

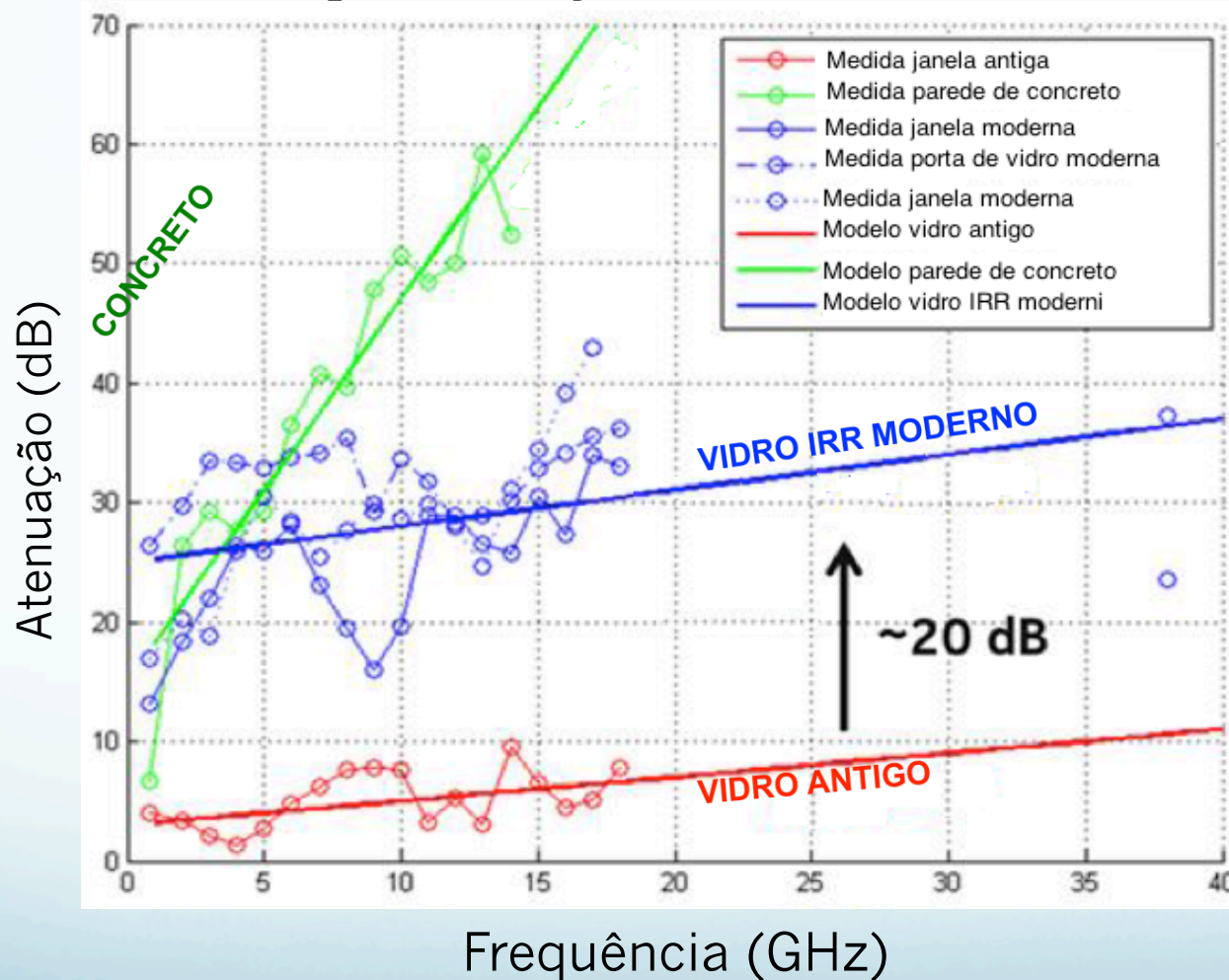
Interferência dos Sistemas Móveis Terrestres em Aplicações de Satélite

Conceituação, Caracterização, Estudos de Interferência e Real necessidade de compartilhamento espectral

Waldo Russo - SINDISAT

Compartilhamento Espectral: Conceito 1

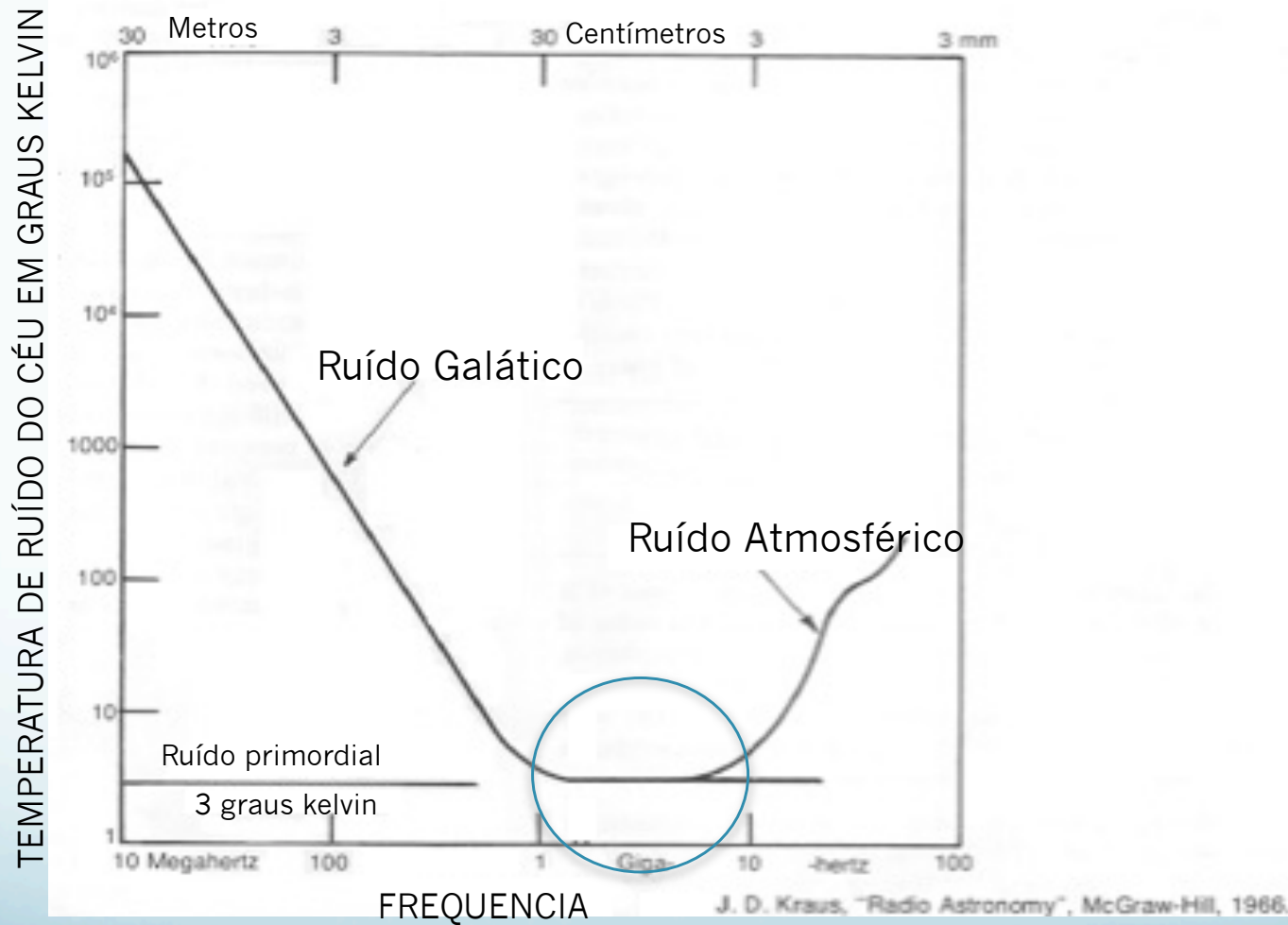
- Espectro limitado e com condições de propagação diferenciadas – necessidade de regulamentação



Compartilhamento Espectral: Conceito 1

Diagrama do ruído do céu

COMPRIMENTO DE ONDA

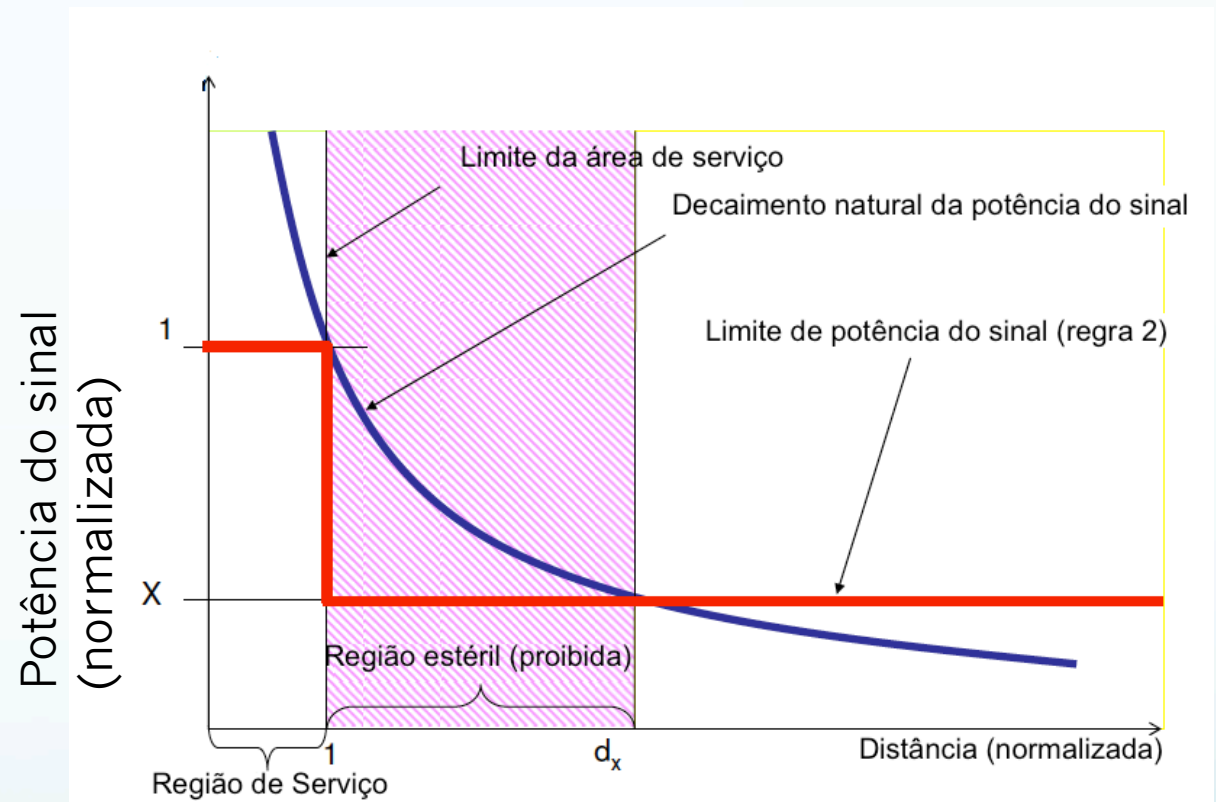


Compartilhamento Espectral: Conceito 2

Espectro compartilhado, negociado, agregado, dividido e utilizado por uma larga gama de serviços selecionados pelo usuário, sob DUAS regras básicas:

1. Transmissão com restrições de potência dentro da região “eletro-espacial” licenciada;
2. Sinais com nível abaixo de “X” fora da região licenciada.

Problema: Sinal decai gradualmente



IMPLICA EM ALTERAÇÃO DO SINAL NA FRONTEIRA DA REGIÃO LICENCIADA

Compartilhamento Espectral: Conceito 3



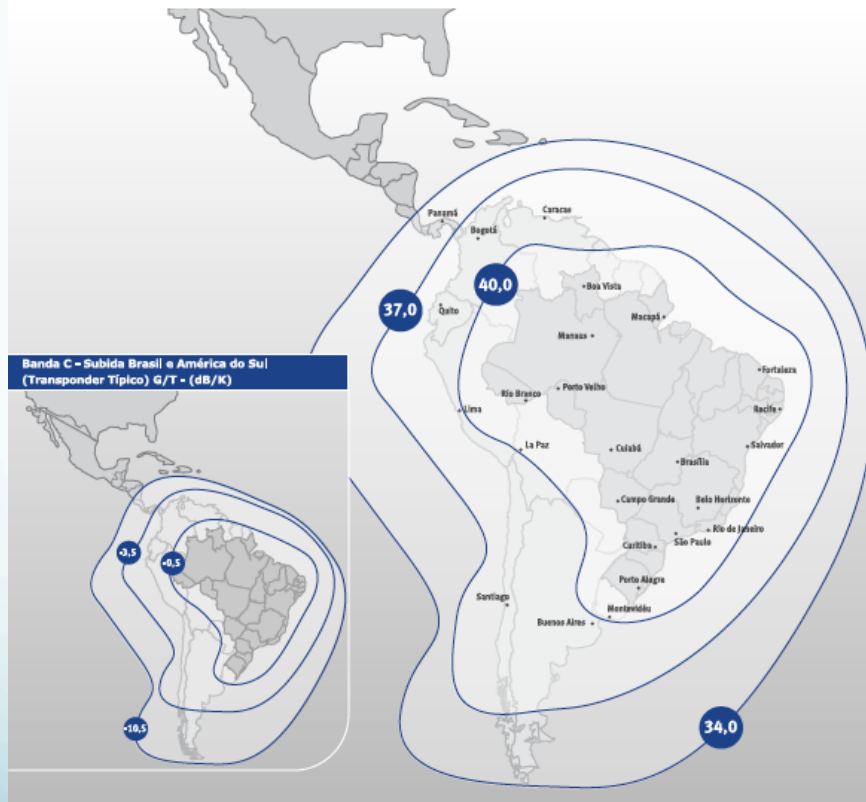
- O serviço (qualidade, alcance, cobertura, etc.) depende da relação de potência dos sinais desejado-não desejado (ambiente congestionado);
- Para ser rejeitado, um sinal não intencional deve estar suficientemente afastada da janela de atuação do receptor em pelo menos uma dimensão:
 - **Domínio geográfico** (e.g., distância de reutilização de frequências);
 - **Domínio espectral** (por exemplo, os planos de frequências);
 - **Domínio do tempo** (e.g., sistemas TDMA);
 - **Domínio de codificação / espalhamento** (como em sistemas de espalhamento espectral);
 - **Domínio da direção de emissão** (diretividade da antena) etc., bem como qualquer combinação dos domínios acima.

Características Comuns do FSS na Banda C - 1

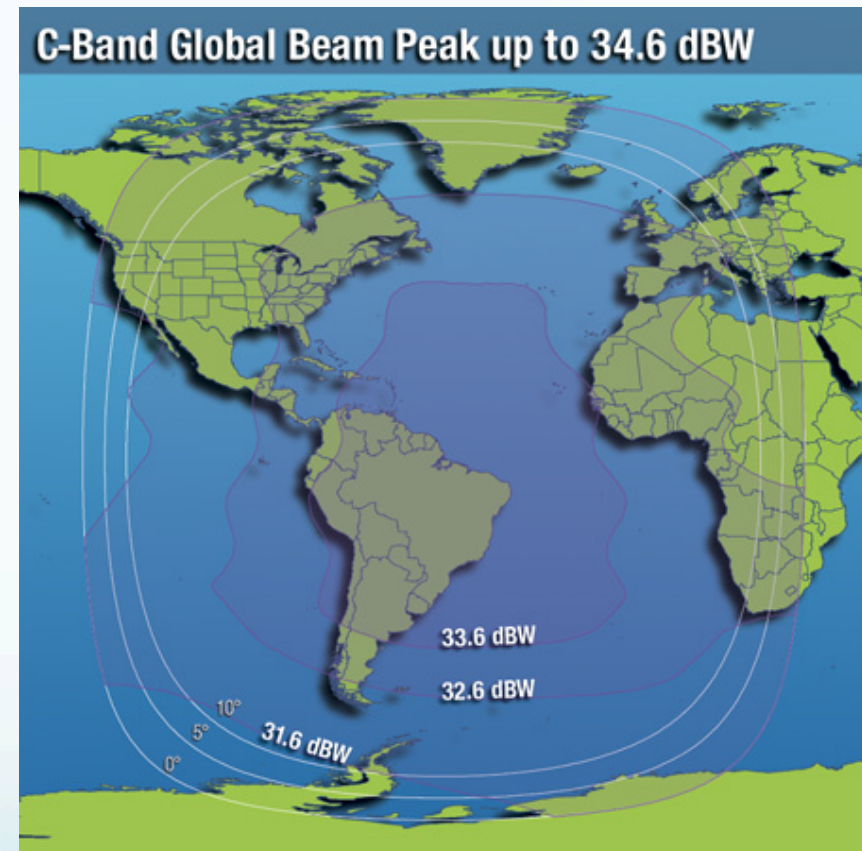
- Cobertura de descida e subida extensas: dimensões nacionais, continentais e global – Consequência: baixa intensidade do sinal recebido

Banda C - Descida Brasil e Am. do Sul (Transponder Típico) EIRP (dBW)

É o novo satélite da terceira geração da frota Embratel Star One que substitui o satélite BRASILSAT B1. Este satélite cobre todo o território nacional e a América do Sul.



Fonte: StarOne

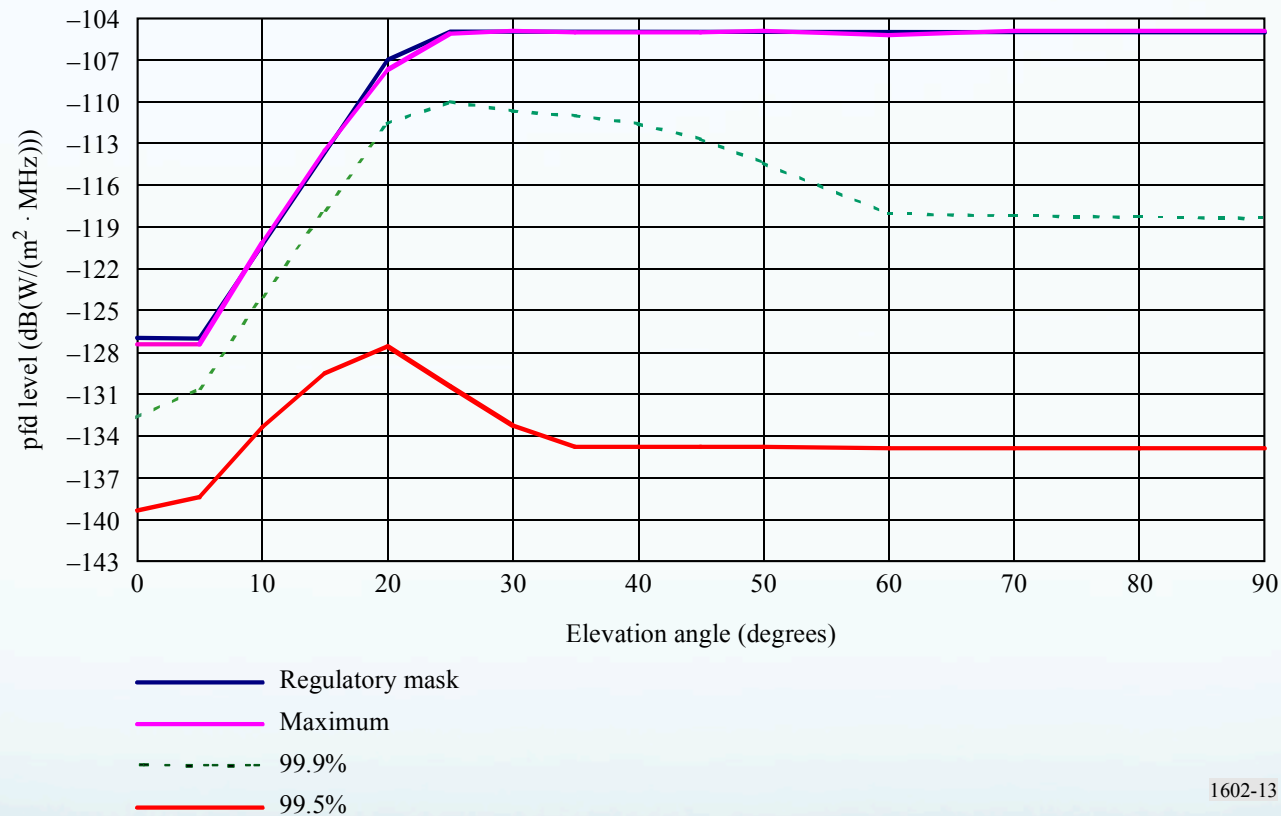


Fonte: Intelsat

Características Comuns do FSS na Banda C - 1

FIGURE 13

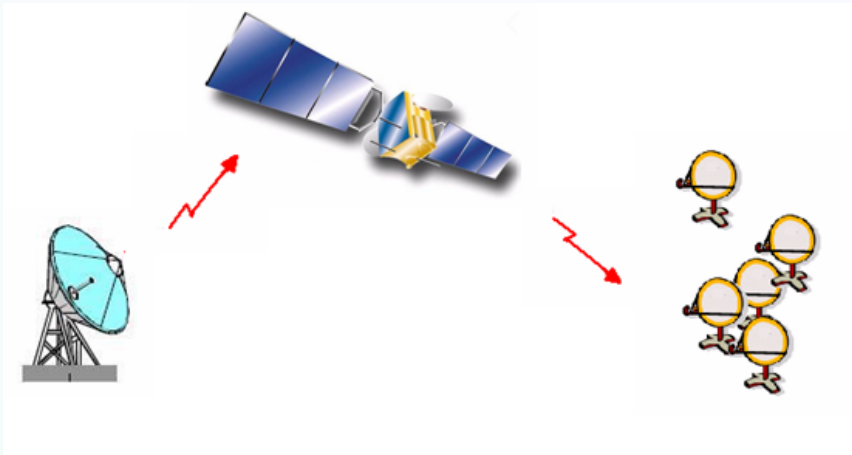
Aggregate pfd masks for GEO1 model (60 dBi multibeam) without operational elevation limitation



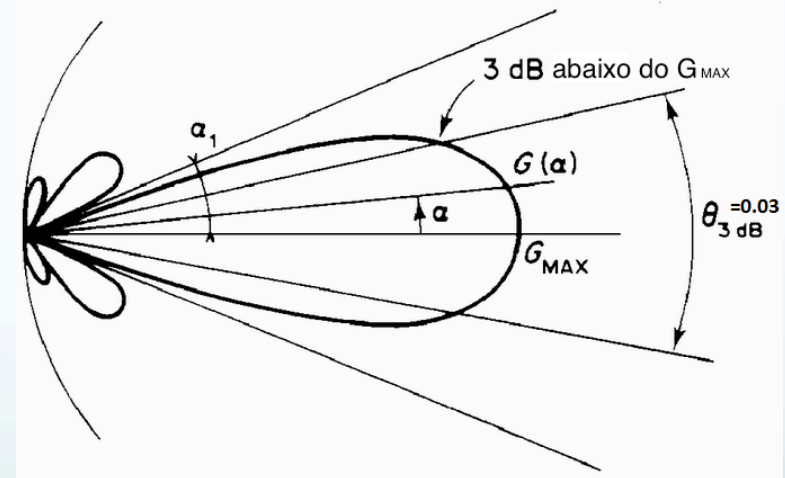
1602-13

Características Comuns do FSS na Banda C - 2

- Topologia mais comum: estrela (rede VSAT: estação central de alta capacidade ligada a múltiplas remotas de pequeno porte);



- VSATs com antenas de 1,8m – 2,4m de diâmetro- baixa diretividade – maior suscetibilidade à interferências



- **Planejamento de convivência complicado pelas inexistência de informações precisas sobre localização das estações somente de recepção (e.g., sensores, TVRO).**
- Pela mesma razão, dificuldade de planejamento de convivência com novas estações

Parâmetros do IMT Advanced



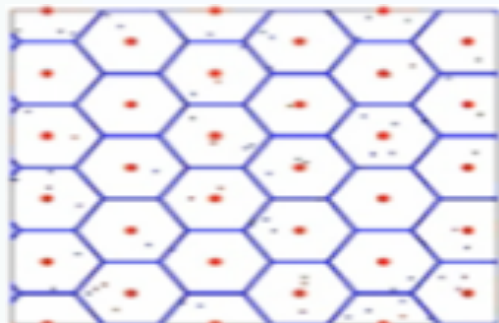
Parâmetros relacionados a implantação de sistemas IMT-Advanced na faixa de 3 a 6 GHz

	Suburbano Macro	Urbano Macro	Micro Célula Externa	Micro Célula interna
Características da ERB / Estrutura da Célula				
Potência/setor da ERB levando em conta fator de atividade	55-58 dBm	55-58 dBm	26 dBm	22 dBm
Características do Celular				
Densidade de aparelhos no modo ativo a ser usada nos estudos	2,16/ 5MHz/ km ²	2,16/ 5MHz/ km ²	2,16/ 5MHz/ km ²	Dependente da demanda de capacidade / cobertura interna
Potencia de saída máxima do celular	23 dBm	23 dBm	23 dBm	23 dBm
Potencia de saída média do celular	-9 dBm	-9 dBm	-9 dBm	-9 dBm

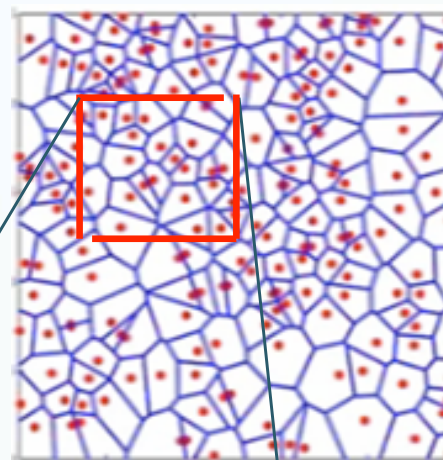
Fonte: DRAFT NEW REPORT ITU-R [FSS-IMT C-BAND DOWNLINK] – Anexo 17 ao relatório final do lider do Joint Task Group 4-5-6-7

Complicações Adicionais no IMT2020

Modelo de grade tradicional

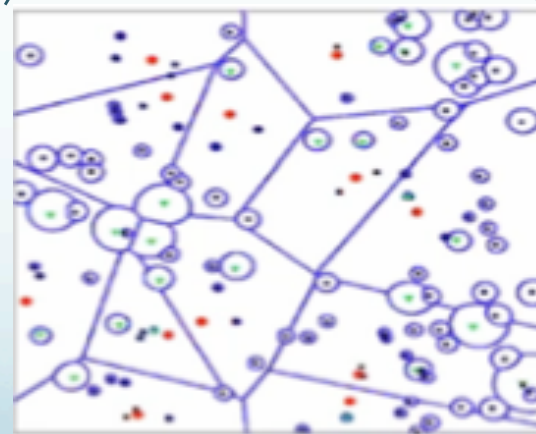


Macro células 4G atuais (Femto-ERBs completamente aleatórias)



DENSIFICAÇÃO

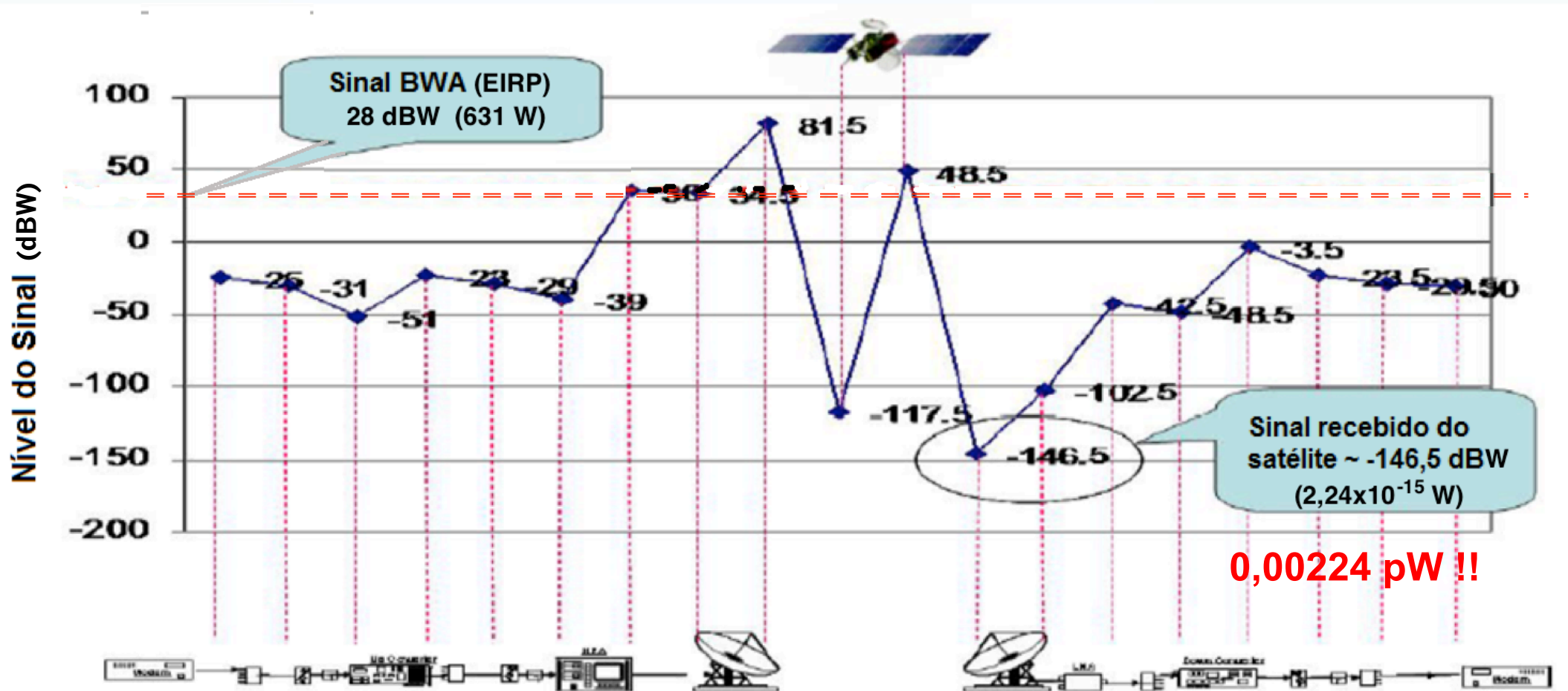
Zoom com Femto e Pico células



Grande complicação para a avaliação de potencial interferente em outros sistemas, na medida em que impõe considerações estatísticas para a modelagem do sinal interferente

A Dificuldade da Convivência

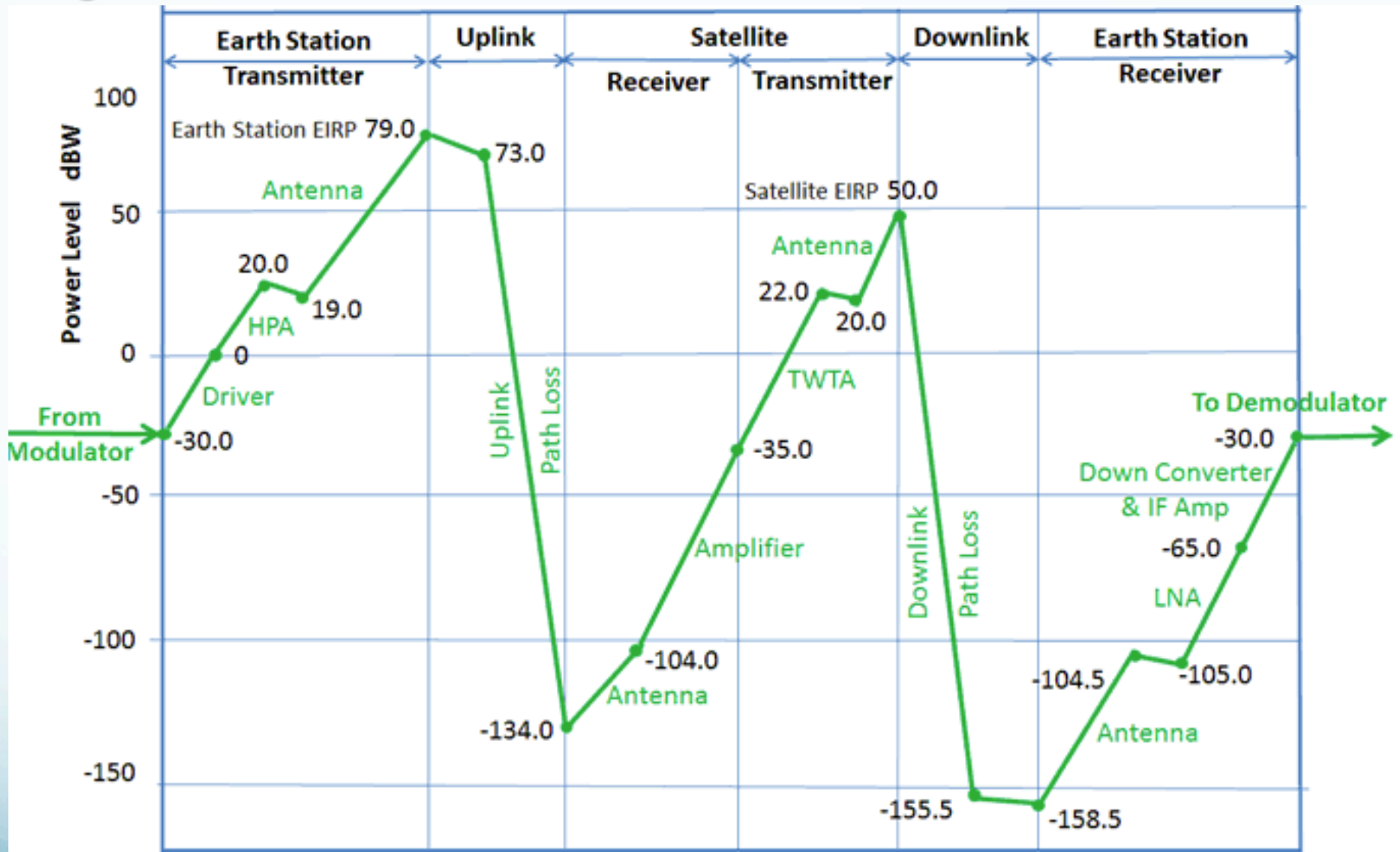
Diagrama de Nível de um enlace de descida do satélite na banda C:



Além disso, um LNB tipicamente apresenta nível de saturação de -60 dBm

A Dificuldade da Convivência

Diagrama de Nível de um enlace de descida do satélite na banda Ku:



ESTUDOS DE INTERFERENCIA

Interferência de IMT no Descida do FSS



- Documentos de Referência:
 - Report ITU-R M.2109 - “*Sharing studies between IMT-Advanced systems and geostationary satellite networks in the fixed-satellite service in the 3 400-4 200 and 4 500-4 800 MHz frequency bands*”, de 2007;
 - Report ITU-R S.2199 “*Studies on compatibility of broadband wireless access systems and fixed-satellite service networks in the 3 400-4 200 MHz band*” de 2010 e;
 - DRAFT NEW REPORT ITU-R [FSS-IMT C-BAND DOWNLINK] “*Sharing studies between International Mobile Telecommunication-Advanced Systems and geostationary satellite networks in the fixed-satellite service in the 3 400-4 200 MHz and 4 500-4 800 MHz frequency bands in the WRC study cycle leading to WRC-15*”, de 2014

Este estudo foi desenvolvido em conjunto pelos Grupos de Estudo em Radiocomunicações 4 (Serviços Satélite) e 5 (Serviços Terrestres), dentro do JTG 4-5-6-7.

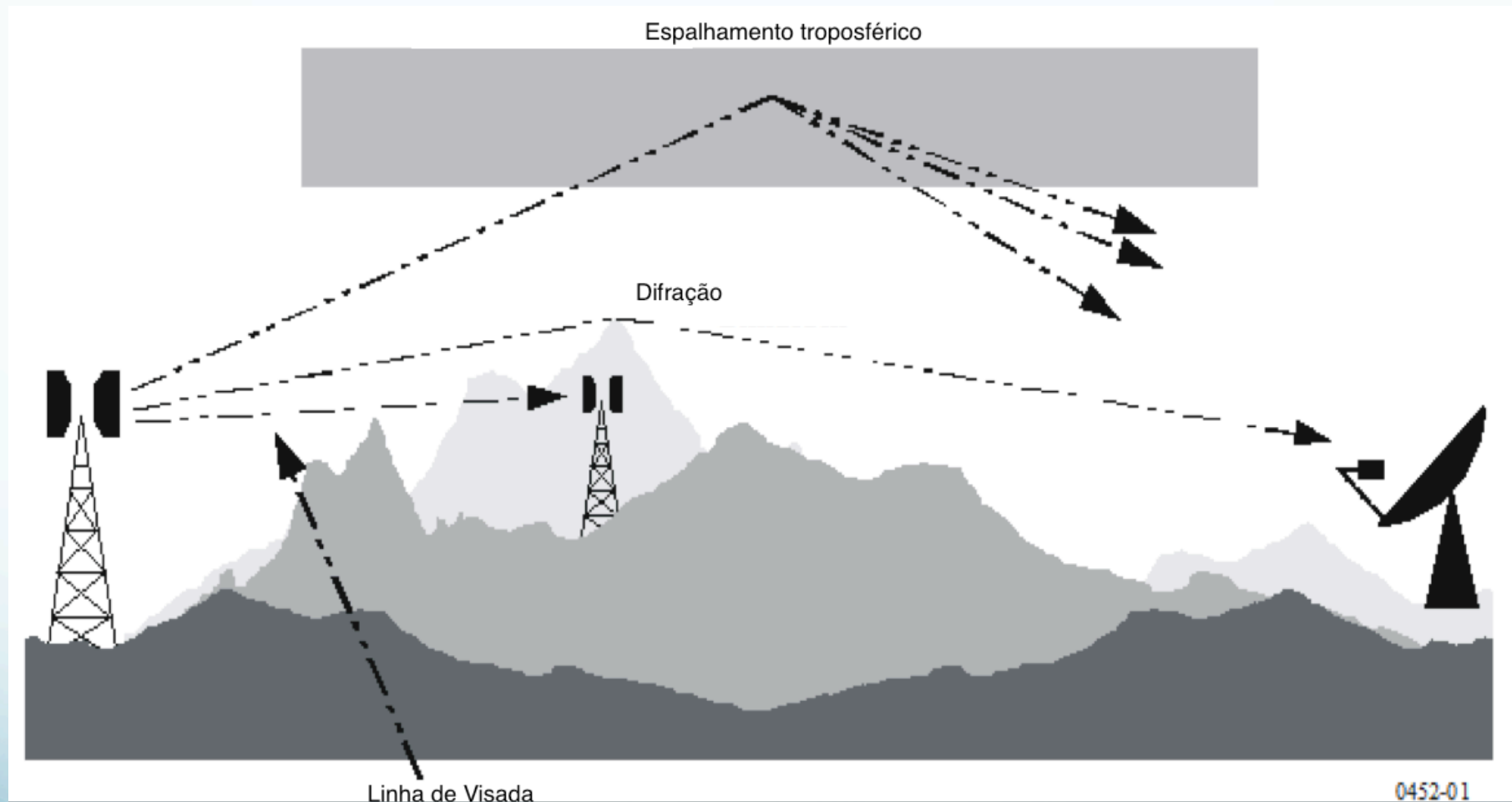
O Relatório DRAFT NEW REPORT ITU-R [FSS-IMT C-BAND DOWNLINK]



- Aspectos importantes para enfoque em interferências provocadas por IMT em canais adjacentes ao FSS:
 - ACLR – razão da potência média na frequência central do canal consignado para a potencia média em uma frequência de canal adjacente (TS 36.104 v.11.2.0 do 3GPP)
- Modelos de propagação da ITU-R P.452 (*Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz*)
- Informação sobre Interferência - quatro mecanismos conhecidos:
 - Interferência de emissões IMT na mesma banda;
 - Interferência de emissões IMT em bandas adjacentes (ou emissões IMT indesejadas) – tanto de RBS IMT como de UE (celular)
 - Sobrecarga do LNA/LNB
 - Intermodulação (IM) no LNA/LNB
- Critérios de interferência de longo prazo (ITU-R S.1432) e de curto prazo (ITU-R SF.1006)

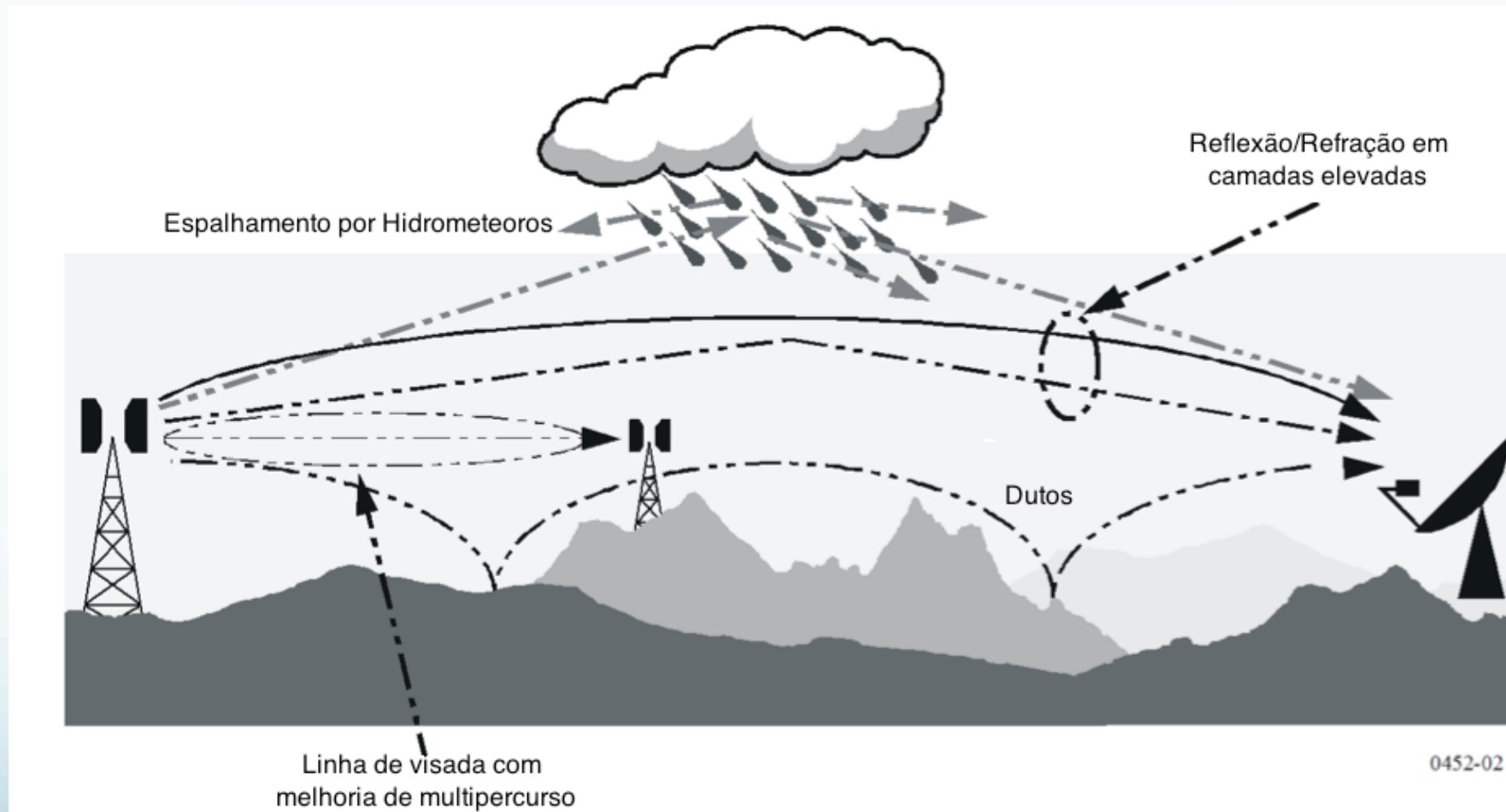
Interferência de Longo Prazo e de Curto Prazo

- Mecanismos de Interferência de Longo Prazo



Interferência de Longo Prazo e de Curto Prazo

- Mecanismos de Interferência de Curto Prazo



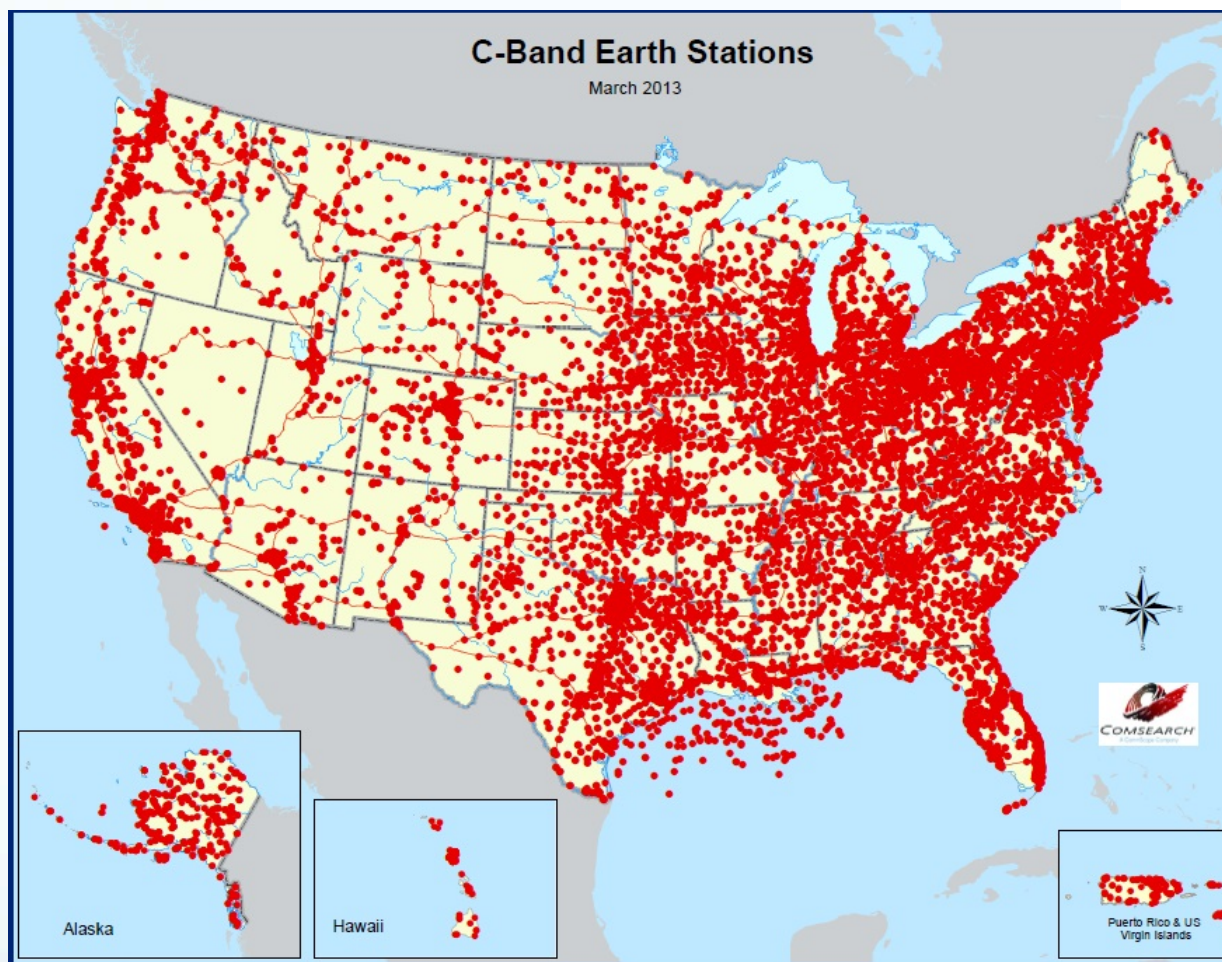
Estudos Técnicos – Sumário das principais premissas



No do estudo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Modelo de Propagação											
Uso da Rec. ITU-R P-452-14	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não (P.452-15)	Sim	Sim	Sim	Sim
Uso de perfil de terreno real	Não	Não (genérico)	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	BWA no BR
Mecanismos de Avaliação da Interferência											
Emissão na mesma banda	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não
Emissão em banda adjacente	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Sobrecarga de LNA / LNB	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Avaliação da intermodulação	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não

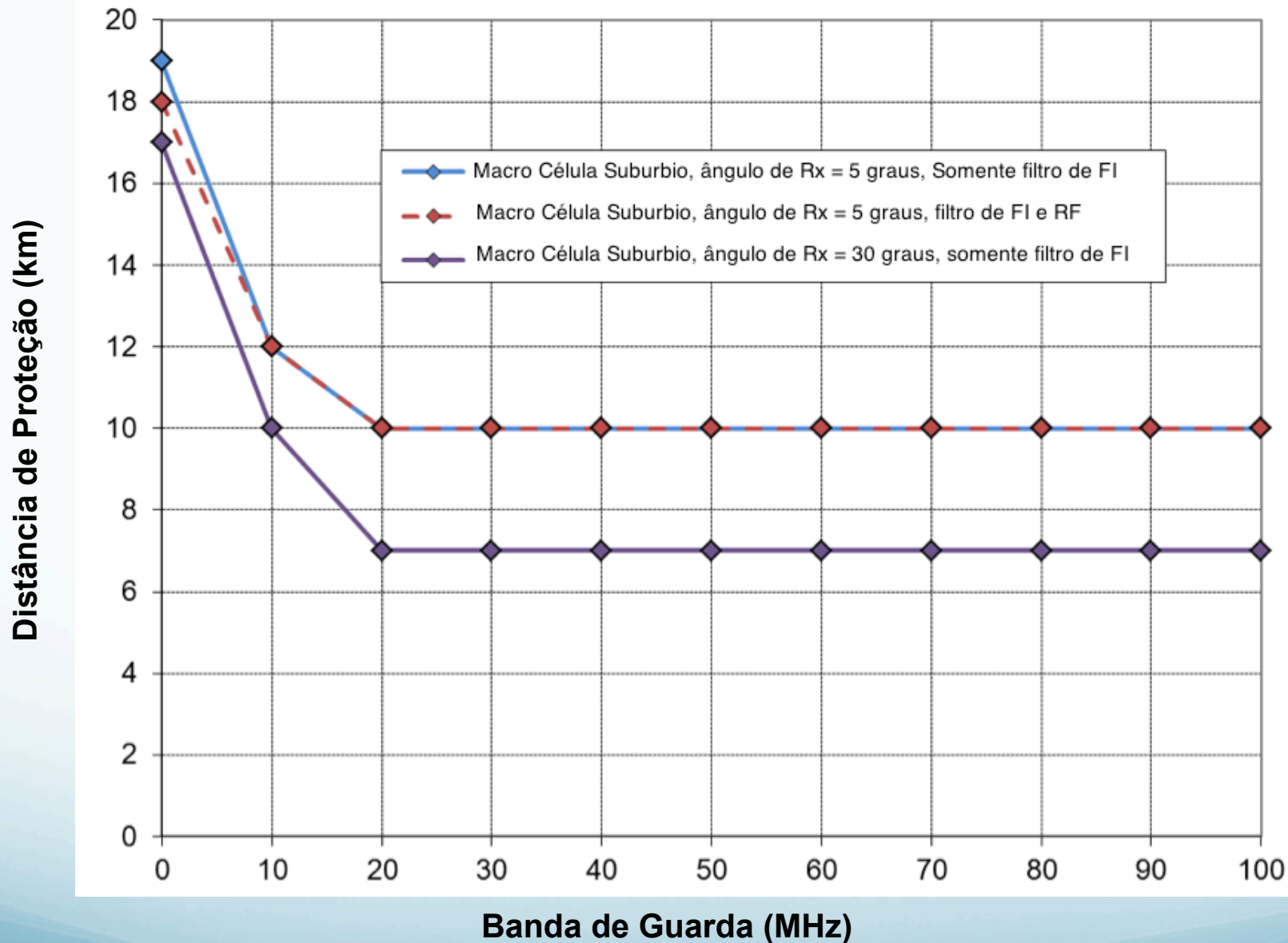
Canal adjacente; Compatibilidade entre IMT nas (ou em partes das) faixas de 3.3-3,4 GHz / 4.4-4.5 GHz / 4.8-4.9 GHz e sistemas FSS nas faixas 3.4-4.2 GHz / 4.5-4.8 GHz

Comentários sobre o Estudo 4 (1)



- 5.000 estações registradas na banda 3.7 a 4.2 GHz;
- Cerca de 122.000 TVRO não registradas (segundo PBS)

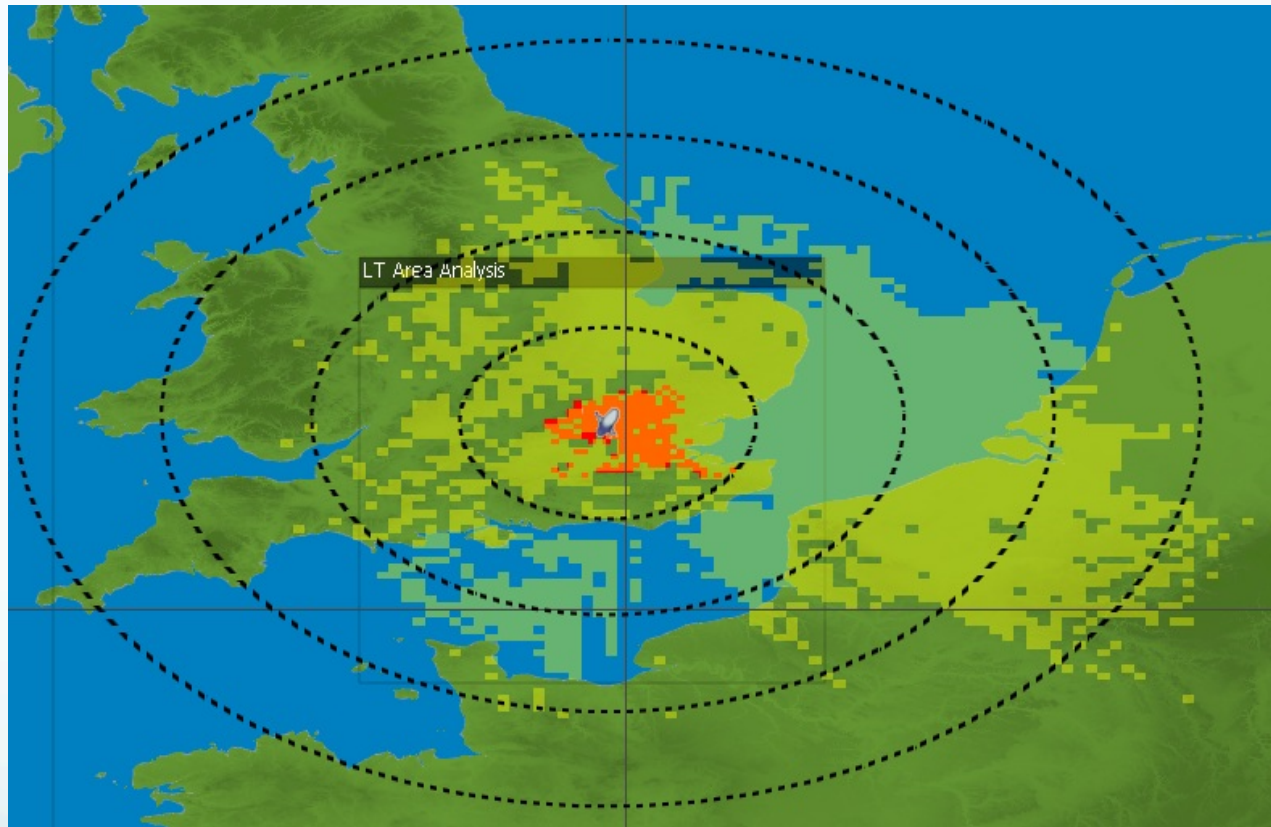
Comentários sobre o Estudo 4 (2)



Alguns Casos Reais (1)

1. Teleporto de Brookmans Park

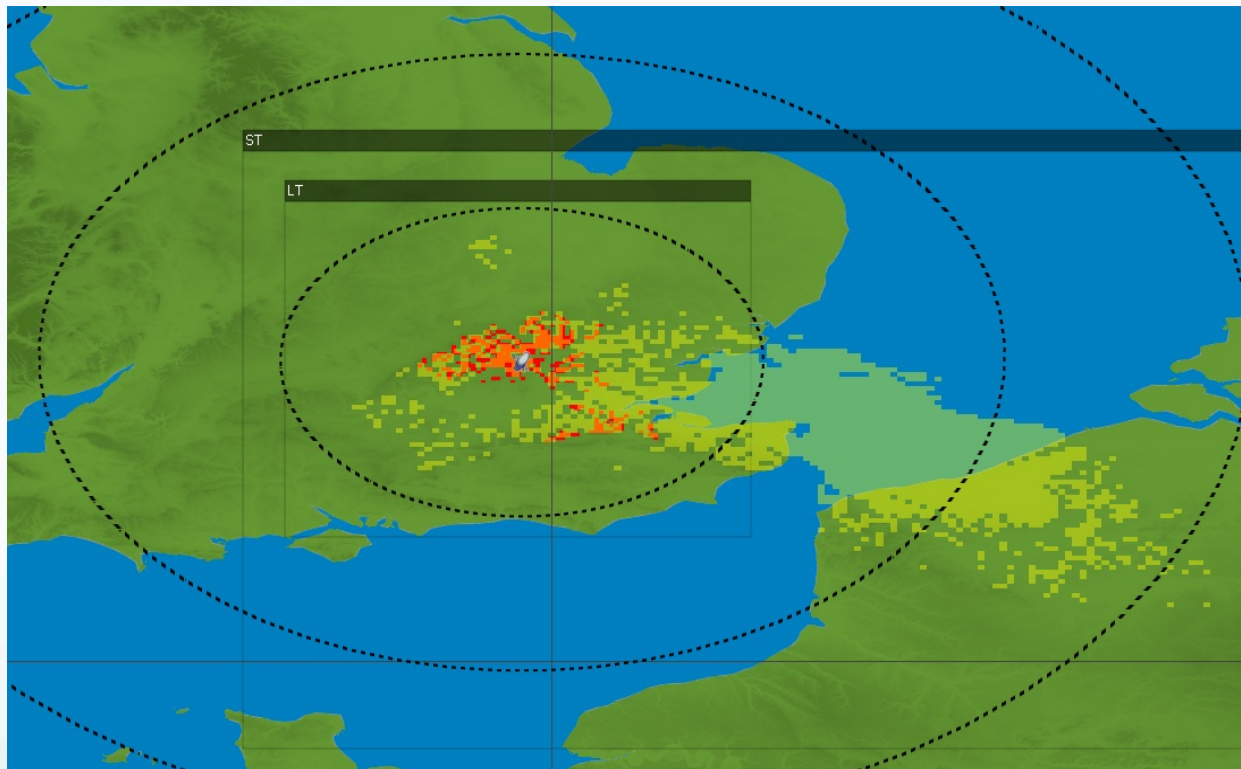
1.1 Macro Célula em ambiente urbano, 10° de *down tilt*



- Curvas de raio 100, 200, 300 e 400 km;
- Antena FSS de 5m de diâmetro

Alguns Casos Reais (2)

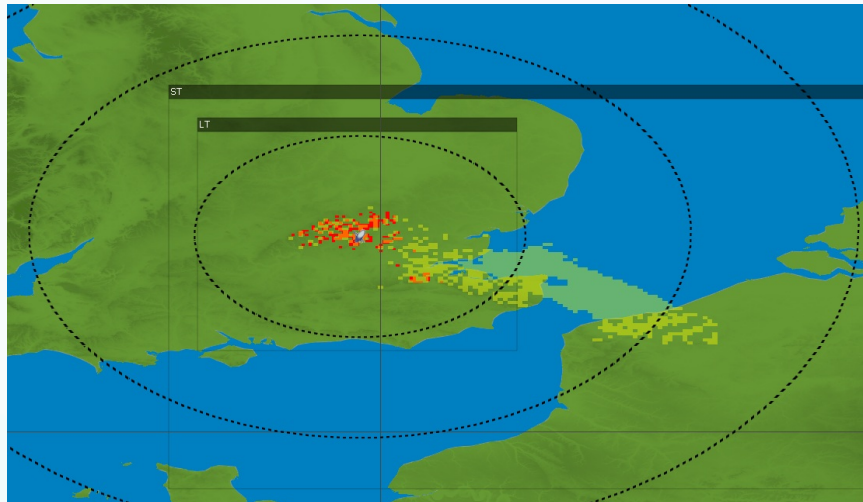
1.2 Zona de Proteção para Brooksmann Park no caso de Micro Célula externa



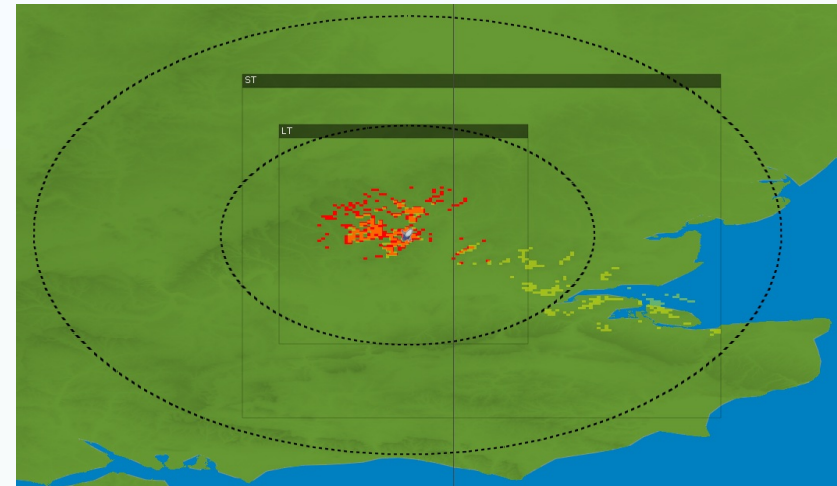
- Curvas de raio 100, 200 e 300 km

Alguns Casos Reais (3)

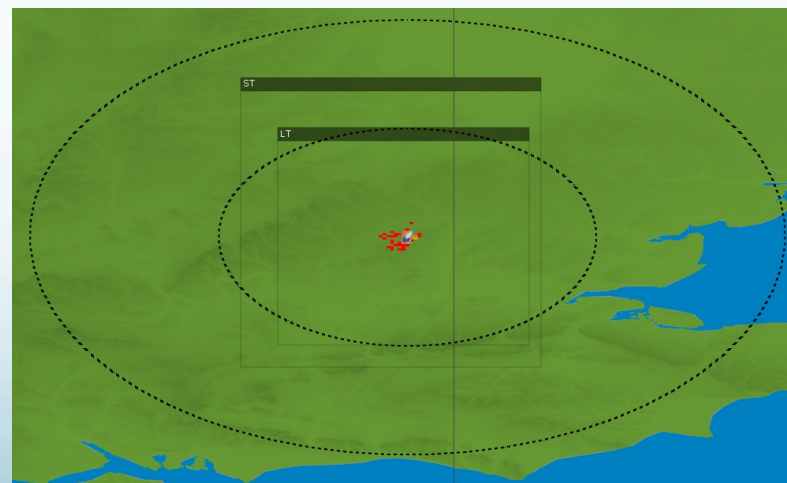
1.3 Zona de Proteção para Brooksmann Park no caso de Micro Célula interna, 0 dB, 10 dB e 20 dB de perda de penetração em edificações



Curvas 100/200/300 km



Curvas 50/100 km

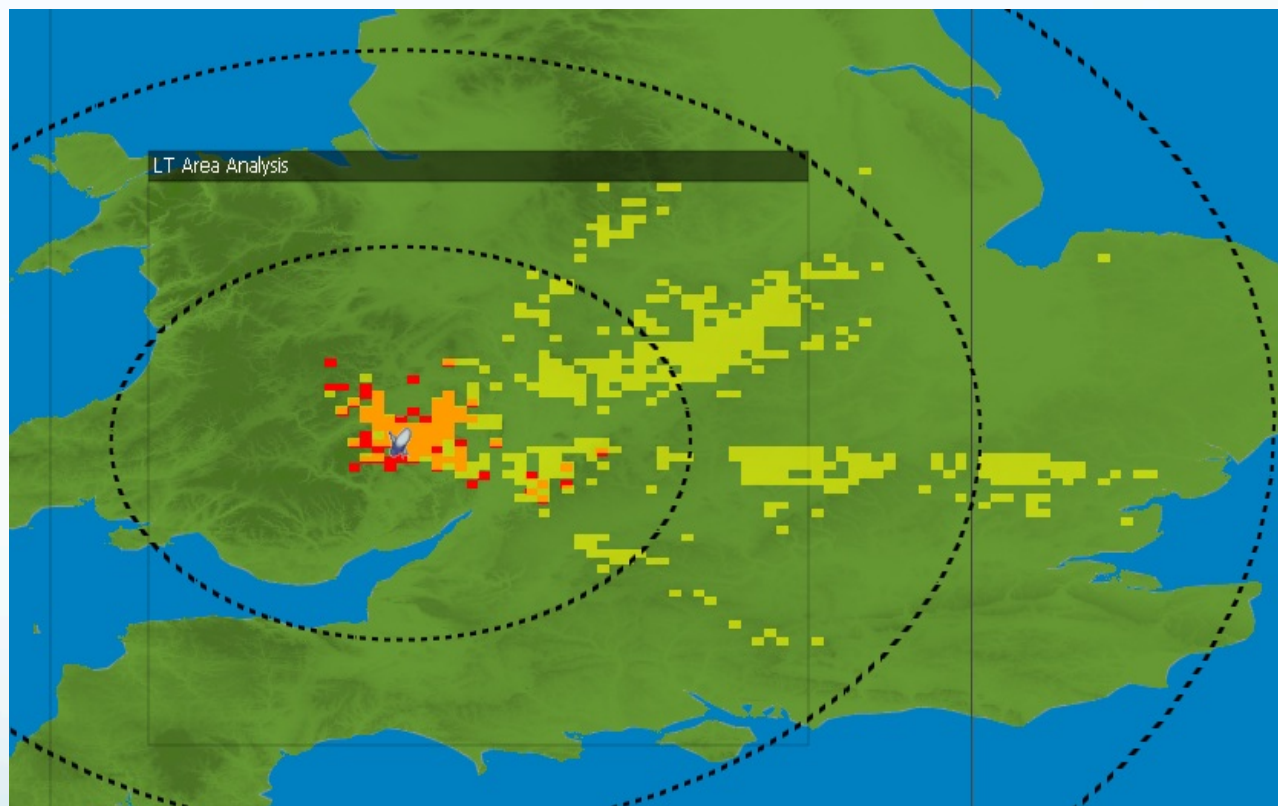


Curvas 50/100 km

Alguns Casos Reais (4)

2. Teleporto de Madley

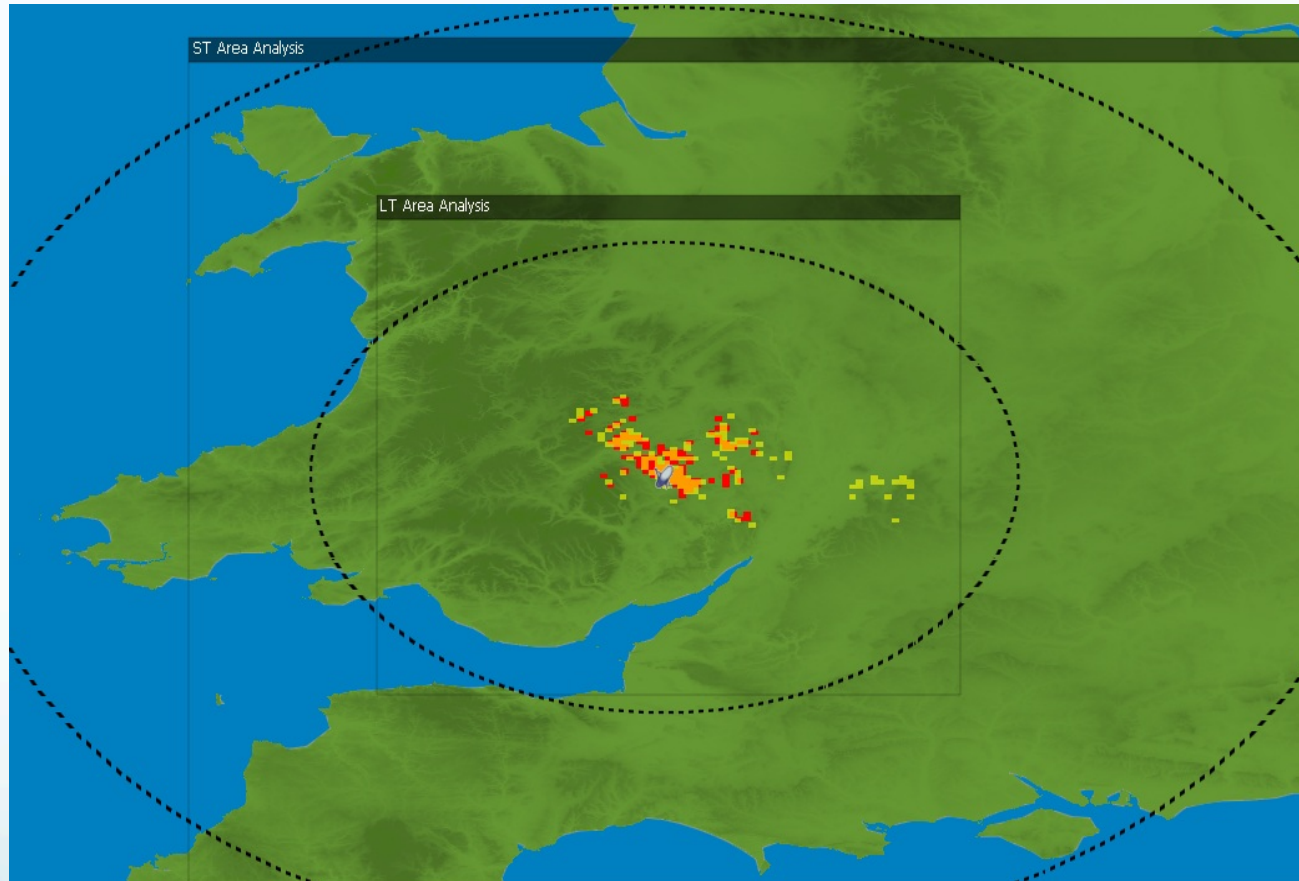
2.1 Macro Célula em ambiente macro urbano, 10° de *down tilt*



- Curvas de 100, 200 e 300 m
- Antena de 12m de diâmetro

Alguns Casos Reais (5)

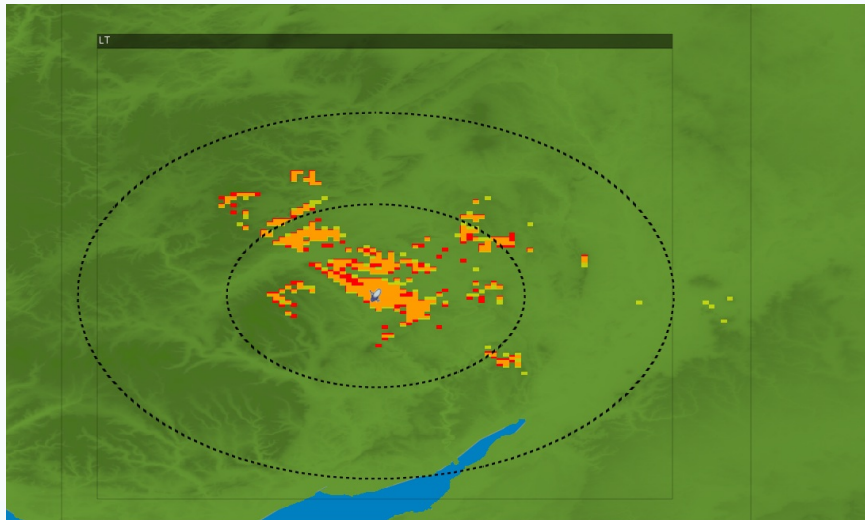
2.2. Proteção para a estação de Madley no caso de Micro célula externa



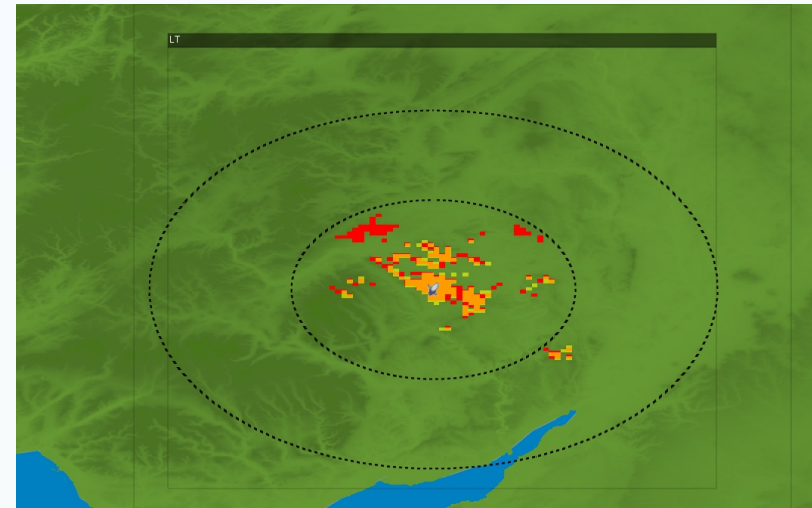
Curvas de 100 e 200 Km

Alguns Casos Reais (6)

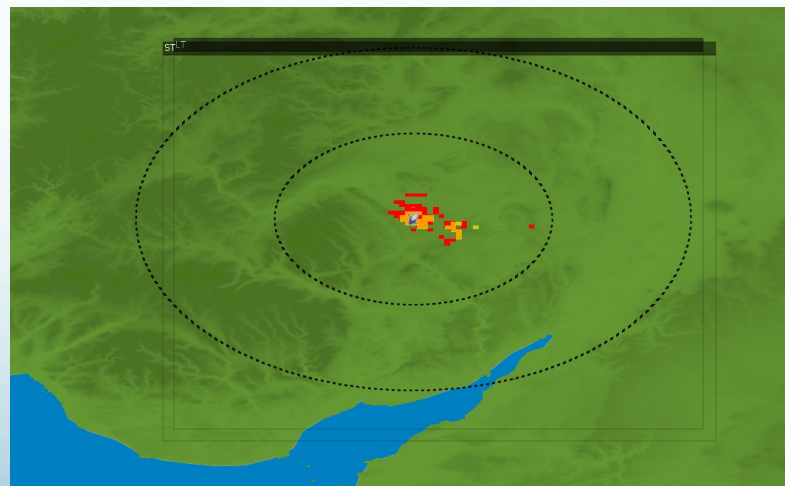
1.4 Zona de Proteção para Madley no caso de Micro Célula interna, 0 dB, 10 dB e 20 dB de perda de penetração em edificações



Curvas 25 e 50 km



Curvas 25 e 50 km



Curvas 25 e 50 km

Estudo 11 - Resultados



	Distância mínima sem interferência (m)			
	Potência Transmitida - BWA			
Tipo de Filtro	1 W	2 W	30 W	Banda C
Sem Filtro	1.600	3 000	12 350	Extendida
Sem Filtro	900	1 700	6 950	Padrão
Filtro Greatek	350	650	2 700	Padrão
Filtro Norsat	200	375	1 550	Padrão

- Frequência de Transmissão BWA: 3.550 MHz
- Frequências de Recepção FSS: 3.638 e 3.955 MHz
- Antenas de 2,6m de diâmetro
- 44 casos de interferência reportados, de jul 2008 a nov 2009:
 - TVRO: 17 Redes de TV: 15
 - Redes Públicas de Dados: 6 Redes Corporativas de Dados: 5
 - Rede Rádio Satélite: 1

PRICIPAIS CONCLUSÕES DOS ESTUDOS



- **Compartilhamento entre IMT e FSS só é possível quando a posição das estações FSS são conhecidas e a implantação do IMT é limitada às áreas fora da zona de exclusão das estações FSS;**
 - Necessidade de garantir distância de separação mínima para proteção das estações FSS contra interferências;
- **A Implantação de IMT impede futuras implantações de estações FSS na mesma área e....**
- **O problema de interferência do IMT em FSS não se limita a TVRO.**

Ameaça ao IMT2020?

- NÃO, pois os estudos para atender ao crescimento explosivo previsto (pelo grupo do IMT) nas comunicações móveis identificam:

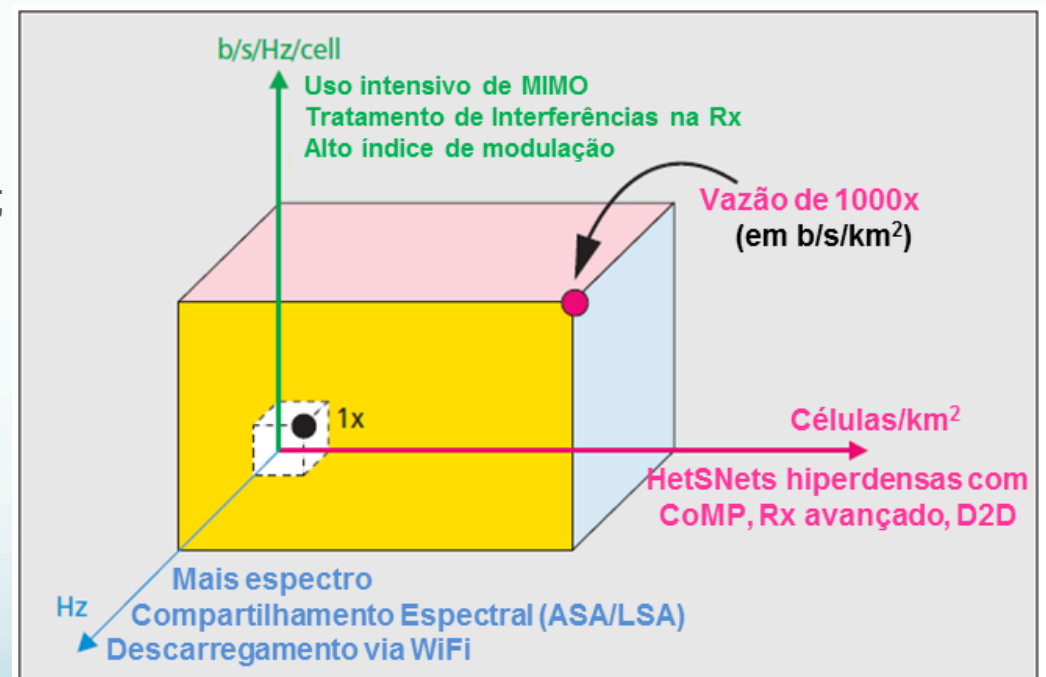
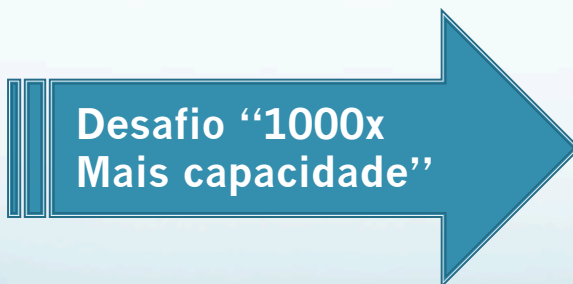


Soluções para aumento de capacidade

- Indústria sem fio apresenta uma explosão no tráfego de dados;
- Desafio do “1000x”;
- Expressão do aumento:

$$\frac{b}{s \times km^2} = \frac{b}{s \times Hz \times Célula} \times Hz \times \frac{Células}{km^2}$$

- Aumento pode ser conseguido por:
 - Aumento de eficiência espectral;
 - Aumento de banda consignada ao serviço;
 - Aumento no número de células por área

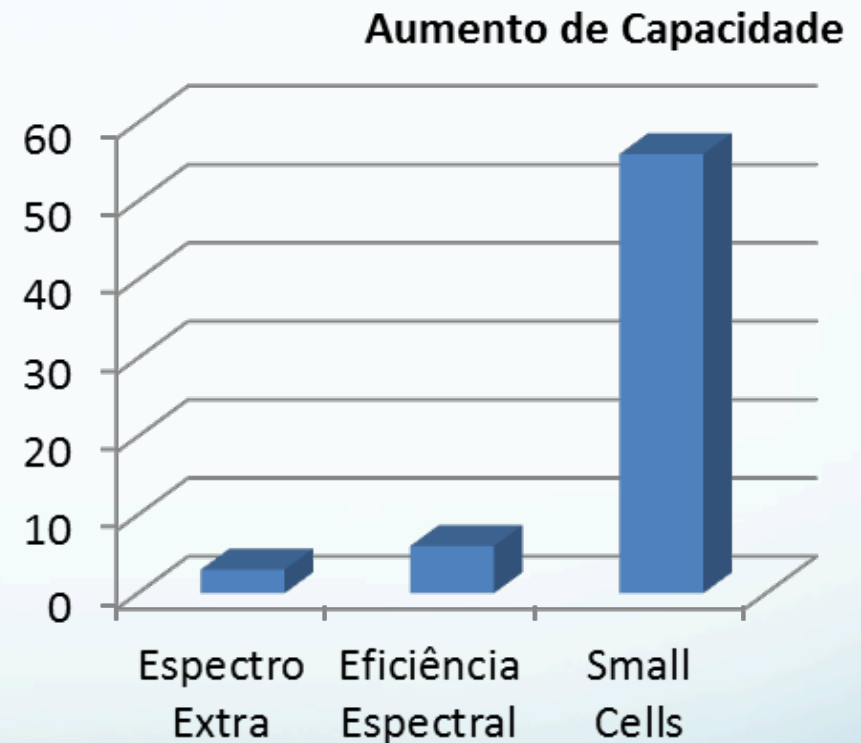


Em que dimensão a capacidade pode ser realmente aumentada?

Worshop^[1] do 3GPP sobre a melhor maneira de aumentar capacidade

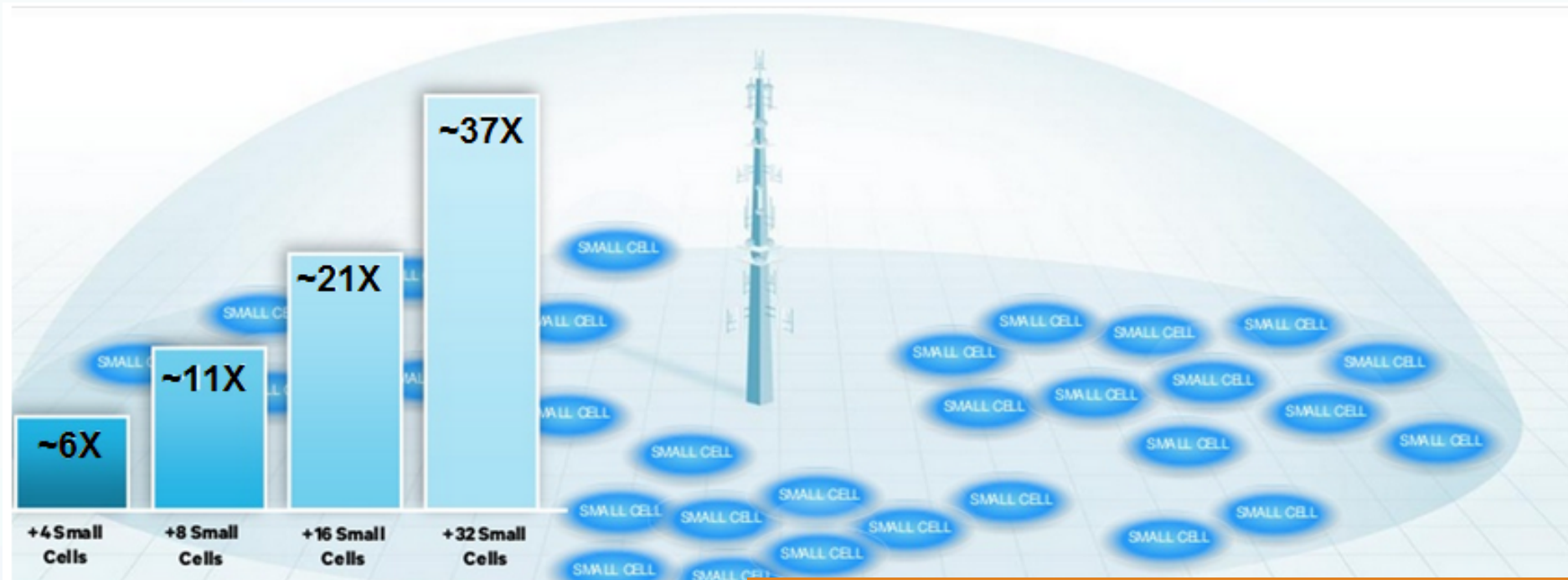
O aumento de 1000X na capacidade pode ser conseguido com:

- *3X com espectro adicional;*
- *6X com eficiência espectral, mas principalmente com...*
- *56X com eficiência espacial (i.e., small cells)*



[1] June 2012: <http://www.3gpp.org/Future-Radio-in-3GPP-300-attend>

Aumento de Capacidade e Abrangência



Escalada de capacidade com adição de *small cells*
LTE Advanced com 2X aumento de Espectro

LTE Advanced, mostrando o que é possível agora, soma de espectro e tecnologia avançada para aumento gradual até 1000x

Caminho para 1000x: Aumento de capacidade com maior implantação de *small cells* graças à gestão de interferência (eICIC)

Obrigado

Waldo Russo
Union Engenharia de Telemática
waldo.russo@union.eng.br