

Introdução a Propagação

Prof. Nilton Cesar de

Oliveira Borges

Como a luz, uma onda de rádio, perderia-se no espaço, fora do nosso planeta, se não houvesse um fenômeno que provocasse sua curvatura para baixo em direção a terra, pois como sabemos nosso planeta é uma quase esfera. Isto acontece em qualquer frequência, porém por motivos diferentes dependendo da frequência utilizada.

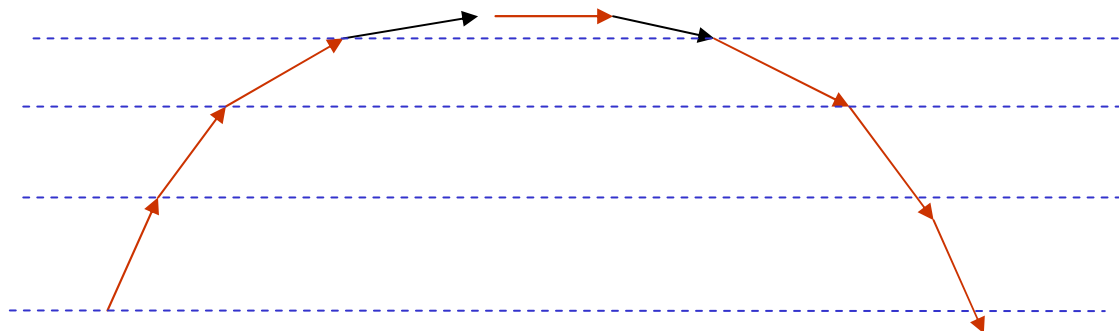
A troposfera é uma camada na atmosfera situada entre o solo e 18 km de altura aproximadamente.

A ionosfera também é uma camada da atmosfera, mais alta e situada entre 60 a 600 Kms de altura aproximadamente. É composta por 4 sub camadas, a D mais baixa, E, F1 e F2 a mais alta. F1 e F2 a noite se combinam em uma única camada. Normalmente empregamos as camadas E e F nos nossos comunicados.

A Troposfera é um meio não homogêneo que tem suas propriedades variando ao longo do dia e também com o clima.

Seu índice de refração diminui com a altura, embora possua algumas irregularidades localizadas esse índice decresce em graus.

Esse efeito no índice de refração faz com que a onda se curve acompanhando aproximadamente o raio da terra. Dependendo das condições esse efeito produz comunicação a grandes distâncias alcançando até 1000Km.



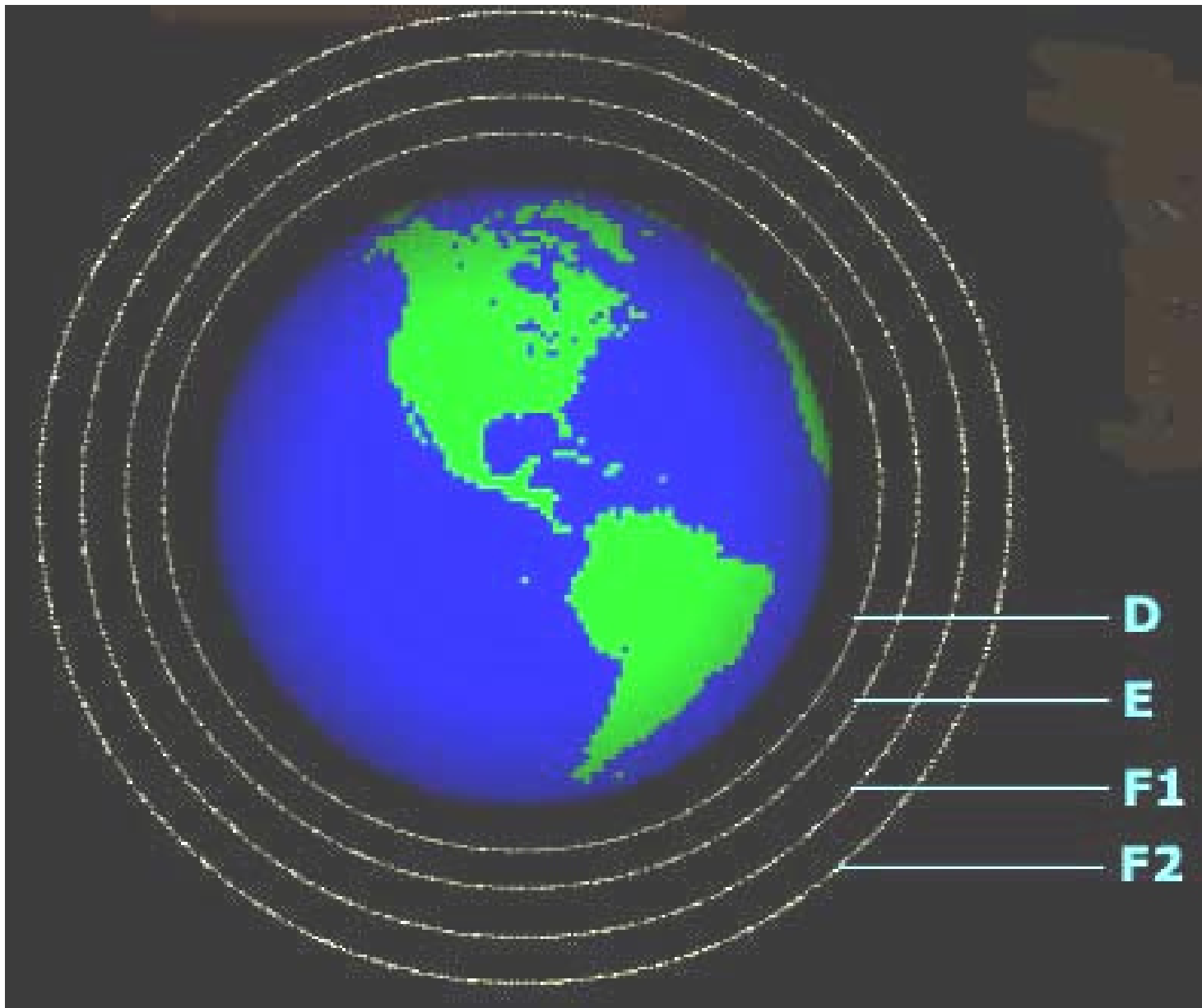
As não homogeneidades locais também podem provocar espalhamento da onda, fazendo-a alcançar também grandes distancias do transmissor

Efeitos troposféricos são raramente significantes abaixo de 30 MHz mas são muito importantes acima dos 50 MHz.

Muito do trabalho em longa distancia em nas bandas de VHF, UHF e Micro Ondas dependem de alguma forma de propagação troposférica

Ionosfera

A radiação Solar se choca com átomos de oxigênio e nitrogênio e deslocam seus elétrons nas camadas superiores da atmosfera criando assim IONS, os quais são carregados positivamente. Existem quatro regiões distintas de gás ionizado no espaço compreendido entre 50 km até aproximadamente 500 km. Juntas, estas regiões formam o que denomina-se IONOSFERA.



A camada D é a região mais baixa da Ionosfera. Alcança a **máxima ionização durante a tarde** mas os seus íons se dissipam rapidamente. Esta camada é responsável **por absorver as frequências de radio, e não refratar**. Quanto mais ionizada está a camada D, maior a absorção da energia do radio. *As frequências acima de 10 MHz não são prontamente absorvidas pela camada D, mas as bandas mais baixas são geralmente sem uso para a comunicação de longa distancia durante o dia*, devido a este fenômeno.

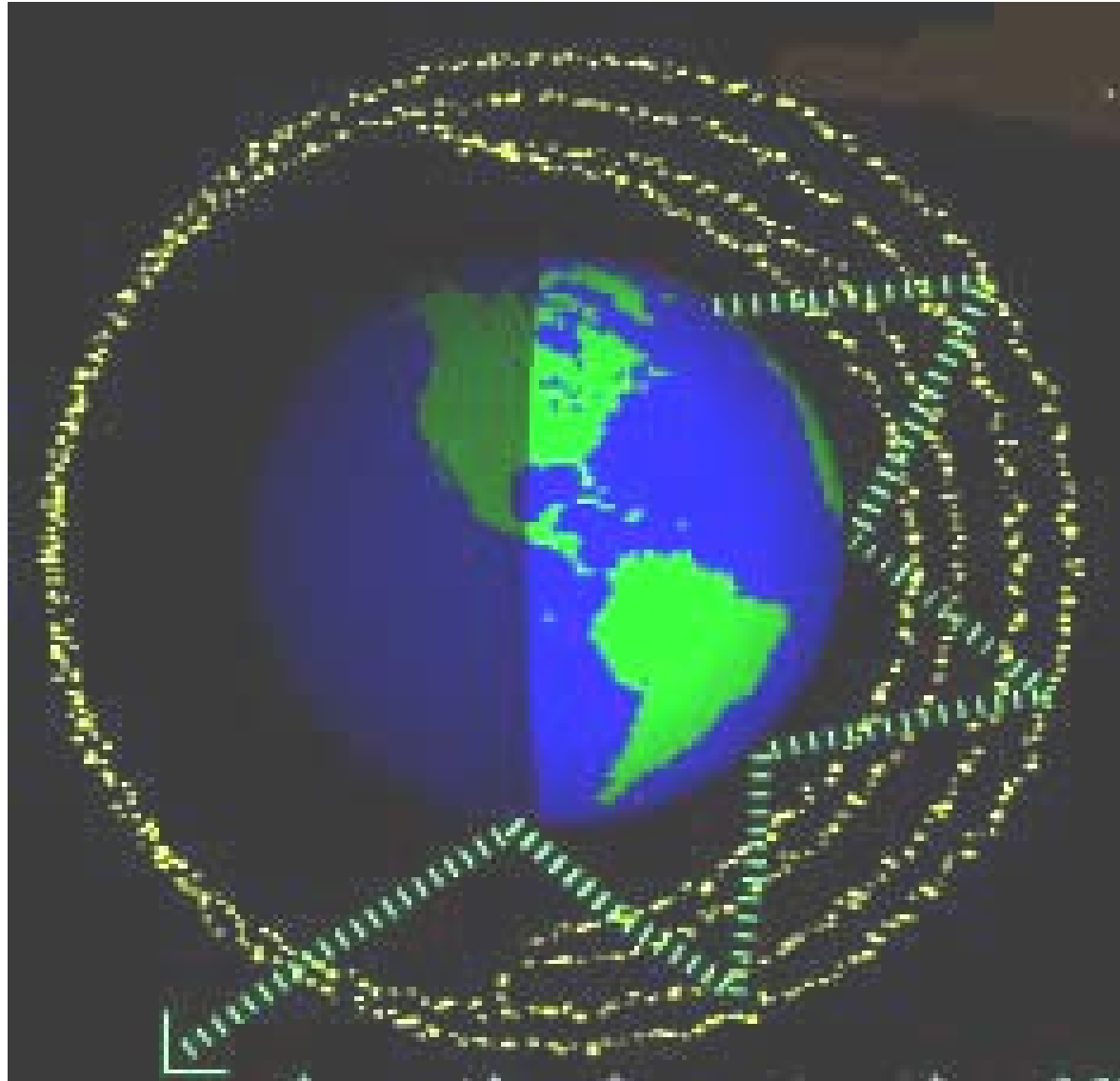
Similar a camada D, a camada E dissipa seus íons rapidamente quando o Sol não está brilhando sobre esta e assim é apenas um fator de maior relevância durante o dia. Porém, diferente da camada D que absorve o espectro mais baixo das Ondas Curtas até Ondas Médias e permite as frequências mais altas passarem através desta, a camada E pode refratar sinais de rádio e causar seu batimento de volta para a Terra. De noite, quando a camada E é muito fraca, os sinais de rádio tendem a passar diretamente através dela. Algumas vezes, até sinais de VHF são refratados pela camada E, causando interessantes efeitos na propagação desta faixa

À noite, a camada D desaparece e a E se torna muito fraca pois não podem permanecer ionizada por muito tempo.

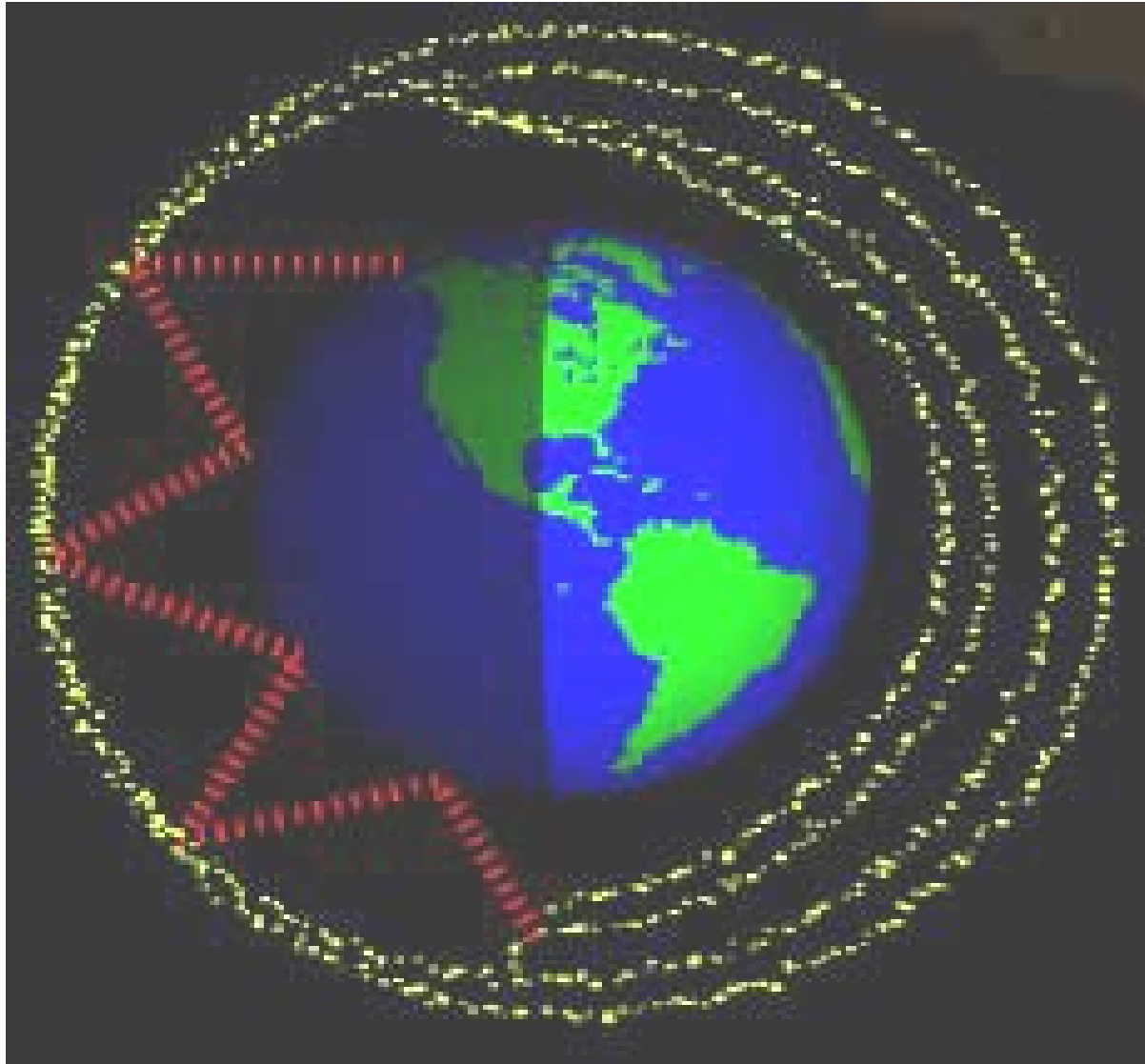
- As camadas F1 e F2 são agrupadas na chamada Região F. De fato, elas se combinam em um única camada durante a noite. A Região F é a mais importante para as comunicações de longa distancia em Ondas Curtas. Esta camada retém sua ionização por mais tempo que as outras camadas e permanece ionizada durante a noite, mesmo não sendo de forma tão densa. Sua intensa ionização durante as horas do dia refratam as altas frequências mas á noite ela irá normalmente permitir que passem através dela. As baixas frequências, abaixo de 10 Mhz serão refratadas de volta a Terra durante a noite.

Também, as camadas F1 e F2 se combinam para criar uma camada única. As frequências mais baixas agora se tornam muito úteis já que a camada D não mais está presente para absorvê-las.

Este é o motivo porque podemos ouvir estações de radio em Ondas Medias e Ondas Curtas localizadas algumas vezes a milhares de quilômetros durante a noite.



Comportamento da ionosfera durante o dia e noite nas altas frequências



Representação da propagação de HF durante a noite.

Após uma reflexão simples na ionosfera uma onda de rádio pode cruzar até 4000Km

Devido as reflexões multiplas na ionosfera as ondas podem alcançar distancias planetarias.

Existe também o fenômeno de espalhamento de ondas na faixa de VHF e acima na ionosfera devido a não homogeneidades e a trilhas ionizadas por meteoros, atingindo até 2000Km.

kHz	MHz	Banda em metros
2.300-2.495	2	120
3.200-3.400	3	90
3.900-4.000	4	75
4.750-5.060	5	60
5.730-6.295	6	49
6.890-7.600	7	41
9.250-9.990	9	31
11.500-12.160	11	25
13.570-13.870	13	22
15.030-15.800	15	19
17.480-17.900	17	16
18.900-19.020	19	15
21.450-21.850	21	13
25.670-26.100	25	11

MHz	Características de Recepção
26	Dia - longa distancia, não sendo verão
21	Dia - longa distancia, todas as estações
17-18	Dia - longa distancia, todas as estações
15	Dia - longa e média distancia, todas as estações Noite - longa distancia, primavera e verão
13	Dia - longa e média distancia, todas as estações Noite - longa distancia, primavera e verão
11-12	Dia - media e curta distancia, todas as estações Noite - longa e média distancia, primavera, verão e outono
9	Dia - média e curta distancia, todas as estações Noite - longa e média distancia, todas as estações
7	Dia - curta distancia, todas as estações Noite - longa e média distancia, todas estações
5-6	Dia - curta distancia, todas as estações Noite - longa e média distancia, todas estações
2-3-4	Dia - curta distancia, todas as estações Noite - média distancia, todas as estações
Curta Distancia	< 2000 km
Media Distancia	1600 a 4000 km
Longa Distancia	> 4000 km

Freqüências	Mecanismos de propagação	Efeitos da atmosfera e do terreno	Aspectos de sistema	Tipos de serviço
ELF (30 - 300 Hz)	onda "guiada" entre a ionosfera e a superfície da Terra e refratada até grandes profundidades no solo e no mar	atenuação em 100 Hz entre 0,003 e 0,03 dB/km sobre o solo e de 0,3 dB/km sobre a água do mar	antenas (cabos aterrados) gigantescas; taxas de transmissão muito baixas (1 bps)	comunicação com submarinos, minas subterrâneas; sensoriamento remoto do solo
VLF (3 - 30 kHz)	onda "guiada" entre a camada D da ionosfera e a superfície da Terra e refratada no solo e no mar	baixas atenuações sobre o solo e no mar	antenas de tamanho viável têm ganho e diretividade muito baixos; taxas de transmissão muito baixas	telegrafia para navios com alcance mundial; serviços de navegação; padrões horários
LF (30 - 300 kHz)	onda "guiada" entre a camada D da ionosfera e a superfície da Terra até 100 kHz, com a onda ionosférica tornando-se distinta acima desta freqüência	desvanecimento em distâncias curtas devido à interferência entre a onda ionosférica e a de superfície	antenas de tamanho viável têm ganho e diretividade muito baixos; taxas de transmissão muito baixas	comunicação de longa distância com navios; rádio-difusão e serviços de navegação
MF (300 - 3000 kHz)	onda de superfície a curta distância e em freqüências mais baixas e onda ionosférica a longa distância	atenuação da onda de superfície reduz sua cobertura a 100 km; onda ionosférica forte à noite	possibilidade de uso de antenas de 1/4 de onda e antenas diretivas com múltiplos elementos	rádio-difusão, rádio-navegação e alguns serviços móveis

HF (3 - 30 MHz)	onda ionosférica acima da distância mínima; onda de superfície a distâncias curtas	comunicação muito dependente do comportamento da ionosfera; onda de superfície bastante atenuada	uso de antenas log-periódicas e conjuntos horizontais de dipolos; sistemas de poucos canais	fixo ponto-a-ponto; móvel terrestre, marítimo e aeronáutico; rádio-difusão
VHF (30 - 300 MHz)	propagação em visibilidade; difração; tropodifusão	efeitos de refração; multipercursos; difração pelo relevo; espalhamento troposférico	antenas Yagi (dipolos múltiplos) e helicoidais; sistemas de baixa e média capacidade	fixo terrestre; móvel terrestre e por satélite; rádio-difusão; rádio-farol
UHF (300 - 3000 MHz)	propagação em visibilidade; difração; tropodifusão	efeitos de refração; multipercursos e dutos (faixa alta); difração e obstrução pelo relevo	antenas Yagi (dipolos múltiplos), helicoidais e de abertura; sistemas de média e alta capacidade	fixo terrestre; radar móvel terrestre e por satélite; rádio-difusão e TV; celular e PCS (<i>Personal Communication Systems</i>)
SHF (3 - 30 GHz)	propagação em visibilidade, tropodifusão	desvanecimento por multipercursos; atenuação por chuvas (acima de 10 GHz); obstrução pelo terreno	antenas de abertura; sistemas de alta capacidade	fixo terrestre e por satélite; móvel terrestre e por satélite; sensoriamento remoto; radar
EHF (30 - 300 GHz)	propagação em visibilidade	desvanecimento por multipercursos; atenuação por chuvas; absorção por gases; obstrução por edificações	antenas de abertura; sistemas de alta capacidade	rádio acesso fixo e móvel; sistemas por satélite; sensoriamento remoto

Faixas	Pequenas distancias	Grandes distancias	
		Dia	Noite
ELF	Terrestre/ionosférica	Ionosférica	Ionosférica
VLF	Terrestre/ionosférica	Ionosférica	Ionosférica
LF	Terrestre/ionosférica	Ionosférica	Ionosférica
MF	Terrestre	Terrestre	Ionosférica
HF	Terrestre	Ionosférica	Ionosférica
VHF	Terrestre	Direta/troposférica/Ionosférica	Direta/troposférica/Ionosférica
UHF	Terrestre	Direta/troposferica	Direta/troposferica
SHF	Direta	Direta/troposferica	Direta/troposferica
EHF	Direta	Direta	Direta