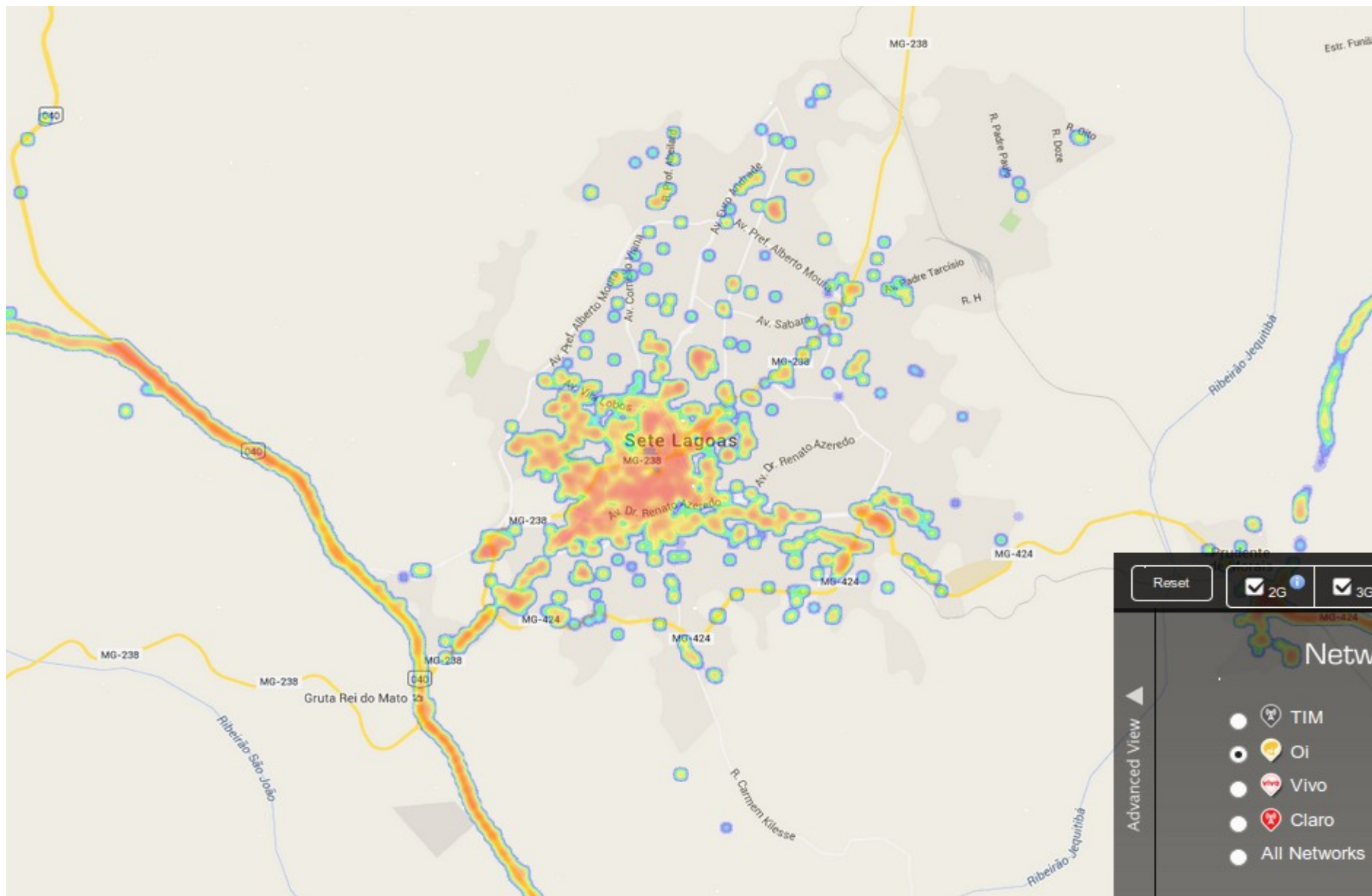


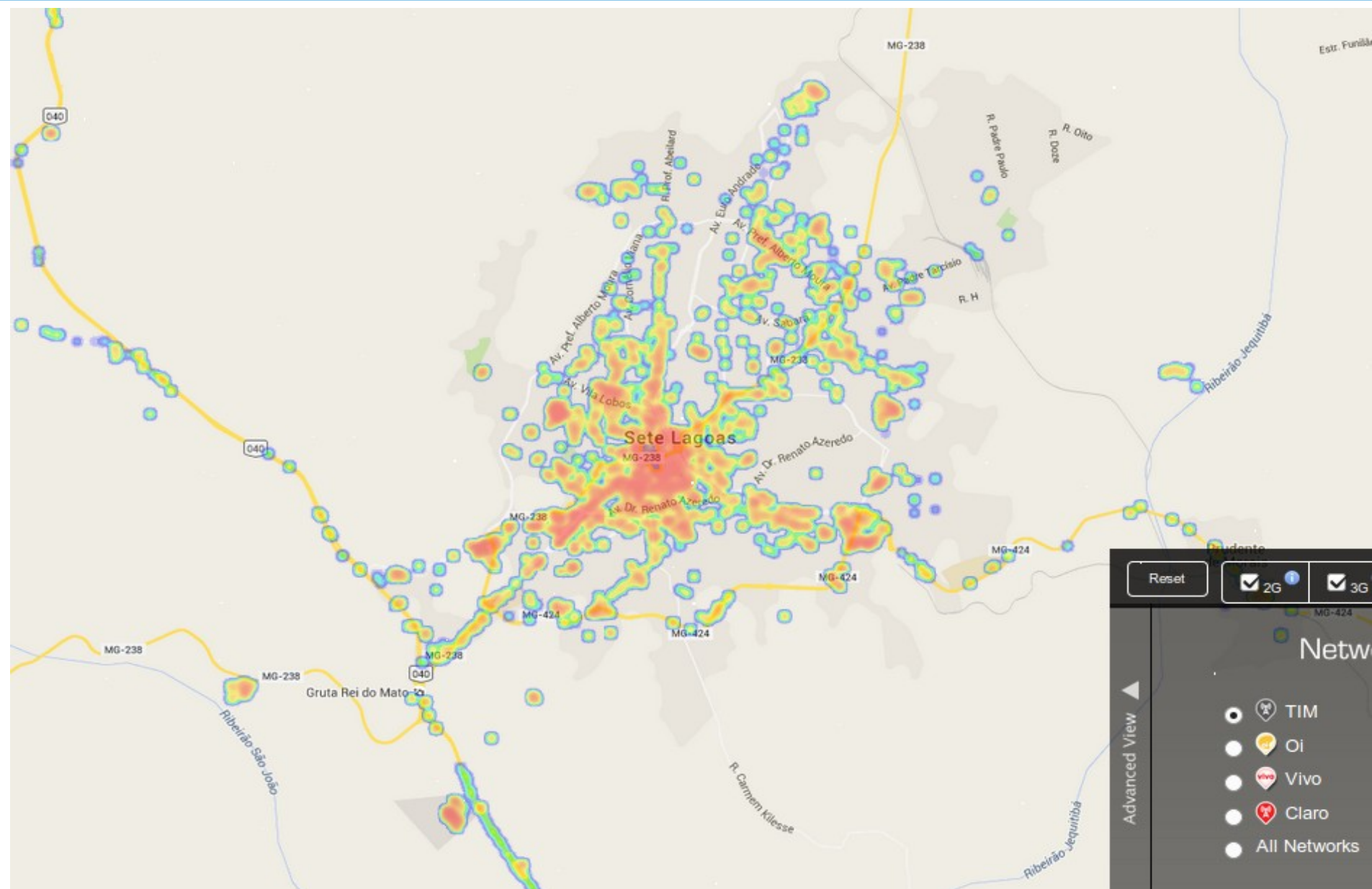
<http://opensignal.com> 2015







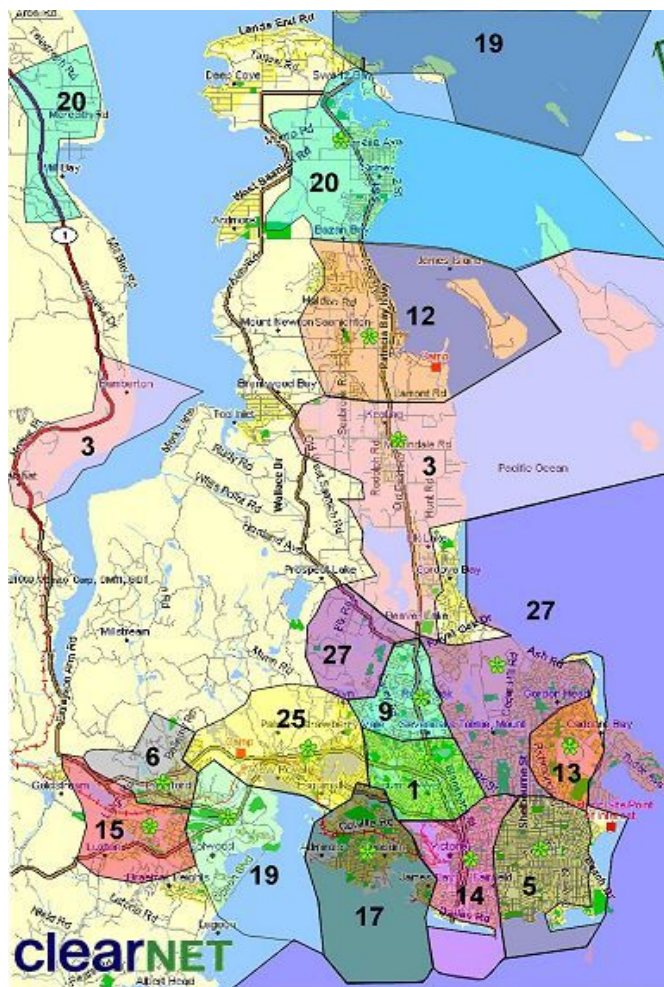
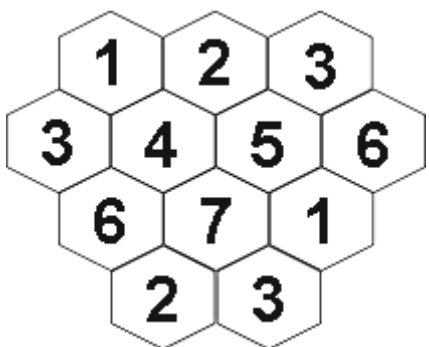
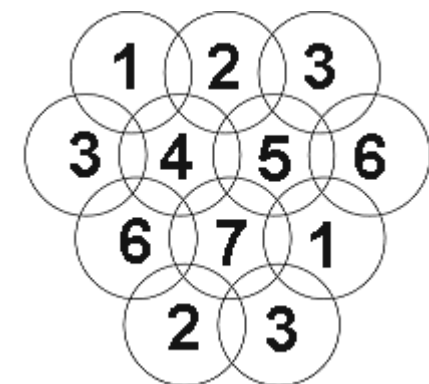




Redes infraestrutura

Área de Cobertura

Formas hipotéticas de
representar
áreas de cobertura

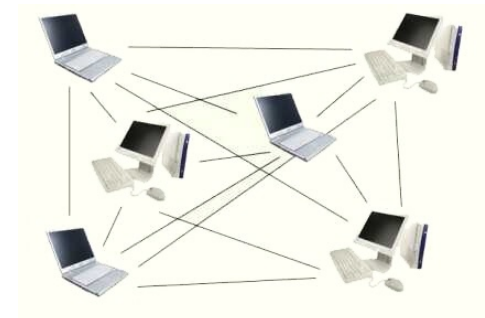


Exemplo real de
representação de
áreas de cobertura

Redes Ad Hoc

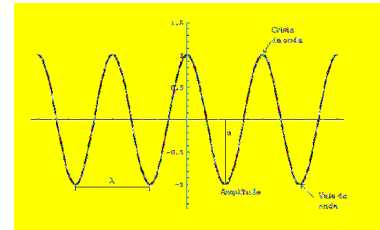
Principais Características

- Todo nó é potencial fonte e destino de pacotes
- Todos os nós são roteadores de pacotes
- Transmissões simultâneas podem gerar interferência
- Fonte de energia limitada
- Liberdade de locomoção



Ondas Eletromagnéticas

- Características de propagação definidas fundamentalmente pelas propriedades do meio de transmissão
- O meio apresenta propriedades que variam com a frequência da onda irradiada, determinando mecanismos de propagação diferentes para diversas faixas do espectro de radiofrequência.



Ondas Eletromagnéticas

- No espaço livre, os parâmetros do meio podem se modificar em função da região envolvida e das variações ao longo do tempo
- A falta de uniformidade da atmosfera terrestre, que varia em função da altitude, localização geográfica e condições meteorológicas, influencia sensivelmente a passagem das ondas

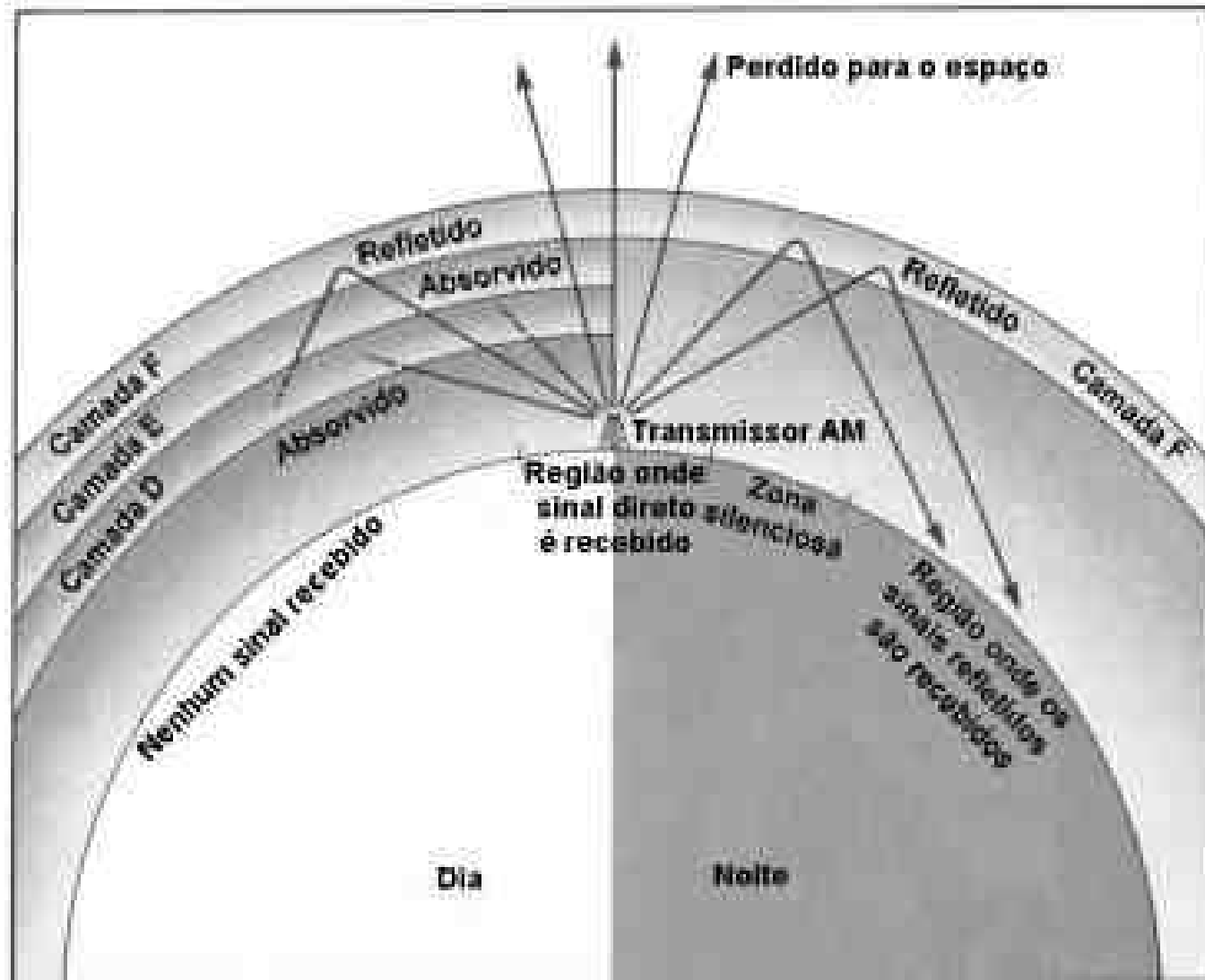




Ondas Eletromagnéticas

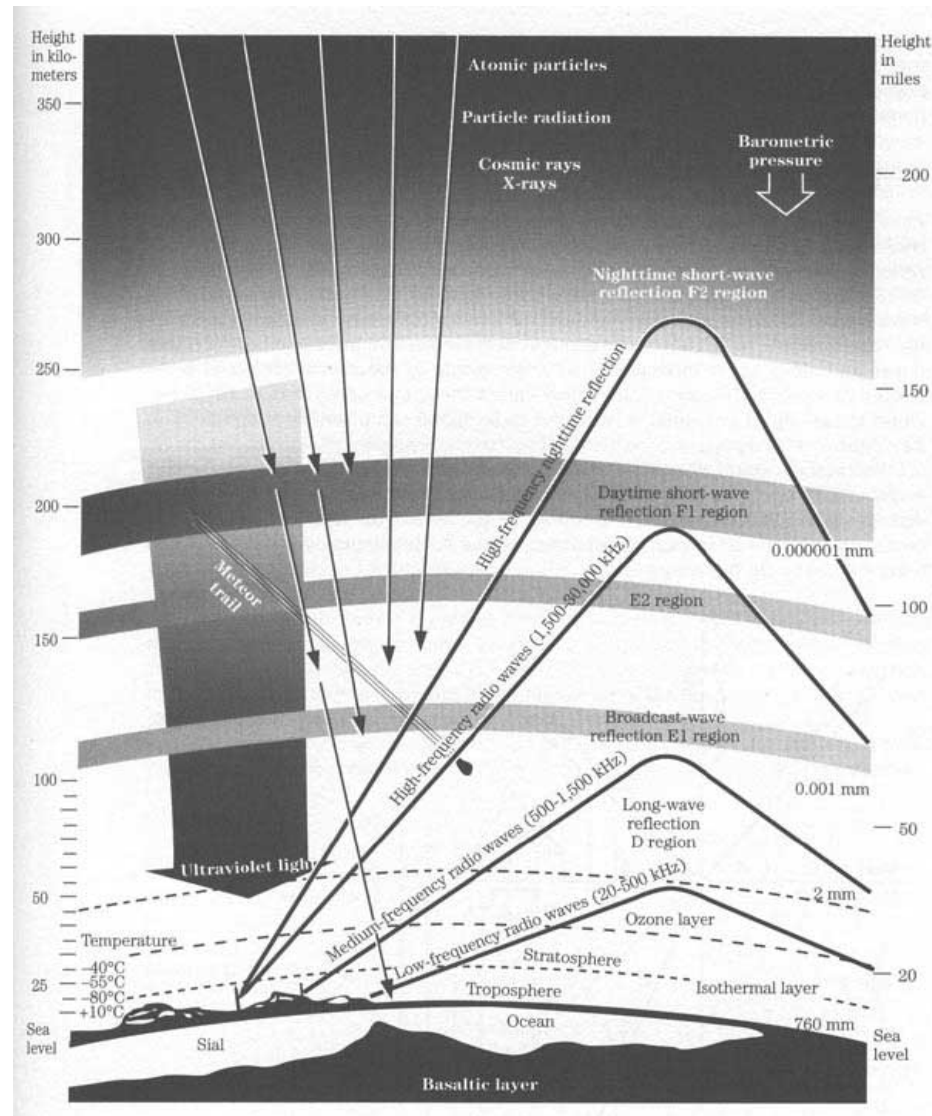
- Propagação por ondas espaciais:
 - Utilizam reflexão ionosférica
 - Constitui importante método de radiocomunicação a longa distância
- Propagação por ondas terrestres:
 - A intensidade do campo depende de:
 - Potência do transmissor
 - Características da antena transmissora
 - Difração das ondas face a curvatura terrestre ou outros obstáculos
 - Localização no terreno
 - Direção de transmissão
 - Condições meteorológicas locais

Ondas Eletromagnéticas - Ondas espaciais





Ondas Eletromagnéticas - Ondas espaciais



Espectro de Frequência

- Banda ou faixa de frequência
 - Cada tecnologia opera em uma banda diferente
- A maioria das bandas são reguladas
 - FCC – EUA
 - Anatel – Brasil
- Existem bandas que não requerem licenciamento
 - ISM (*Industrial, Scientific and Medical*): 902 MHz a 928 MHz, 2.400 MHz a 2.483,5 MHz e 5.725 MHz a 5.850 MHz;
 - U-NII (*Unlicensed National Information Infrastructure*): 5.150 MHz e 5.825 MHz.

Espectro de Frequência

UNITED STATES FREQUENCY ALLOCATIONS THE RADIO SPECTRUM

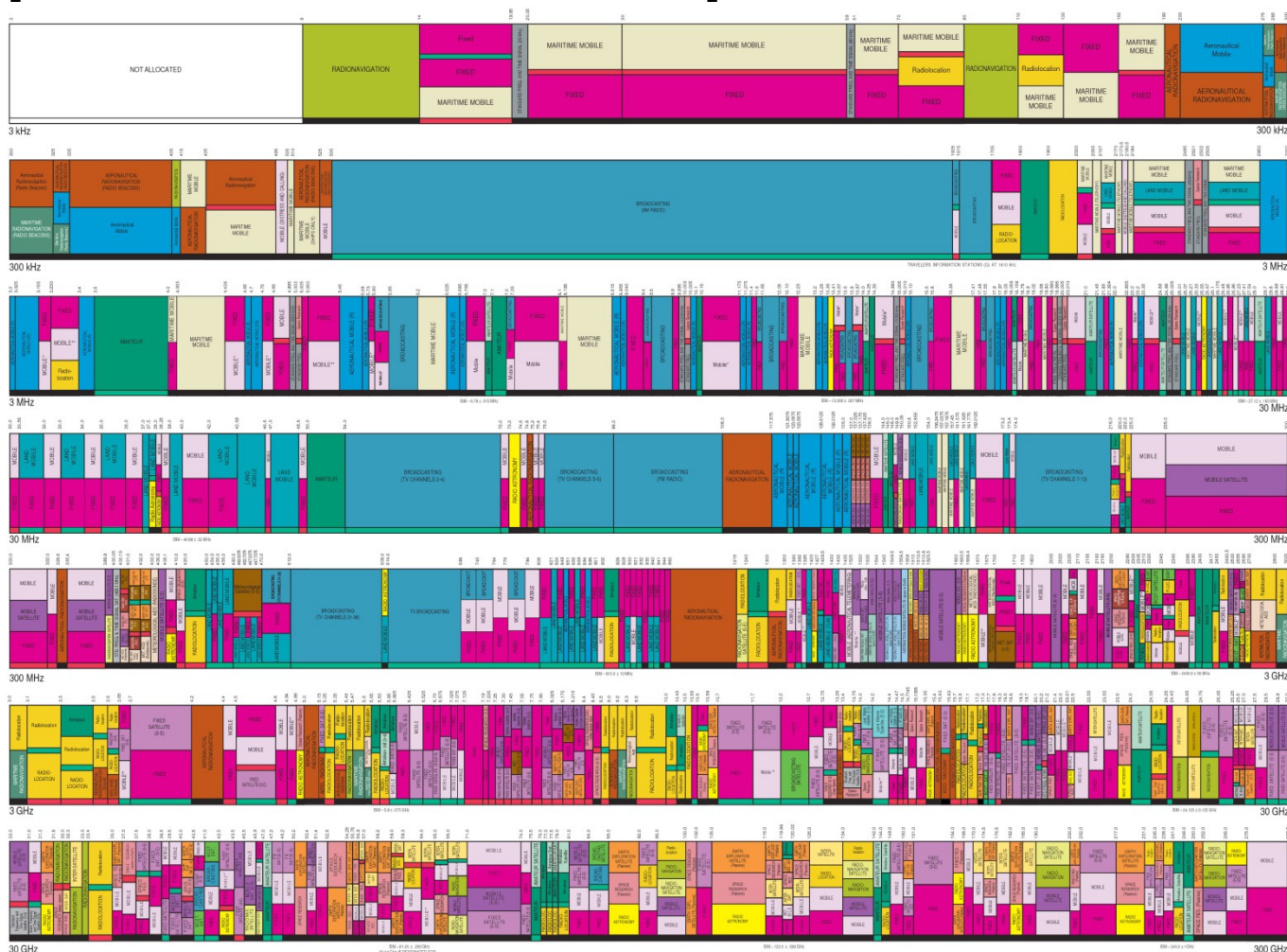
RADIO SERVICES COLOR LEGEND

ACTIVITY CODE

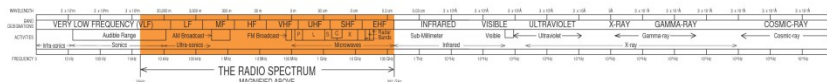
ALLOCATION USAGE DESIGNATION

SERVICE	EXAMPLE	DESCRIPTION
Primary	FIXED	Capital Letters
Secondary	Mobile	1st Capital with lower case letters

This chart is a graphic representation of the portion of the Table of Frequency Allocations used by the FCC and ITU, the earth is shown in conformity with the Table of Frequency Allocations. The chart is not intended to be used as a legal document. For complete information, users should consult the Table to determine the current status of U.S. allocations.



* EXCEPT MOBILE (S)
* EXCEPT SPACE SHIP



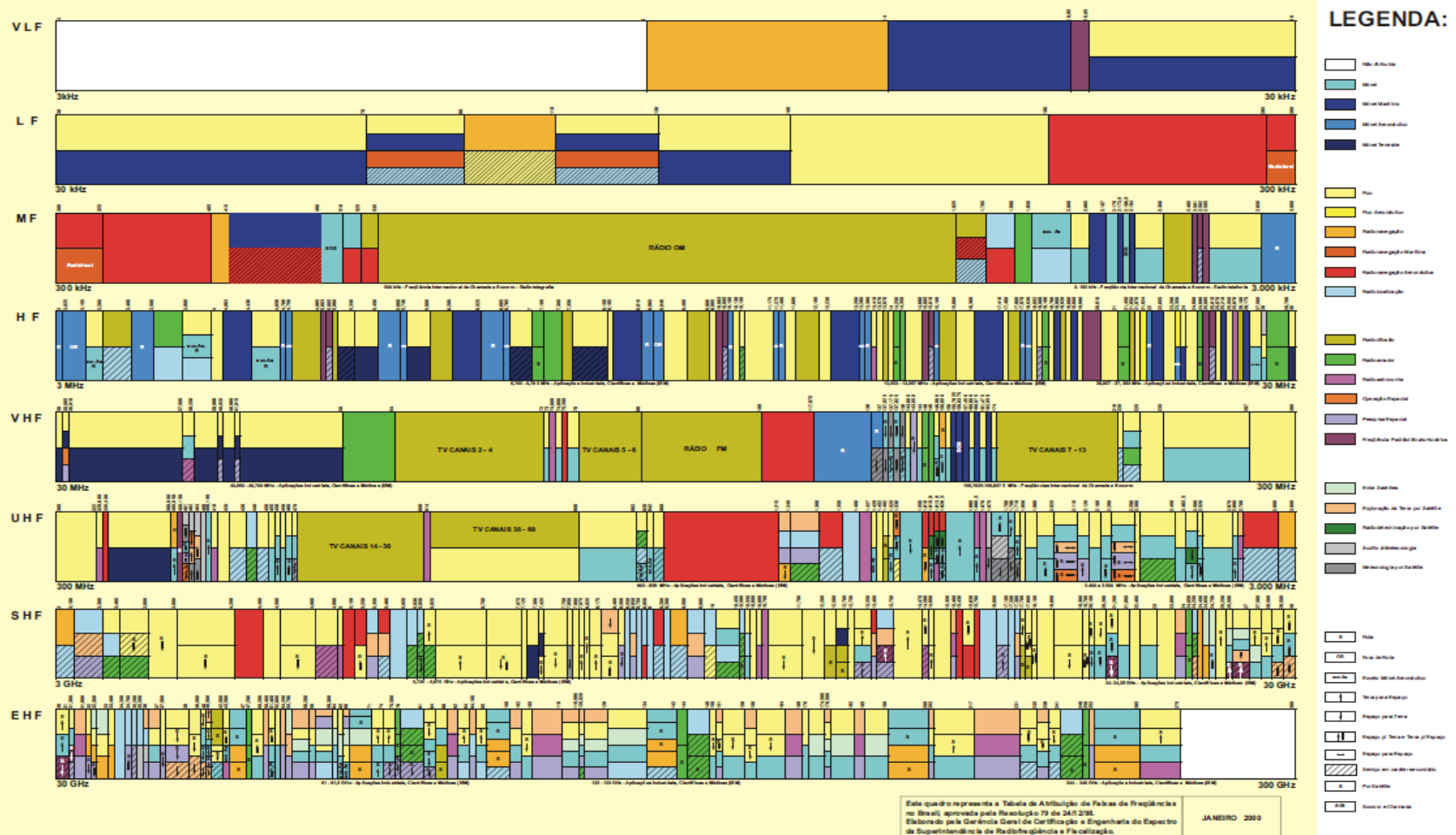
PLEASE NOTE: THE SPACINGS BETWEEN THE SERVICES IN THE SPECTRUM ARE NOT TO SCALE. THE SPACINGS ARE PROPORTIONAL TO THE ACTUAL ALLOCATED FREQUENCY BANDS.



Espectro de Frequência

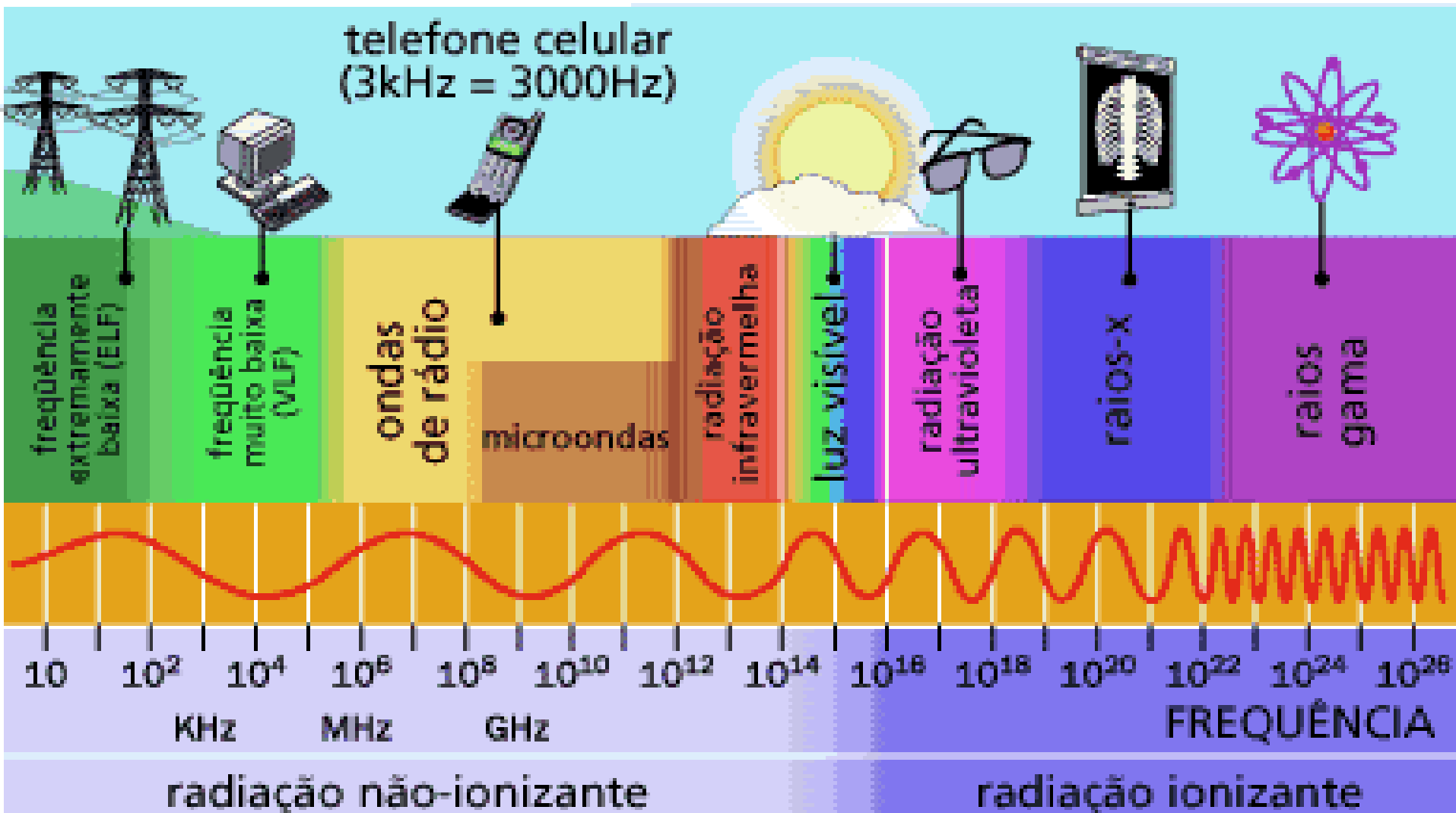


ATRIBUIÇÃO DE FAIXAS DE FREQUÊNCIAS NO BRASIL

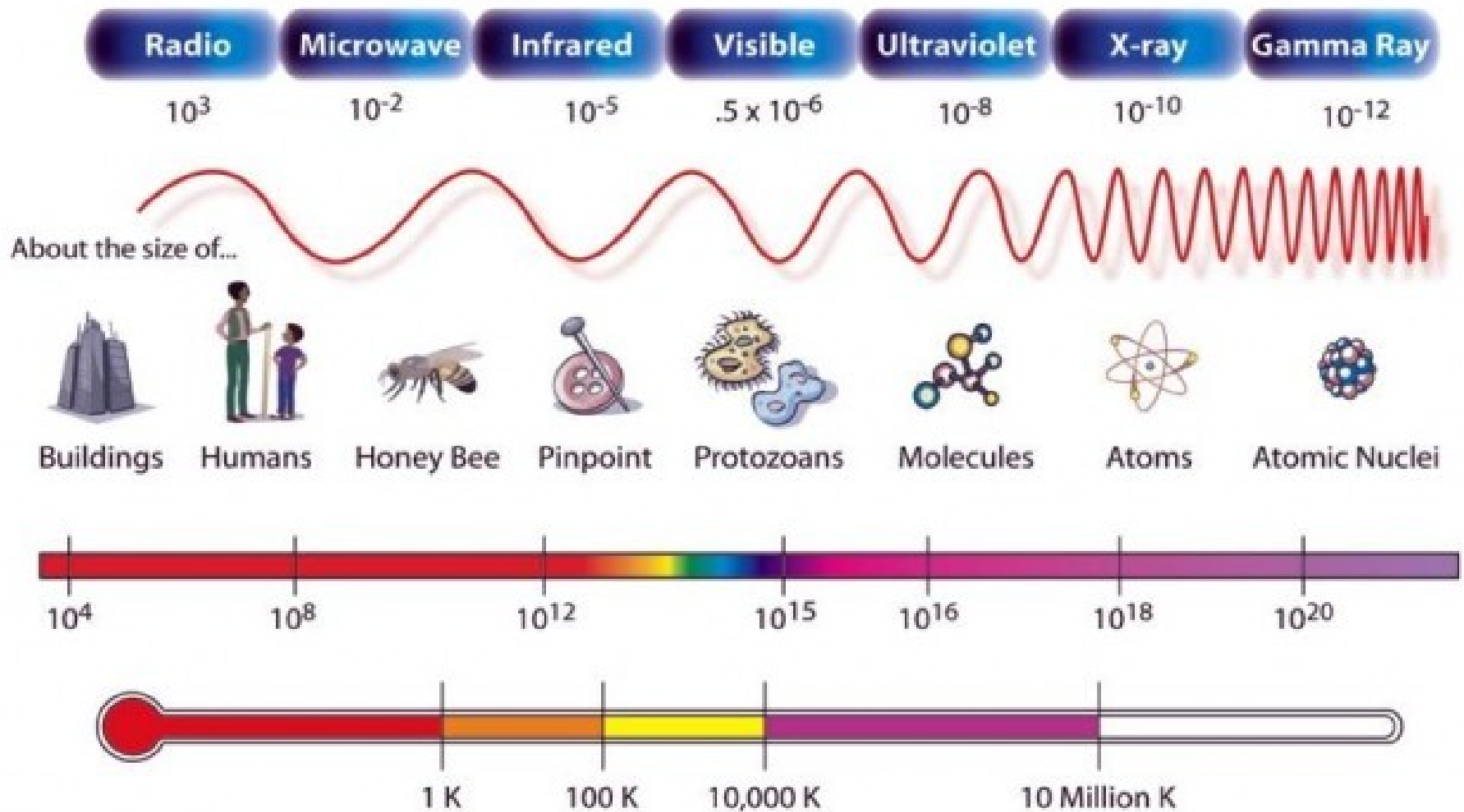




Espectro de Frequência



Espectro de Frequência



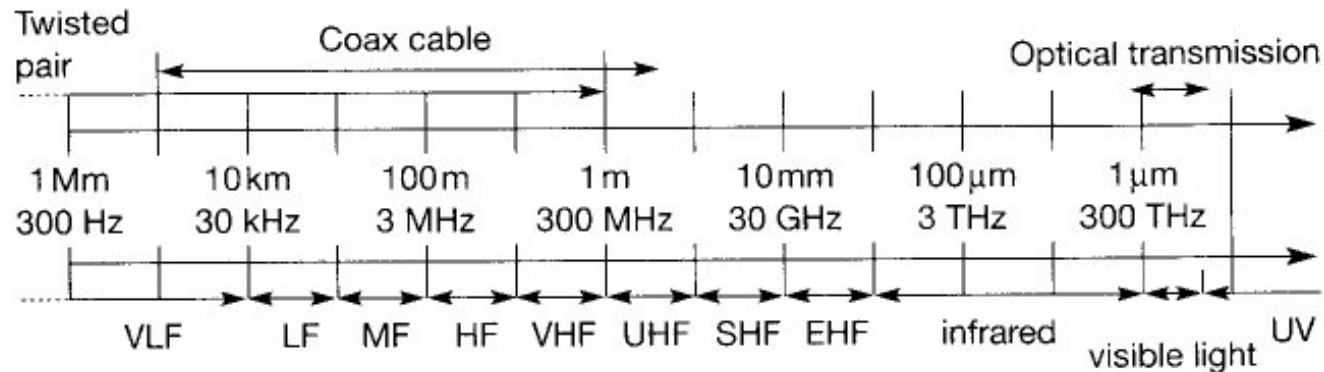


Espectro de Frequência

Alocação de bandas de telefonia celular no Brasil
(sem o 3G)

ESTADOS	OPERADORAS, BANDAS E FREQUÊNCIAS							AEOIU
	VIVO	CLARO	TIM	BR TELC.	OI	CTBC	SERCOMT	
São Paulo Interior	A	B	D		E	A		E
	850	850	1800		1800	800		1800
São Paulo Capital	A	B	D		M			
	850	850	1800		1800			
Rio de Janeiro e Espírito Santo	A	B	E		D			
	850	850	1800		1800			
Bahia e Sergipe	A	E	B		D			
	850	1800	900		1800			
Paraná e Santa Catarina	B	D	B	E			A	
	850	1800	900	1800			800	
Rio Grande do Sul	A	B	A	E				
	850	850	900	1800				
Centro Oeste - MT / MS / GO / RO / AC / TO	A	B	D					
	850	850	1800					
Norte - AM / PA / MA / RR / AP	B	L	E		D			
	850	2100	1800		1800			
Minas Gerais	A	E	B		D	A		
	900	1800	900		1800	800		
Nordeste - PI / CE / RN / PB / PE / AL	L	B	A		E			
	2100	850	900		1800			

Espectro de Frequência



Relação entre frequência f e comprimento de onda λ :

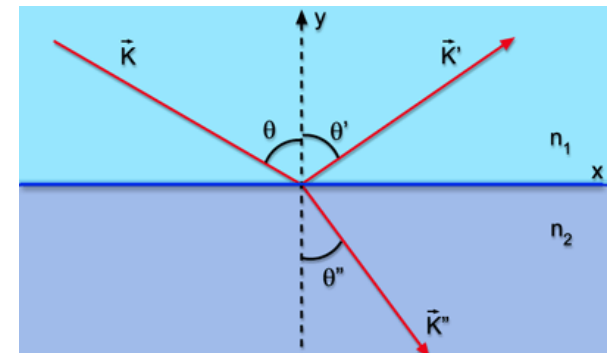
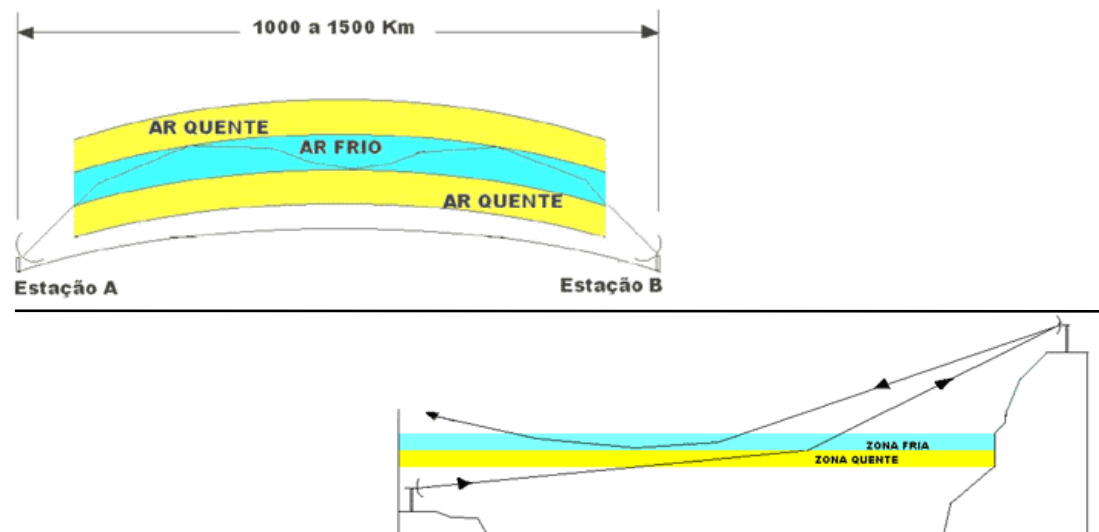
$f \cdot \lambda = c$, onde:

c é a velocidade da luz no vácuo ($3 \cdot 10^8$ m/s)

Propagação

Reflexão, absorção e refração

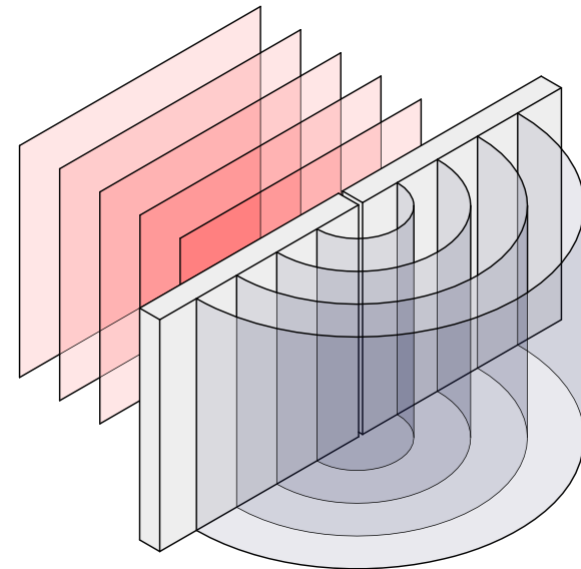
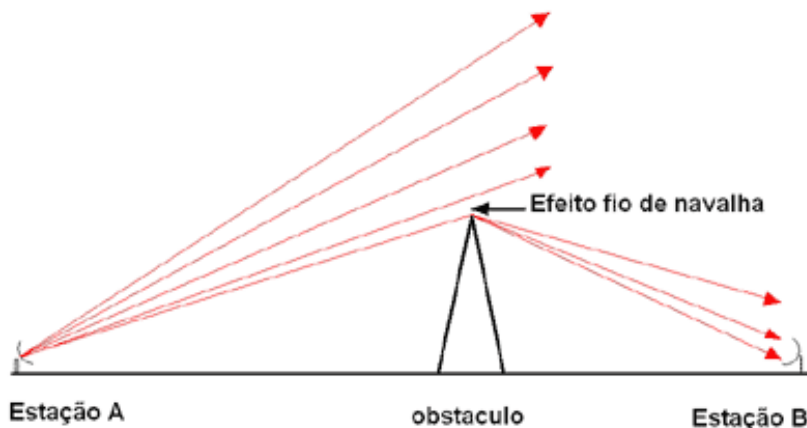
- depende do material, polarização, frequência, ângulo de incidência
- em superfície terrestre, edificações, camadas atmosféricas, etc.



Propagação

Espalhamento/Difração

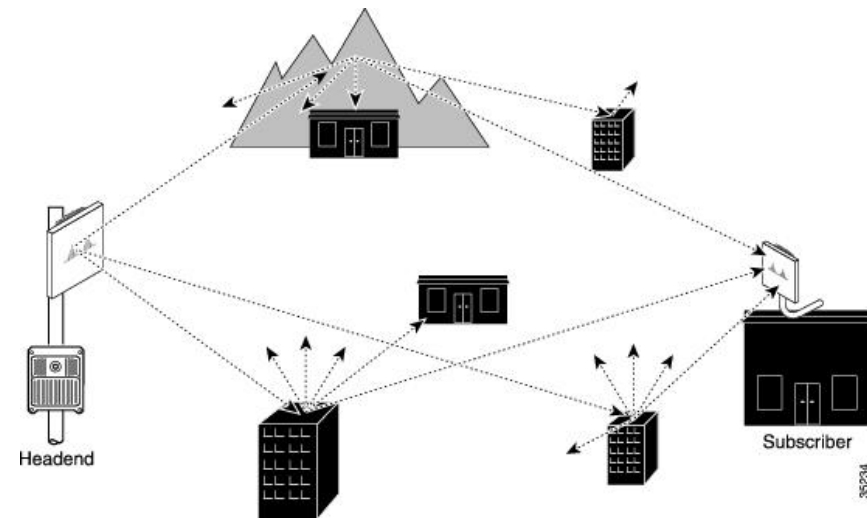
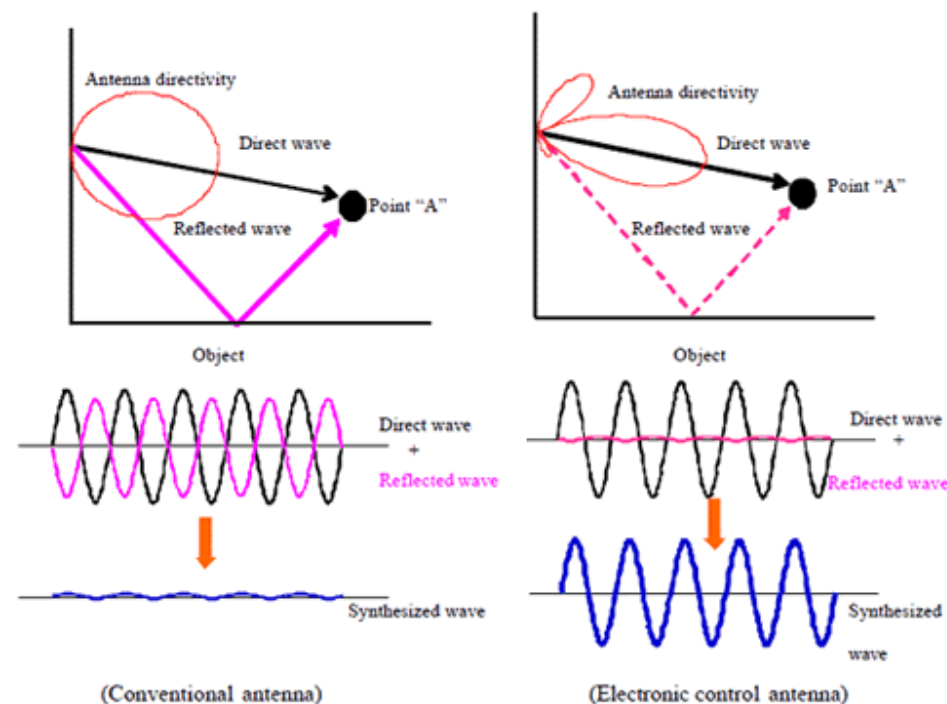
- Ao incidir sobre um objeto em um determinado ângulo, uma onda eletromagnética é decomposta em várias ondas “difusas” de intensidade menor.



Propagação

Propagação Multi-caminho (“multi-path”)

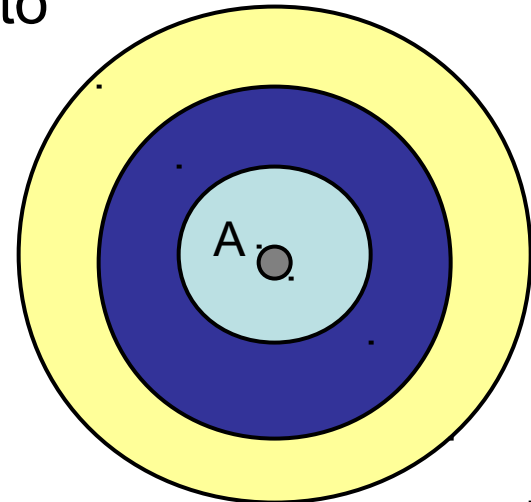
- Reflexão em diferentes objetos pode causar recebimentos defasados



Propagação

Atenuação

- Decremento da intensidade média de sinal
- Motivo 1: ondas que chegam fora de fase, com ângulos e amplitudes diferentes, devido a reflexão e movimentação do emissor/receptor e principalmente pela distância (perda de propagação).
- Motivo 2: a perda, ou dissipação de energia, ocorre sobre a forma de calor (efeito Joule em meios metálicos) e radiação.





Materiais	Enfraquecimento	Exemplos
Ar	Nenhum	Espaço aberto, pátio interior
Madeira	Fraco	Porta, pavimento, divisória
Plástico	Fraco	Divisória
Vidro	Fraco	Vidraças não matizadas
Vidro matizado	Médio	Vidraças matizadas
Água	Médio	Aquário, fonte
Seres vivos	Médio	Multidão, animais, humanos, vegetação
Tijolos	Médio	Paredes
Paredes	Médio	Divisórias
Cerâmica	Elevado	Mosaicos
Papel	Elevado	Rolos de papel
Betão	Elevado	Paredes mestras, andares, pilares
Vidro à prova de bala	Elevado	Vidros a prova de bala
Metal	Muito Elevado	Betão armado, espelhos, armário metálico, gaiola de elevador

Ruído

- Sinais indesejáveis
 - Origem humana
 - Influência de outros sistemas de comunicação
 - Dispositivos de ignição e comutação elétrica
 - ...
 - Origem natural
 - Descargas atmosféricas
 - Radiação extra-terrestre
 - ...



Qualidade do Sinal

Relação Sinal-Ruído

- É a relação entre a potência do sinal e a potência do ruído no canal de comunicação.
- SNR = Signal to Noise Ratio

$$\text{dB} = 10 \text{ LOG (Sinal/Ruído)}$$

- Valor depende da potência de transmissão

Qualidade do Sinal - RSSI

- RSSI = Received Signal Strength Indication
- Sem unidade
- Em Wi-Fi, valor informado pelo fabricante e arbitrário dentro de um intervalo.
 - Cisco → 0 a 100
 - Windows XP → 0 a 100
 - Atheros → 0 a 127
- No inSSIDer ele simplesmente quer dizer “força do sinal”, a medida em dB está incorreta.

Múltiplo Acesso - Objetivos

- Uso compartilhado e eficiente do meio da banda
- Garantir a não interferência de canais
- Multiplexação em dimensões:
 - Espaço (s)
 - Tempo (t)
 - Frequência (f)
 - Código (c)

Múltiplo Acesso

- Quatro possibilidades básicas:
 - FDMA (Frequency Division Multiple Access)
 - TDMA (Time Division Multiple Access)
 - CDMA (Code Division Multiplex Access)
 - SDMA (Space Division Multiplexing)
- Existe a possibilidade de combinar os mecanismos acima, de forma a conseguir uma maior eficiência na utilização do espectro.
 - Exemplo: TDMA/FDMA amplamente utilizado pelas operadoras de telefonia celular.

FDMA

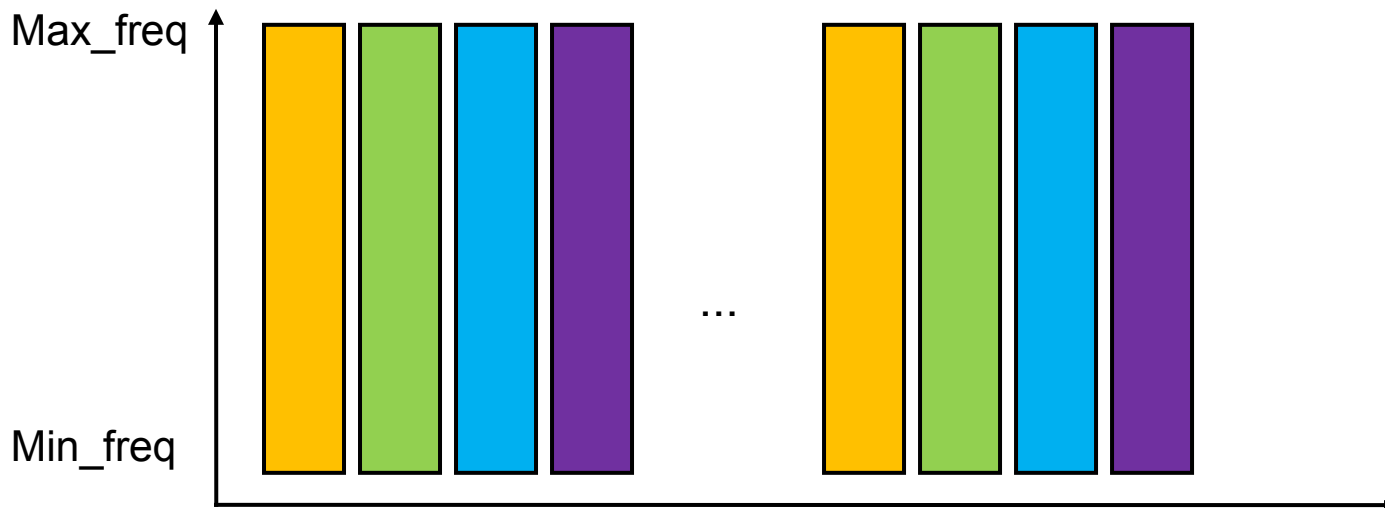
FDMA – Frequency Division Multiple Access



- Cada canal carrega a informação de um único usuário.
- Os canais são subutilizados.
- Requer bons filtros para evitar interferência de canal adjacente.
- O sincronismo entre Fonte e Destino requer menor overhead quando comparado com o TDMA.
- Exemplo: AMPS: 2 bandas com 833 canais de 30 kHz cada

TDMA

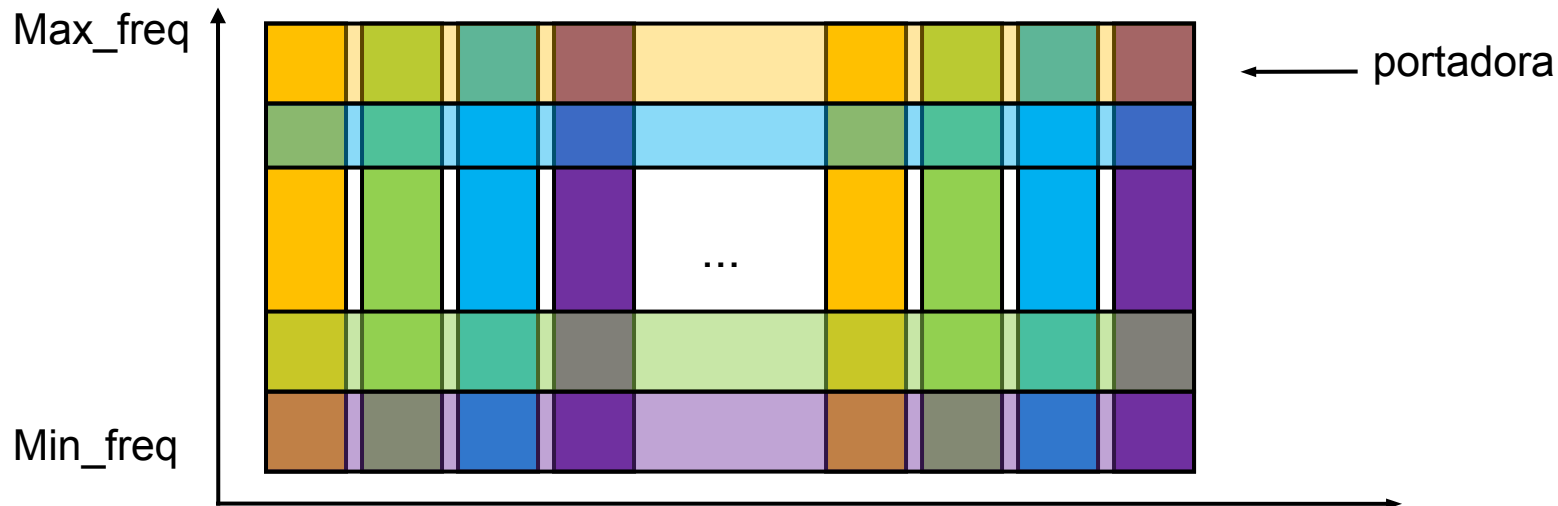
TDMA – Time Division Multiple Access



- O TDMA compartilha a banda disponível entre os usuários, dividindo-a em time-slots → transmissão dos dados é descontínua (bursts)
- Utiliza mais bits de sincronização e guarda se comparado ao FDMA
- Devido à característica de transmissão em rajadas, existe um menor gasto de bateria (transmite só durante o tempo de um time-slot)

FDMA + TDMA

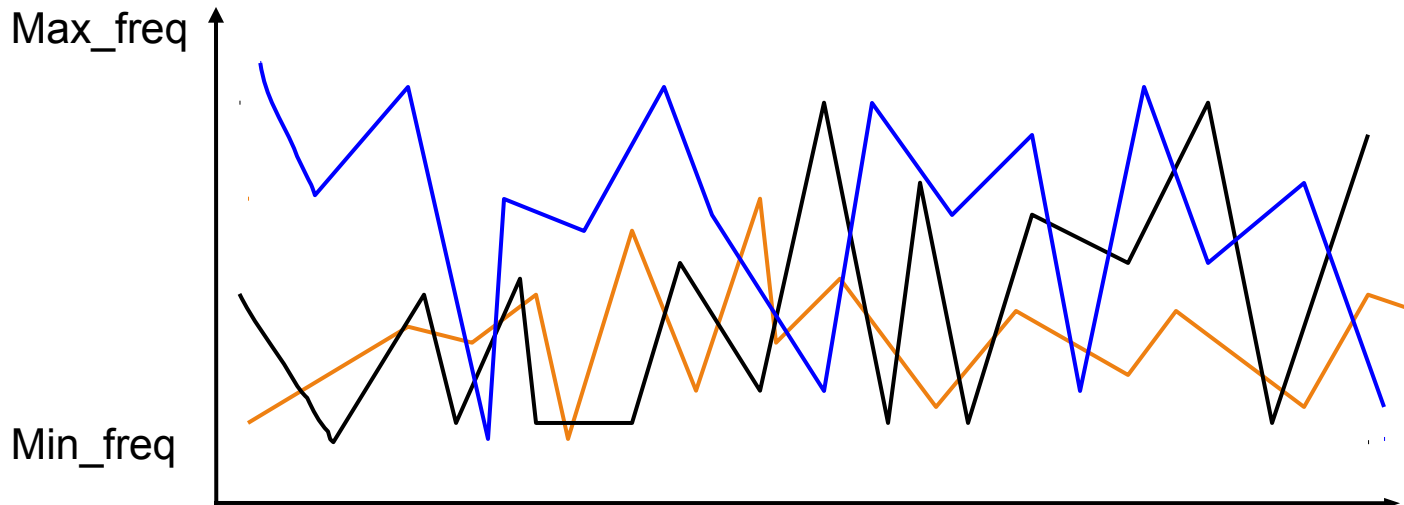
FDMA e TDMA combinados (Exemplos: IS-136, GSM)



- Esta técnica combina a divisão da banda em faixas menores (portadora) que por sua vez é subdivida no tempo (time-slots). Consequentemente tem-se uma melhor utilização do espectro.
- No GSM as 2 bandas de 25 MHz (Up/ Down Link) são divididas em portadoras de 200 KHz cada, que por sua vez são subdivididas em 8 time slots de 4.615ms.

CDMA

CDMA – Code Division Multiple Access

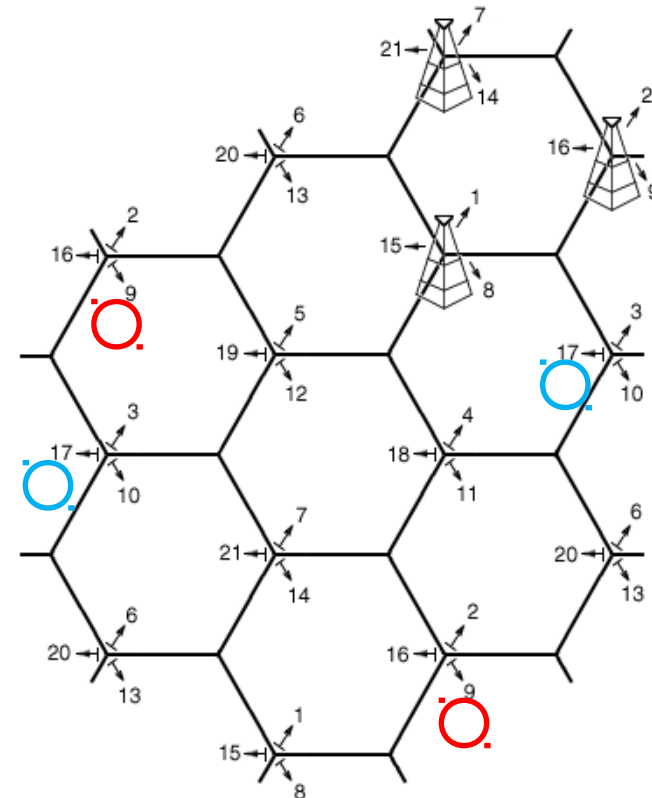
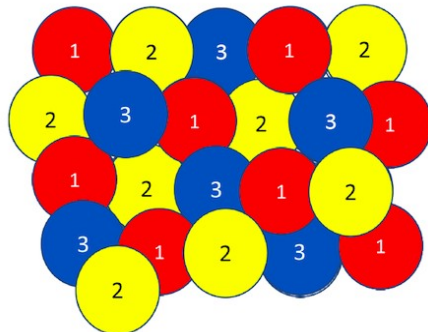


- Todos usuários transmitem na mesma banda (simultaneamente) o dado codificado; e somente os detentores da chave conseguem decifrar o dado. Isso garante maior segurança.
- A capacidade não é fixa, dependendo da relação S/N do meio. É eficiente quando utilizada para muitos usuários.

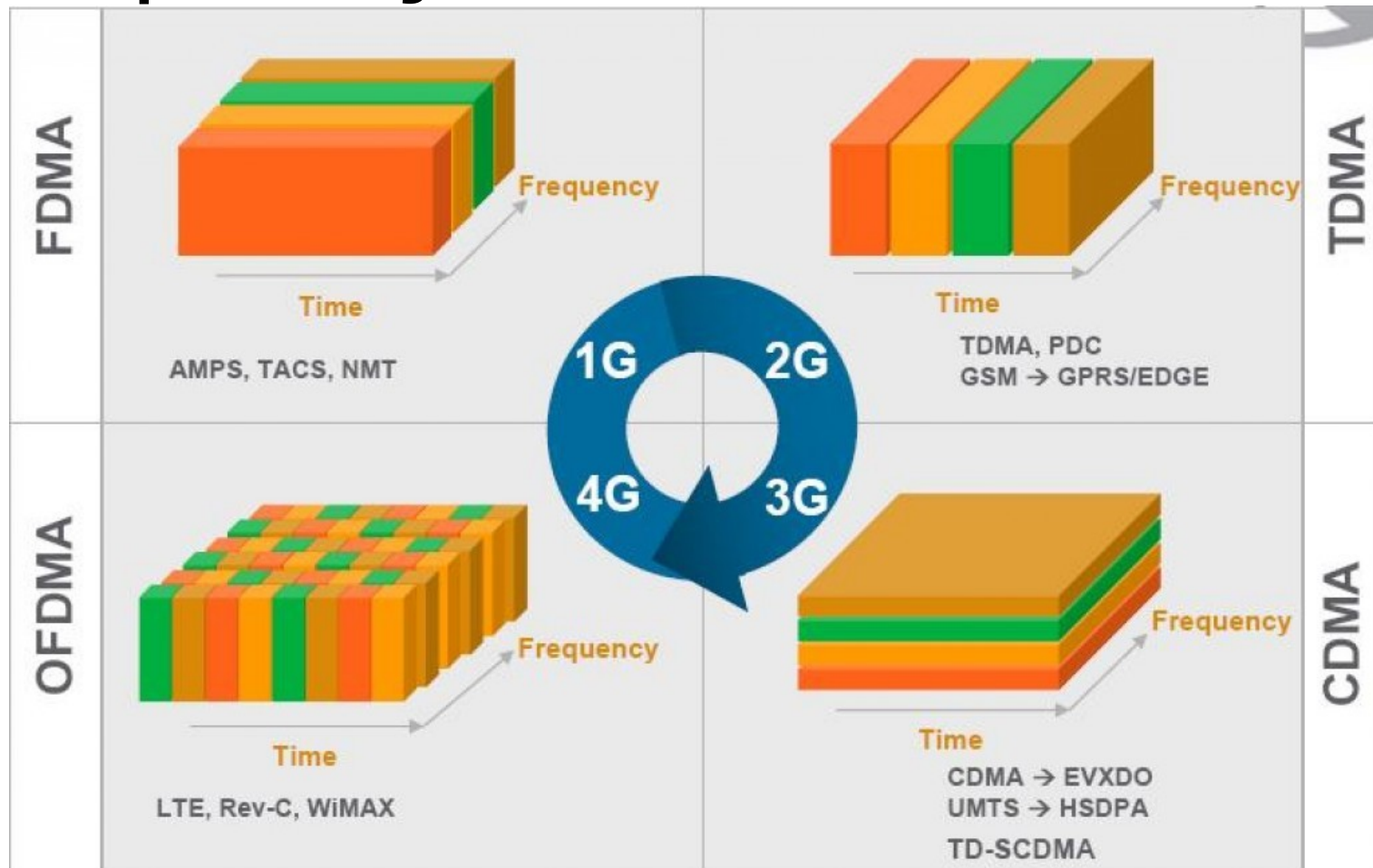
SDMA

SDMA – Space Division Multiple Access

- Usado em redes celulares (células são áreas irregulares em torno de uma antena)
- Atribuir faixas de frequência diferentes a regiões (células) adjacentes, de forma a evitar a interferência de sinal
- Para células distantes, pode-se reutilizar a faixa de frequência
- Para isto, o alcance de transmissão da antena deve ser bem ajustado



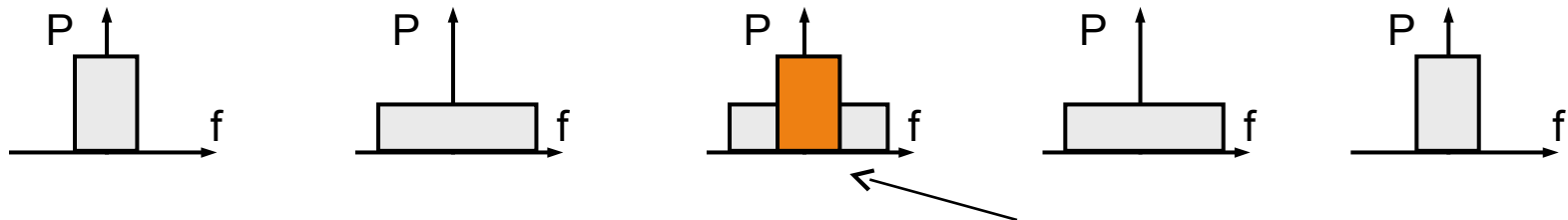
Diferentes técnicas de multiplexação em Redes Móveis



Espalhamento de Sinal

Técnicas de espalhamento de sinal:

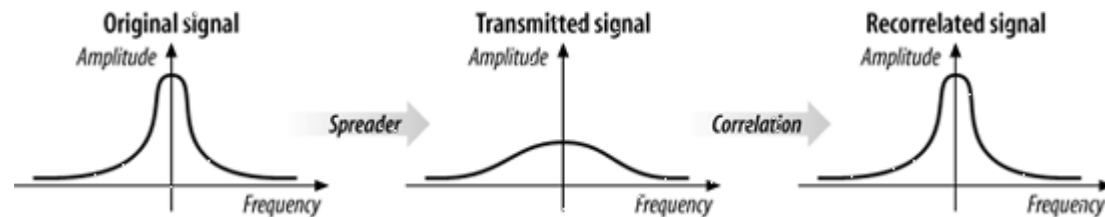
- Em vez de transmitir em faixa estreita de frequência (e com alta potência), transforma-se o sinal em faixa larga de frequência (e baixa potência). A energia final para a transmissão geralmente é igual.
- O receptor tem a capacidade de identificar sinal apesar de interferências e transformar o sinal de faixa larga para faixa estreita



- Principal vantagem: resistência a **interferências de faixa estreita**

Espalhamento de Sinal

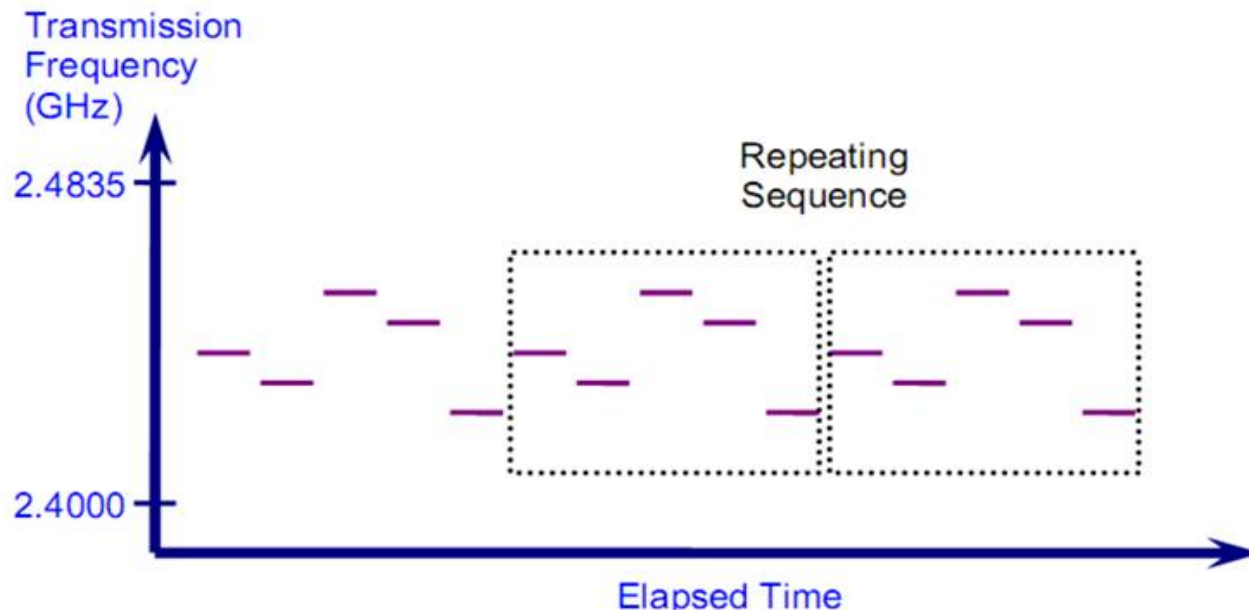
- FHSS
 - O sistema salta de uma frequência para outra segundo um padrão randômico, transmitindo uma pequena sequência em cada subcanal.
- DSSS
 - A potência é espalhada sobre uma faixa ampla de frequência usando uma codificação matemática.
- OFDM
 - Um canal é dividido em vários subcanais e uma porção do sinal é codificada através de cada subcanal em paralelo (tecnicamente, não é espalhamento de sinal).



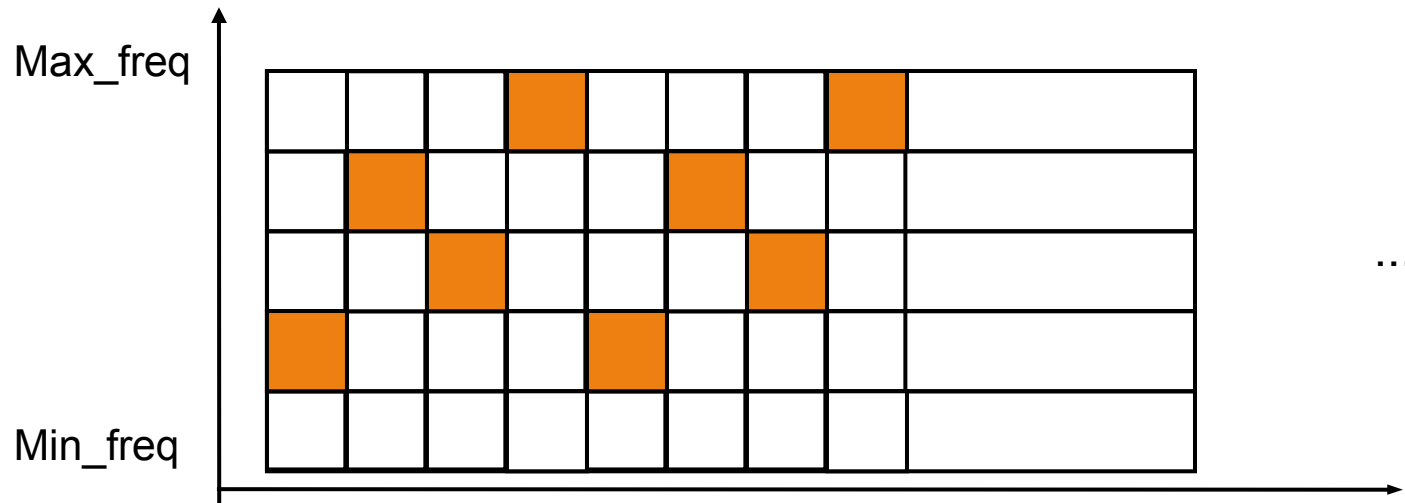
FHSS

Frequency Hopping Spread Spectrum:

- Banda de frequência total é dividida em vários canais de banda menor + banda de separação
- Transmissor e receptor permanecem no mesmo canal (frequência) durante certo tempo e depois “pulam” para outro canal, seguindo uma **hopping sequence** pré-determinada → **requer sincronização**
- Implementa FDM/TDM



FHSS



- Um hopping code (pseudo-randômico) determina a frequência portadora para cada time-slot
- Quando é detectada uma colisão, retransmite-se o dado no próximo slot
- Há um limite para o # de transmissões simultâneas
- **Bluetooth**: usa 79 portadoras com 1.600 hops/s
- Vantagem: evita interferência com transmissão em largura de banda estreita

DSSS

Direct Sequence Spread Spectrum

- Princípio de funcionamento

Chipping Code [00010011100]

Dados:

	1		0		1
111111111111,	000000000000,	111111111111			

Code: 00010011100, 00010011100, 00010011100

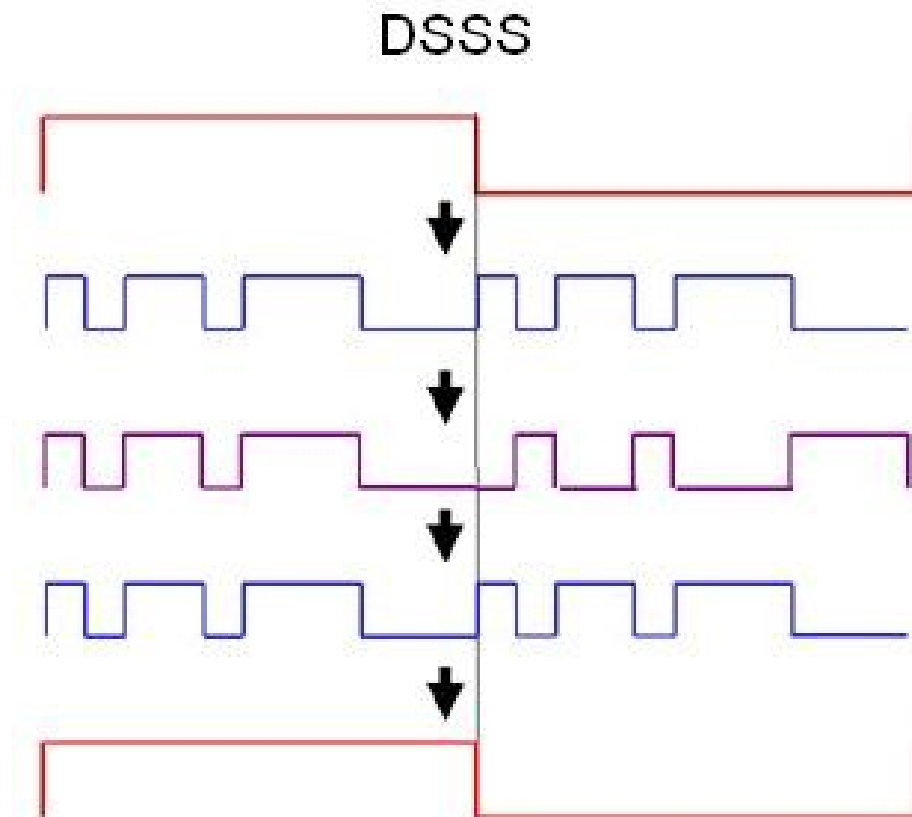
Sequência transmitida:

00010011100, 11101100011, 00010011100

- A fonte codifica cada bit de dados de acordo com um **chipping code** (que causa o espalhamento do sinal) e destino faz o “encolhimento” usando o mesmo código
- Espalhamento e encolhimento através de operação NOT XOR
- ZigBee e 802.11b utilizam DSSS

DSSS

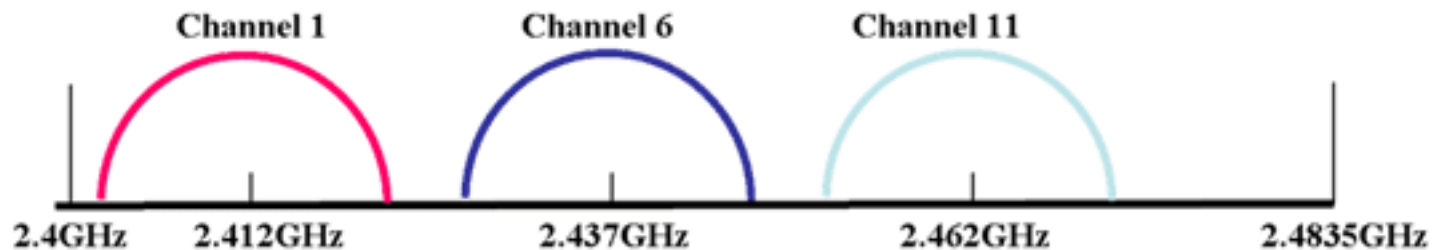
Direct Sequence Spread Spectrum



DSSS - 802.11b

22 MHz
↔

DSSS First Set: 3 non-overlapping channels:



DSSS Second Set: 6 half-overlapping channels

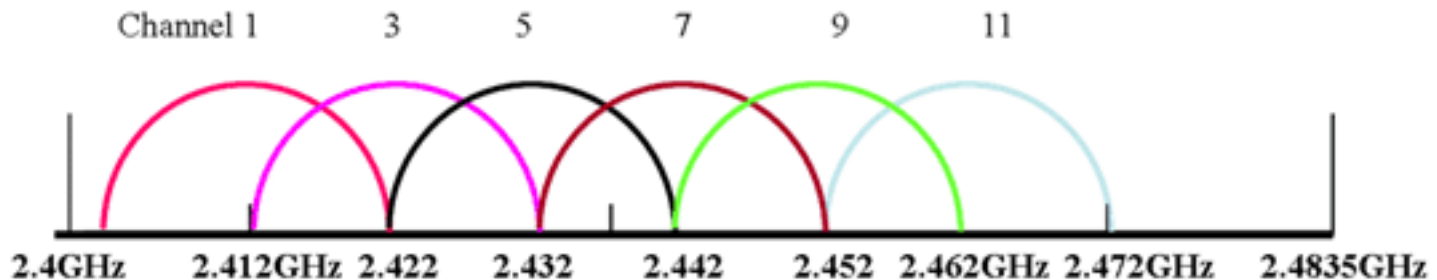


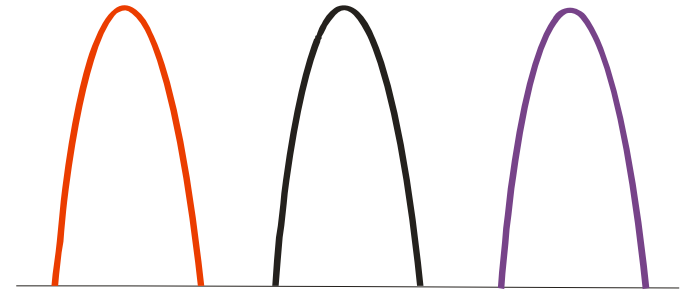
Figure 1. Wi-Fi Channelization

OFDM

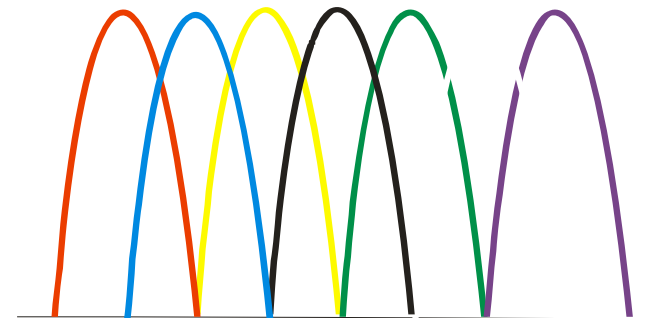
Orthogonal Frequency Division Multiplexing

- Caso especial de FDM
- Combina esquemas de múltiplo acesso com modulação

Frequency Division Multiplexing

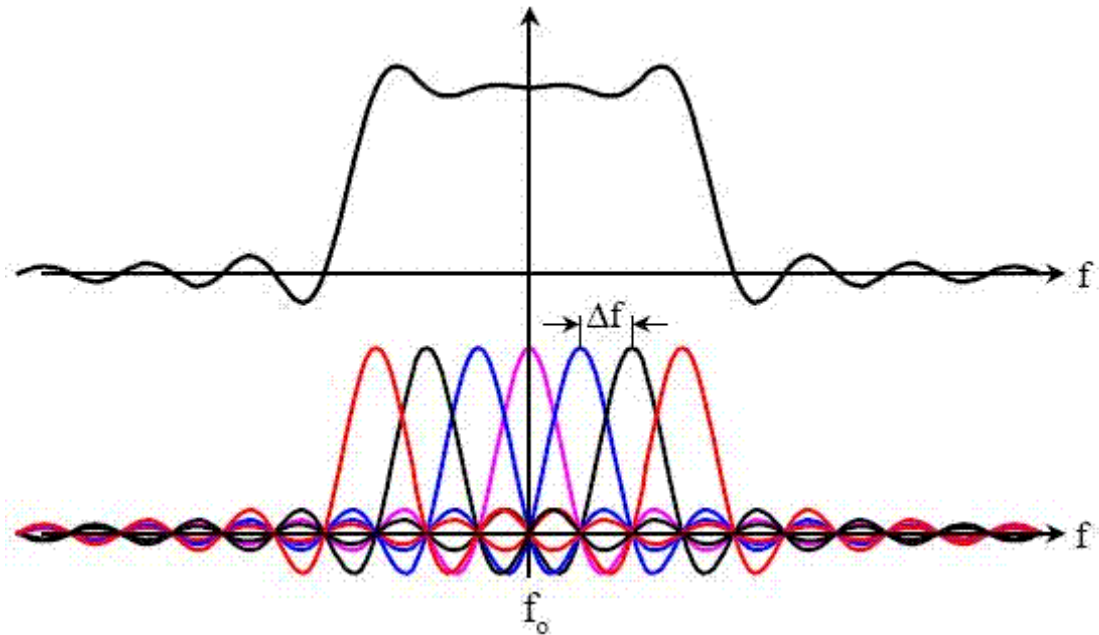


OFDM frequency dividing



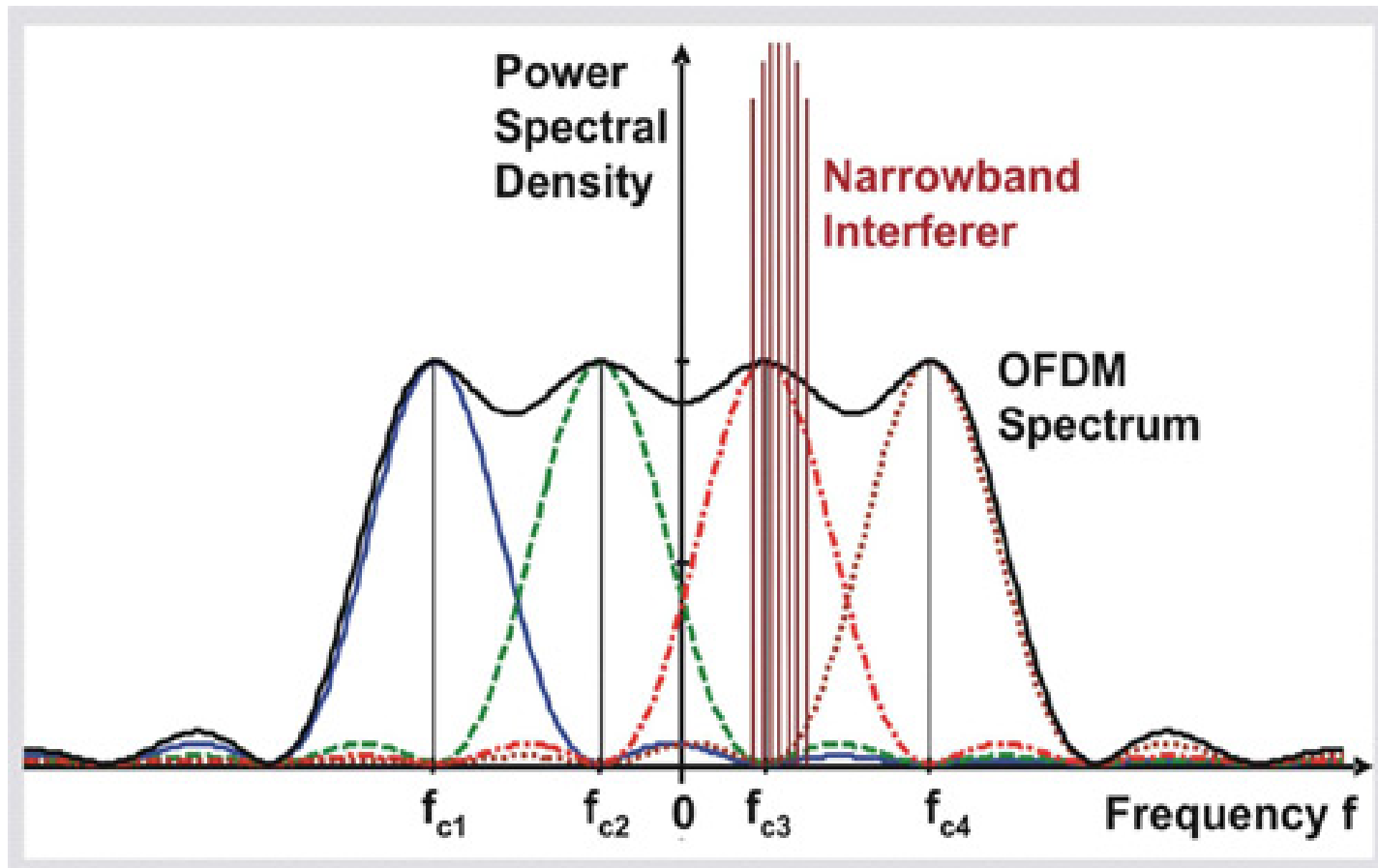
OFDM

- Divide um canal “largo” em vários sub-canais.
- Os sub-canais são utilizados em paralelo para obter maior throughput.
- 802.11:
 - 802.11a
 - 802.11g
 - 802.11n
 - 802.11ac
 - 802.11ad
 - UWB



OFDM

- Como as técnicas de espalhamento de sinal, aumenta a resitência à interferência de banda estreita





802.11

	802.11b	802.11a	802.11g	
Frequency band	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	
No. of channels	3	Up to 23	3	
Transmission	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)
Data rates [Mb/s]	1, 2, 5.5, 11	<u>6</u> , 9, <u>12</u> , 18, <u>24</u> , 36, 48, 54	1, 2, 5.5, 11	<u>6</u> , 9, <u>12</u> , 18, <u>24</u> , 36, 48, 54

