

**NORMA PARA CERTIFICAÇÃO E HOMOLOGAÇÃO DE  
ANTENAS DIRECIONAIS DE ABERTURA**

**1. Objetivo**

Esta norma estabelece os requisitos técnicos gerais e específicos mínimos a serem demonstrados na avaliação da conformidade de antenas direcionais de abertura para operação no serviço fixo terrestre em sistemas ponto-a-ponto e nas estações terminais dos sistemas ponto-multiponto, para efeito de certificação e homologação junto à Agência Nacional de Telecomunicações.

**2. Referência**

Para fins desta norma, são adotadas as seguintes referências:

- I – Norma ETSI EM 300 631; Fixed Radio Systems; Point-to-Point Antennas; Antennas for Point-to-Point Fixed Radio Systems in the 1 GHz to 3 GHz Band;
- II – Norma ETSI EM 300 833; Fixed Radio Systems; Point-to-Point Antennas; Antennas for Point-to-Point Fixed Radio Systems Operating in the Frequency Band 3 to 60 GHz;
- III – Norma EIC 721-3-4; Classification of Environmental Conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Section 4: Stationary use at non-weather protected locations;
- IV – Norma IEC 60835-2-2; Methods of Measurement for equipment used in digital microwave transmission systems – Part 2: Measurements on radio-relay systems – Section 2: Antenna.

**3. Definições**

Para os fins a que se destina esta norma, aplicam-se as seguintes definições:

- I – Antena: dispositivo para, em sistemas de telecomunicações, radiar ou captar ondas eletromagnéticas no espaço. Pode incluir qualquer circuito que a ela esteja mecanicamente incorporado;
- II – Antena Isotrópica: antena hipotética cuja intensidade de radiação é uniforme para todas as direções do espaço;
- III – Antena de Abertura: antena constituída por superfícies metálicas que delimitam uma ou mais aberturas no espaço, a partir das quais os campos eletromagnéticos são radiados;
- IV – Área da Abertura: área formada pela projeção do perímetro da antena sobre um plano perpendicular ao seu eixo;
- V – Coeficiente de Onda Estacionária: razão entre as amplitudes máxima e mínima, da componente transversal do campo elétrico, no modo fundamental de propagação, ao longo da linha de transmissão ou guia de ondas de alimentação da antena;
- VI – Comprimento de Onda: razão entre a velocidade da luz no espaço livre e a frequência de operação da antena;
- VII – Diagrama de Radiação: diagrama representando a densidade de potência radiada pela antena, em um dado plano, a uma distância constante da antena, em função de um ângulo medido a partir de uma direção de referência, para uma dada polarização do campo elétrico;
- VIII – Diagrama de Radiação em Polarização Co-polar: diagrama de radiação para polarização co-polar do campo elétrico;
- IX – Diagrama de Radiação em Polarização Cruzada: diagrama de radiação para polarização cruzada do campo elétrico;
- X – Eixo da Antena: direção para a qual o ganho é máximo;

XI – Envoltória do Ganho: curva em relação à qual o ganho deverá ter valores menores ou iguais, para qualquer ângulo de radiação;

XII – Família de Antenas: conjunto de modelos de antenas, de um mesmo fabricante, com a mesma polarização, a mesma faixa de frequências, e com elementos constitutivos de mesma natureza;

XIII – Ganho: razão entre a intensidade de radiação em uma dada direção e a intensidade de radiação de uma antena isotrópica, para uma mesma potência incidente na entrada das duas antenas. Quando não especificado de outra forma, o ganho refere-se à direção em que é máximo;

XIV – Intensidade Radiação: potência radiada por unidade de ângulo sólido, em uma dada direção;

XV – Polarização de uma Antena: polarização do campo elétrico que contém a maior parte da energia radiada, na direção de máxima radiação. A polarização deverá ser linear (em uma dada direção);

XVI – Polarização Co-polar: para a direção do eixo, é a polarização idêntica à polarização da antena; para outras direções, é a polarização do campo elétrico recebido através da medida do diagrama de radiação, mantendo-se inalterada a polarização da antena transmissora durante a medida do diagrama;

XVII – Polarização Cruzada: para antenas com polarização linear é a polarização do campo elétrico ortogonal à polarização co-polar.

#### 4. Classes de Antenas

As antenas a que se refere a presente norma são classificadas em duas classes: classe 1 e classe 2. As duas classes se distinguem pelas diferentes especificações para envoltórias do ganho e para o coeficiente de onda estacionária. As antenas de classe 2 são recomendadas para utilização em ambientes com maior nível de interferências.

#### 5. Características Elétricas

##### 5.1 Ganho mínimo

O ganho mínimo é definido pela equação (1).

$$G_{\min} = 10 \log \left( \frac{2\pi A_{\text{abr}}}{\lambda^2} \right) \quad (1)$$

onde:  $G_{\min}$  - ganho mínimo, na direção do eixo, expresso em dBi;

$A_{\text{abr}}$  - área da abertura da antena, expressa em metros quadrados ( $\text{m}^2$ );

$\lambda$  - comprimento de onda no espaço livre, correspondente à frequência de operação da antena, expresso em metros (m).

##### 5.2. Envoltória do ganho no plano horizontal

5.2.1 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências abaixo de 500 MHz é a especificada na figura 1 e tabela 1.

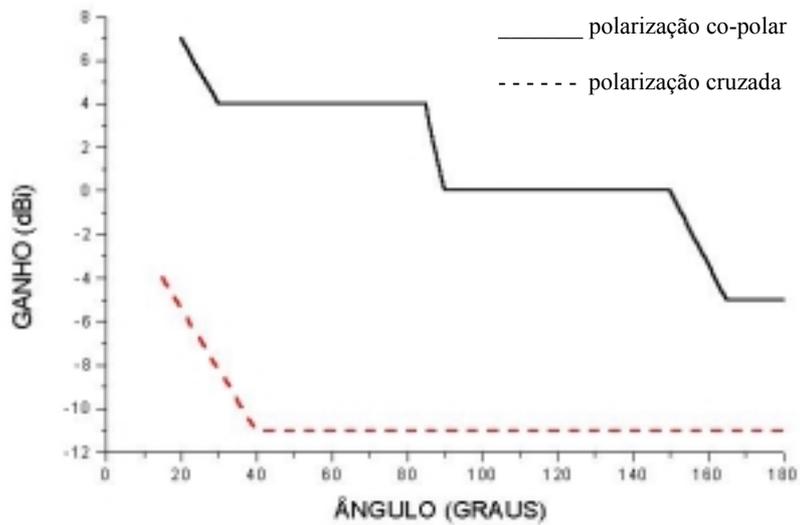


Figura 1 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências abaixo de 500 MHz

Tabela 1 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 1.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
20	7	15	-4
30	4	40	-11
85	4	180	-11
90	0		
150	0		
165	-5		
180	-5		

5.2.2 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências abaixo de 500 MHz é a especificada na figura 2 e tabela 2.

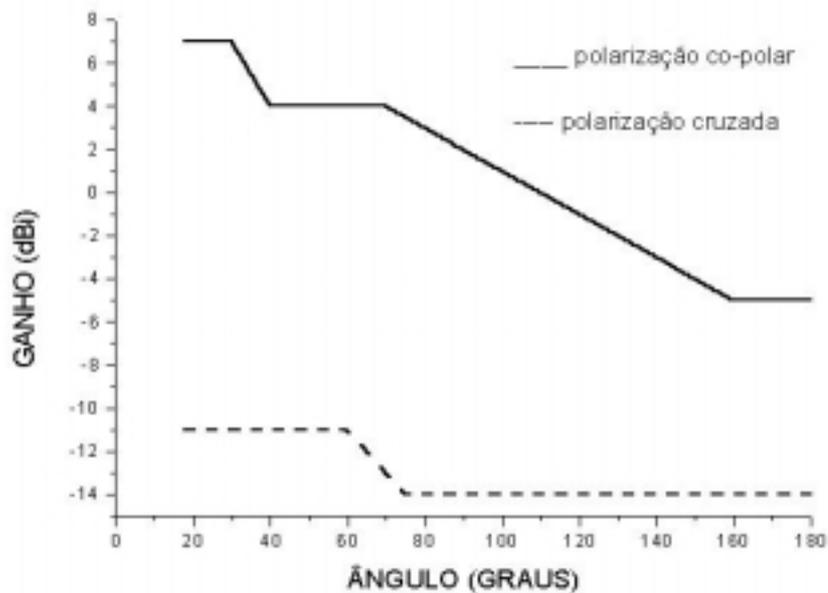


Figura 2 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências abaixo de 500 MHz

Tabela 2 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 2.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
18	7	18	-11
30	7	60	-11
40	4	75	-14
70	4	180	-14
160	-5		
180	-5		

5.2.3 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 500 MHz a 1 GHz é a especificada na figura 3 e tabela 3.

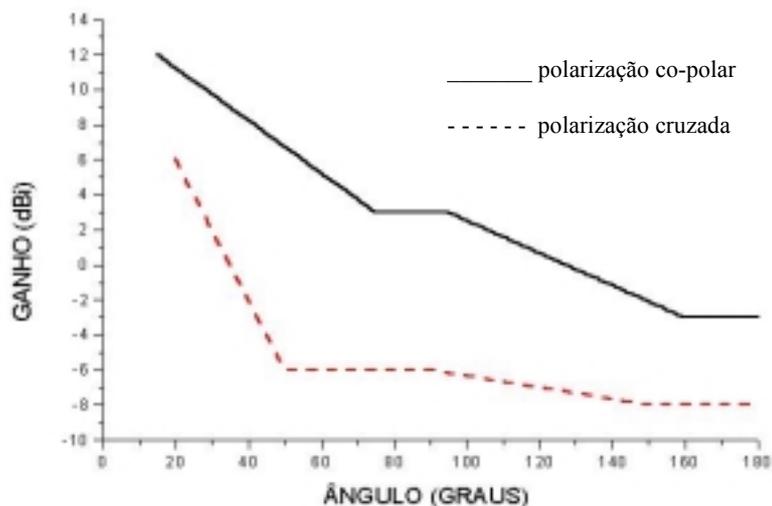


Figura 3 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 500 MHz a 1 GHz.

Tabela 3 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 3.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
15	12	20	6
75	3	50	-6
95	3	90	-6
160	-3	150	-8
180	-3	180	-8

5.2.4. A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 500 MHz a 1 GHz é a especificada na figura 4 e tabela 4.

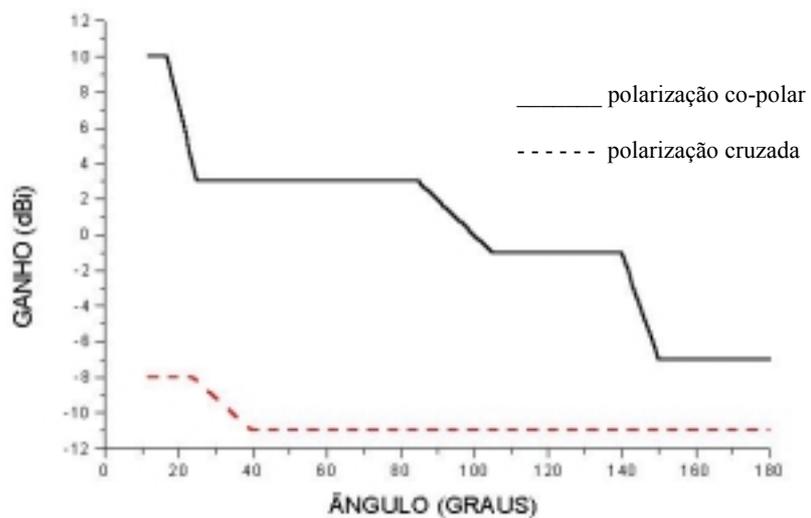


Figura 4 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 500 MHz a 1GHz

Tabela 4 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 4.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
12	10	12	-8
17	10	24	-8
25	3	40	-11
85	3	180	-11
105	-1		
140	-1		
150	-7		
180	-7		

5.2.5 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 1 GHz a 3 GHz é a especificada na figura 5 e tabela 5.

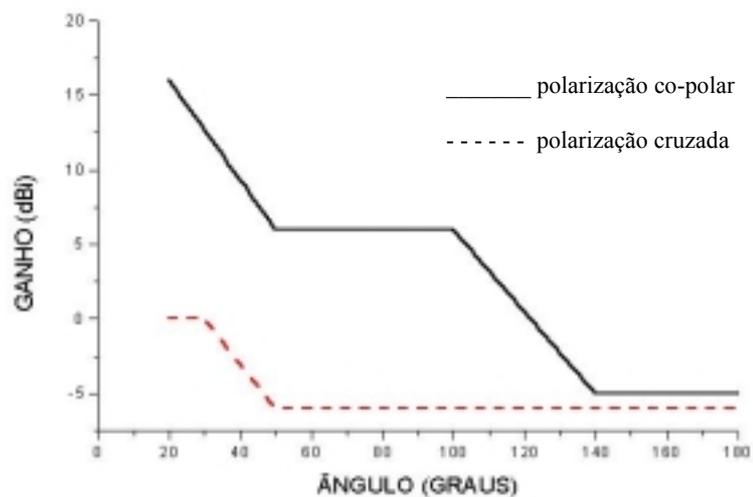


Figura 5 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 1 GHz a 3 GHz

Tabela 5 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 5.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
20	16	20	0
50	6	30	0
100	6	50	-6
140	-5	180	-6
180	-5		

5.2.6 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 1 GHz a 3 GHz é a especificada na figura 6 e tabela 6.

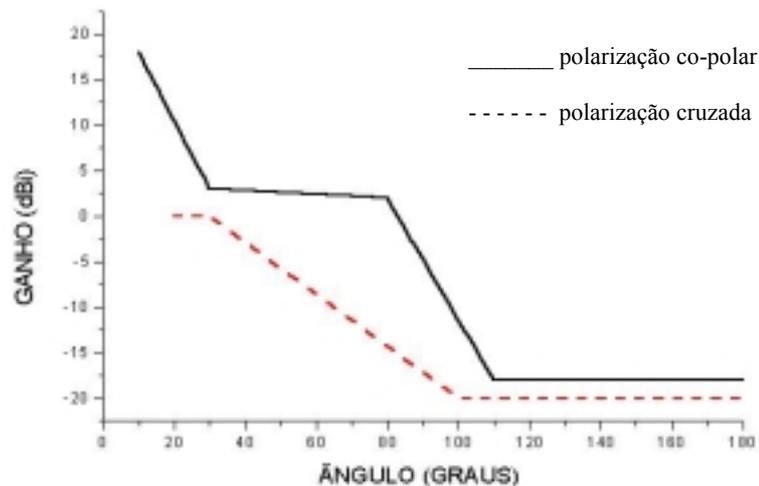


Figura 6 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 1 GHz a 3 GHz

Tabela 6 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 6.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
10	18	20	0
30	3	30	0
80	2	100	-20
110	-18	180	-20
180	-18		

5.2.7 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 3 GHz a 14 GHz é a especificada na figura 7 e tabela 7.

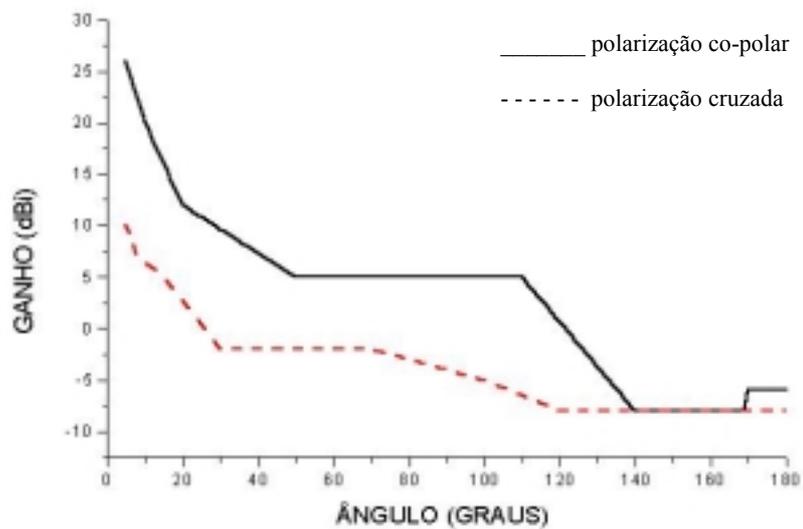


Figura 7 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 3 GHz a 14 GHz

Tabela 7 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 7.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	26	5	10
10	20	8	7
20	12	15	5
50	5	30	-2
110	5	70	-2
140	-8	100	-5
170	-8	120	-8
170	-6	180	-8
180	-6		

5.2.8 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 3 GHz a 14 GHz é a especificada na figura 8 e tabela 8.

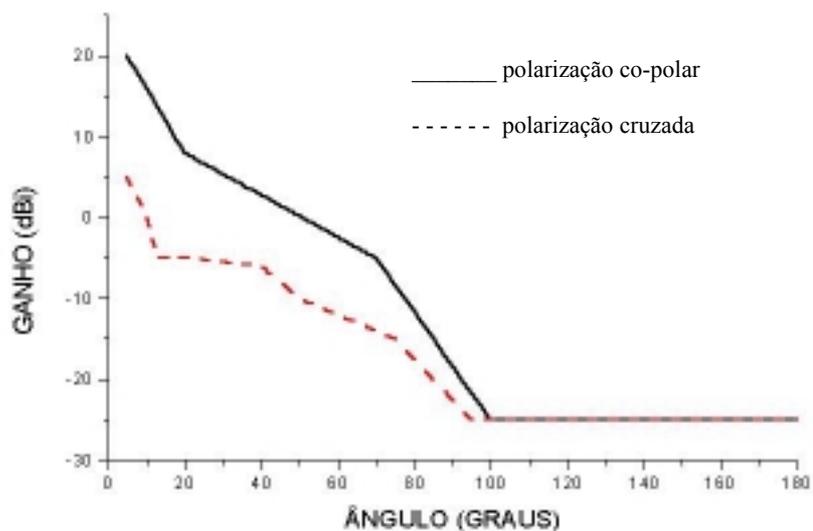


Figura 8 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 3 GHz a 14 GHz

Tabela 8 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 8.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	20	5	5
20	8	10	0
70	-5	13	-3
100	-25	20	-5
180	-25	40	-6
		50	-10
		75	-15
		95	-25
		180	-25

5.2.9 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 14 GHz a 20 GHz é a especificada na figura 9 e tabela 9.

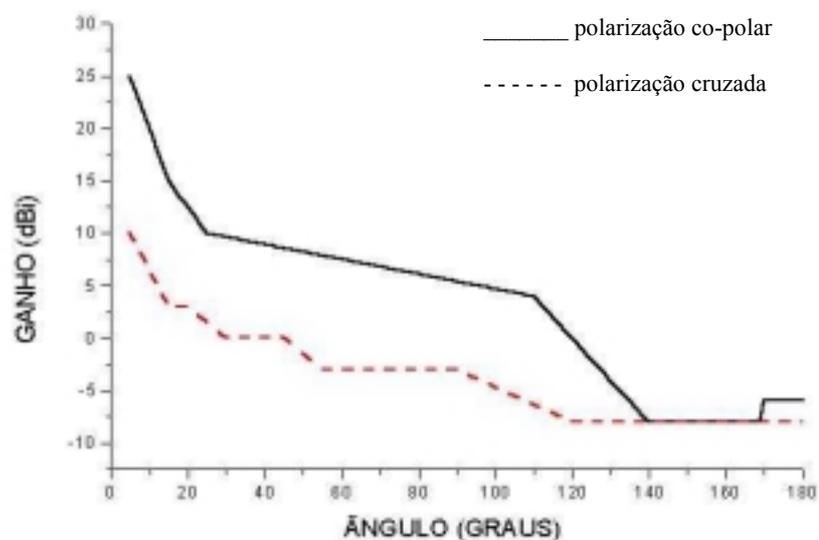


Figura 9 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 14 GHz a 20 GHz

Tabela 9 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 9.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	25	5	10
15	15	15	3
25	10	20	3
110	4	30	0
140	-8	45	0
170	-8	55	-3
170	-6	90	-3
180	-6	120	-8
		180	-8

5.2.10 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 14 GHz a 20 GHz é a especificada na figura 10 e tabela 10.

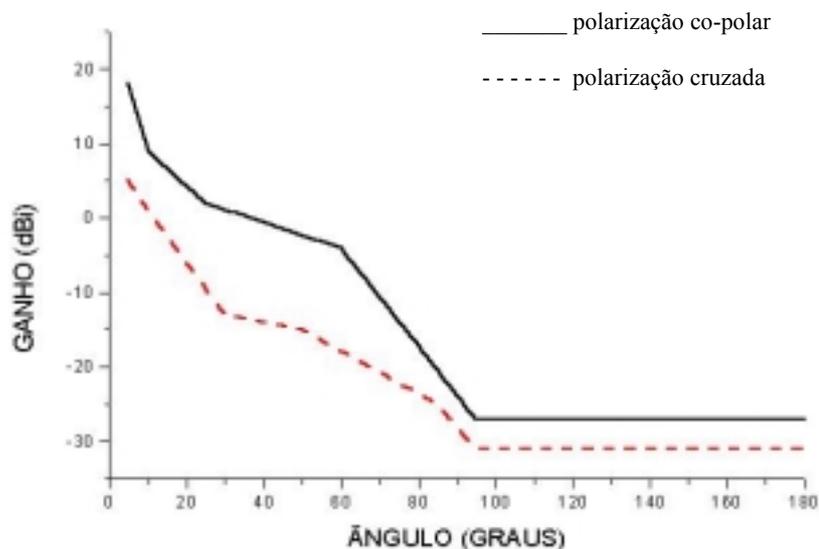


Figura 10 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 14 GHz a 20 GHz

Tabela 10 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 10.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	18	5	5
10	9	10	1
25	2	30	-13
60	-4	50	-15
95	-27	85	-25
180	-27	95	-31
		180	-31

5.2.11 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 20 GHz a 24 GHz é a especificada na figura 11 e tabela 11.

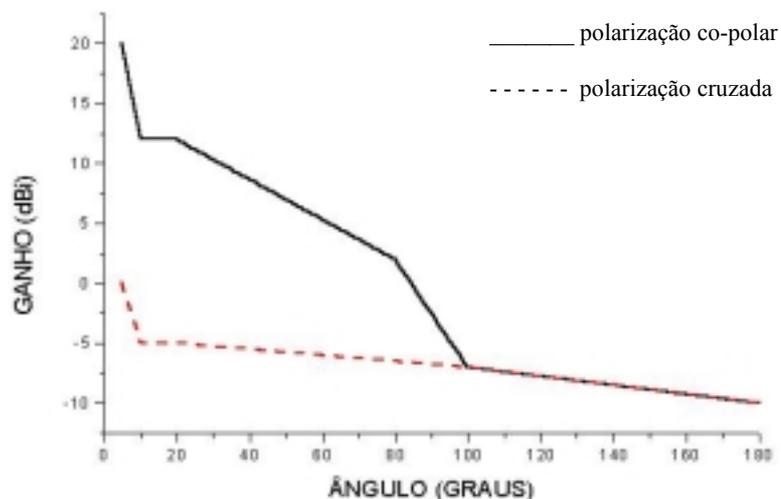


Figura 11 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 20 GHz a 24 GHz

Tabela 11 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 11.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	20	5	0
10	12	10	-5
20	12	20	-5
80	2	100	-7
100	-7	180	-10
180	-10		

5.2.12 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 20 GHz a 24 GHz é a especificada na figura 12 e tabela 12.

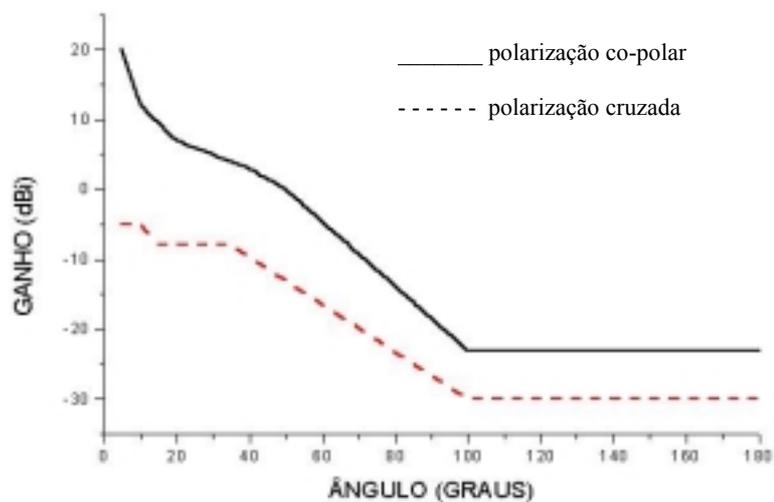


Figura 12 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 20 GHz a 24 GHz

Tabela 12 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 12.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	20	5	-5
10	12	10	-5
20	7	15	-8
40	3	35	-8
50	0	100	-30
100	-23	180	-30
180	-23		

5.2.13 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 24 GHz a 30 GHz é a especificada na figura 13 e tabela 13.

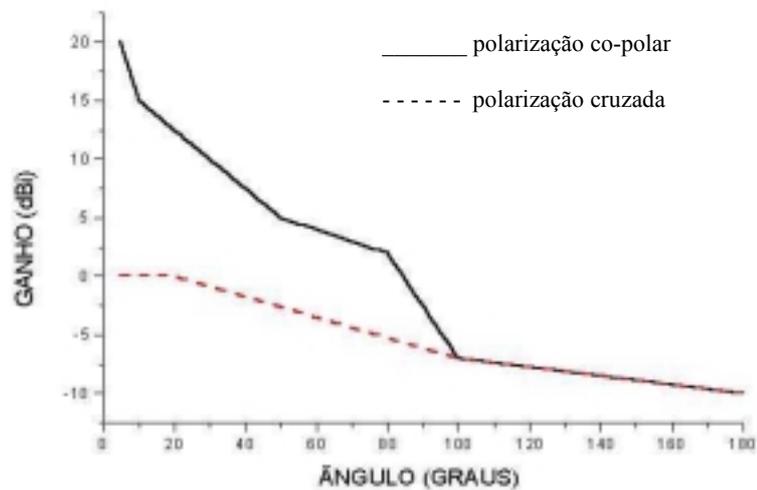


Figura 13 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 24 GHz a 30 GHz

Tabela 13 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 13.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	20	5	0
10	15	20	0
50	5	100	-7
80	2	180	-10
100	-7		
180	-10		

5.2.14 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 24 GHz a 30 GHz é a especificada na figura 14 e tabela 14.

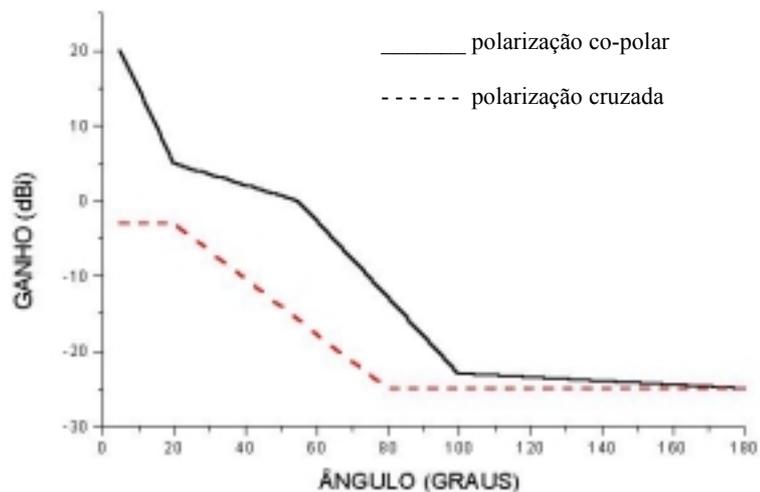


Figura 14 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 24 GHz a 30 GHz

Tabela 14 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 14.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	20	5	-3
20	5	20	-3
55	0	80	-25
100	-23	180	-25
180	-25		

5.2.15 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 30 GHz a 47 GHz é a especificada na figura 15 e tabela 15.

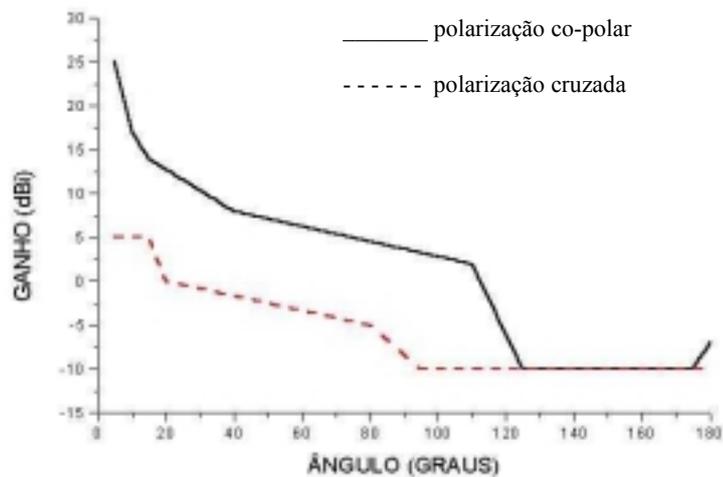


Figura 15 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 30 GHz a 47 GHz

Tabela 15 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 15.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	25	5	5
10	17	15	5
15	14	20	0
40	8	80	-5
110	2	95	-10
125	-10	180	-10
175	-10		
180	-7		

5.2.16 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 30 GHz a 47 GHz é a especificada na figura 16 e tabela 16.

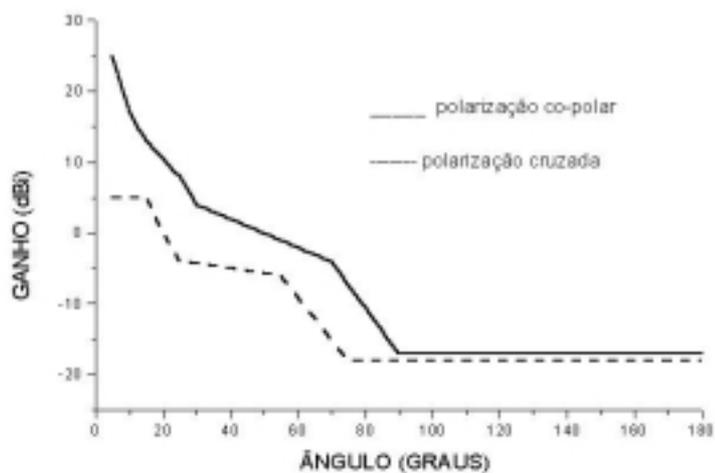


Figura 16 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 30 GHz a 47 GHz.

Tabela 16 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 16.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	25	5	5
10	17	15	5
15	13	20	0
25	8	25	-4
30	4	55	-6
70	-4	75	-18
90	-17	180	-18
180	-17		

5.2.17 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 47 GHz a 60 GHz é a especificada na figura 17 e tabela 17.

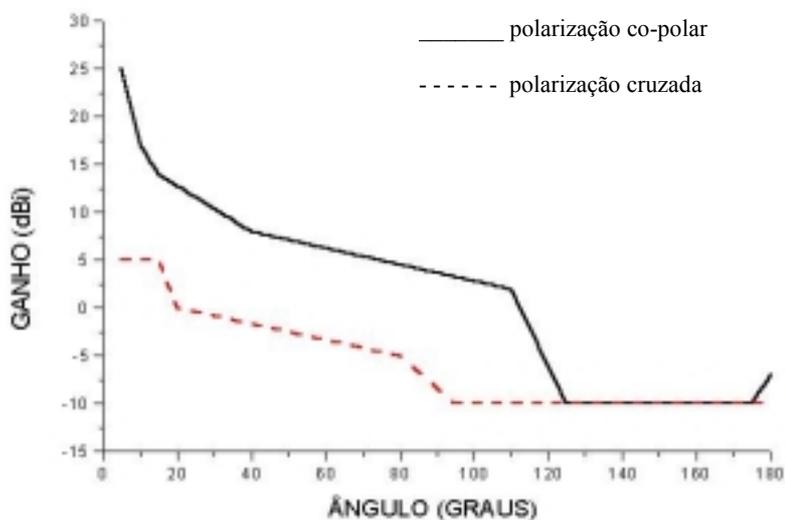


Figura 17 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 1, operando na faixa de frequências de 47 GHz a 60 GHz

Tabela 17 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 17.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	25	5	5
10	17	15	5
15	14	20	0
40	8	80	-5
110	2	95	-10
125	-10	180	-10
175	-10		
180	-7		

5.2.18 A envoltória do ganho, no plano horizontal, nas polarizações co-polar e cruzada, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 47 GHz a 60 GHz é a especificada na figura 18 e tabela 18.

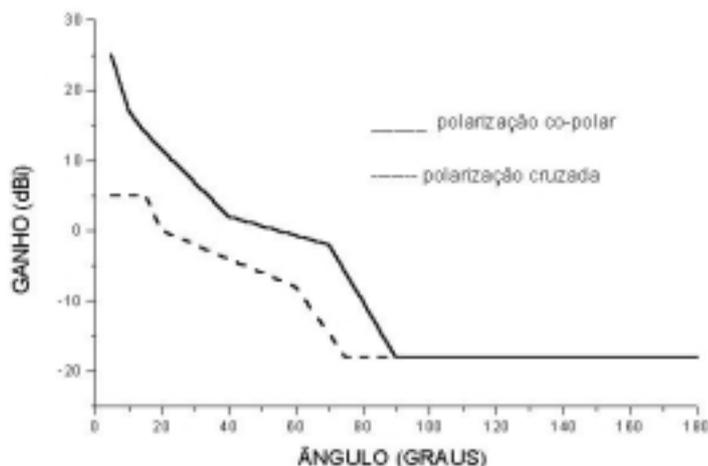


Figura 18 - Envoltórias do ganho, no plano horizontal, para antenas da classe 2, operando na faixa de frequências de 47 GHz a 60 GHz

Tabela 18 - Valores da envoltória do ganho referentes à figura 18.

Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização co-polar (dBi)	Ângulo (graus)	Envoltória do ganho Polarização cruzada (dBi)
5	25	5	5
10	17	15	5
15	14	20	0
40	2	60	-8
70	-2	75	-18
90	-18	180	-18
180	-18		

### 5.3 Coeficiente de Onda Estacionária

O coeficiente de onda estacionária deverá ser menor ou igual a 1,2 para antenas da classe 1 e menor ou igual a 1,5 para antenas da classe 2.

### 5.4 Isolamento entre Portas

Para antenas com mais de uma porta de entrada, o isolamento entre portas deverá ser melhor que 25 dB.

### 5.5 Polarização

A antena deverá radiar em polarização linear, simples ou dupla.

## **6. Características Mecânicas e Ambientais**

### **6.1 Resistência ao Vento**

6.1.1 Instalada na posição vertical, a antena deverá suportar ventos de sobrevivência, até 120 km/h sem sofrer avarias ou deformações permanentes que modifiquem as suas características elétricas.

6.1.2 Sob a ação de ventos operacionais de até 50 km/h, a extremidade da antena não deverá defletir mais que 10 mm por metro de comprimento da antena.

### **6.2 Proteção contra Chuva**

A antena não deverá permitir o acúmulo ou entrada de água em nenhum ponto.

### **6.3 Faixa de Temperatura**

Na faixa de temperatura ambiente de -10°C a 50°C, a antena não deverá apresentar uma variação de ganho superior a  $\pm 0,3$  dB.

## **7. Certificação e Homologação de Famílias de Antenas**

No caso de uma família de antenas, a certificação e homologação do modelo de menor largura de feixe no plano vertical implicará a certificação e homologação dos demais modelos constitutivos da família.

## **8. Identificação da Homologação**

As antenas deverão portar o selo Anatel de identificação legível, conforme modelo e instruções descritas no art. 39 e Anexo III do Regulamento para Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações, anexo à Resolução nº 242, de 30 de novembro de 2002, incluindo a logomarca Anatel, o número da homologação e a identificação da homologação por código de barras.

## ANEXO I

### MÉTODOS DE ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE ANTENAS DIRECIONAIS DE ABERTURA

#### I.1 Condições Gerais de Ensaio

I.1.1 Todos os resultados dos ensaios devem ser registrados utilizando o modelo de Relatório de Ensaio apresentado no anexo II. Se um parâmetro específico de ensaio não estiver incluído nesse modelo de relatório, esse deve ser usado como guia para elaboração do adendo necessário.

I.1.2 O modelo de Relatório de Ensaio apresentado no anexo II, visa uniformizar a apresentação dos resultados dos ensaios realizados para avaliação da conformidade de uma dada antena.

I.1.3 Quando algum método de ensaio não estiver incluído neste anexo, um método adequado deve ser acordado, antes do teste, entre o Solicitante da certificação, o Laboratório de Ensaio e o Organismo de Certificação Designado. A descrição do método de ensaio então acordado deve ser incluída no Relatório de Ensaio.

I.1.4 Os métodos de ensaio para a avaliação da conformidade apresentados neste anexo são típicos e recomendados. Métodos alternativos podem ser usados e devem estar em concordância com os regulamentos e normas aplicáveis.

I.1.5 O exemplar da antena a ser certificada, apresentado para avaliação de certificação, deve ser representativo dos modelos em produção.

I.1.6 Todos os ensaios serão realizados em condições ambientais de referência e seus resultados serão considerados como de referência. O desempenho do exemplar da antena a ser certificada, em condições de referência, será utilizado para comparação com resultados dos ensaios realizados em condições ambientais extremas.

#### I.2 Ganho

##### I.2.1 Objetivo

Determinar o ganho da antena, para diversas frequências.

##### I.2.2 Equipamentos

Sítio de medida de antenas, ou câmara anecóica, com posicionadores, antena transmissora, transmissor e receptor.

Antena padrão, com ganho conhecido.

I.2.3 Diagrama em blocos dos equipamentos para medida do ganho (Figura 19).

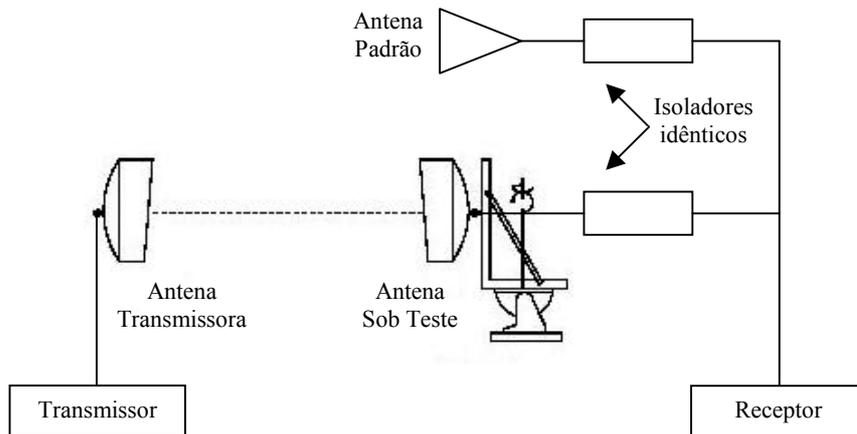


Figura 19 - Diagrama em blocos dos equipamentos para medida de ganho.

#### I.2.4 Procedimentos de teste

Com a antena sob teste e a antena padrão, alinhadas na direção do sinal transmitido, e com polarização alinhada para o máximo de sinal recebido, serão medidos os valores de sinal recebido pela antena sob teste e pela antena padrão .

O ganho será dado pela equação (2):

$$G_A = G_{AP} + 20 \log \frac{V_A}{V_{AP}} \quad (2)$$

onde:  $G_A$  - ganho da antena sob teste, em dBi;

$G_{AP}$  - ganho da antena padrão, em dBi;

$V_A$  - tensão recebida pela antena sob teste, em mV;

$V_{AP}$  - tensão recebida pela antena padrão, em mV.

A medida deverá ser realizada, pelo menos, nas frequências inferior, central e superior de cada faixa de frequências de operação.

### I.3 Diagramas de Radiação

#### I.3.1 Objetivo

Determinar os diagramas de radiação para polarização co-polar e polarização cruzada, no plano horizontal.

#### I.3.2 Equipamentos

Sítio de medida de antenas, ou câmara anecóica, com posicionadores, antena transmissora, transmissor, receptor e registrador ou sistema de aquisição de dados.

#### I.3.3 Diagrama em blocos dos equipamentos para medida do diagrama de radiação (Figura 20).

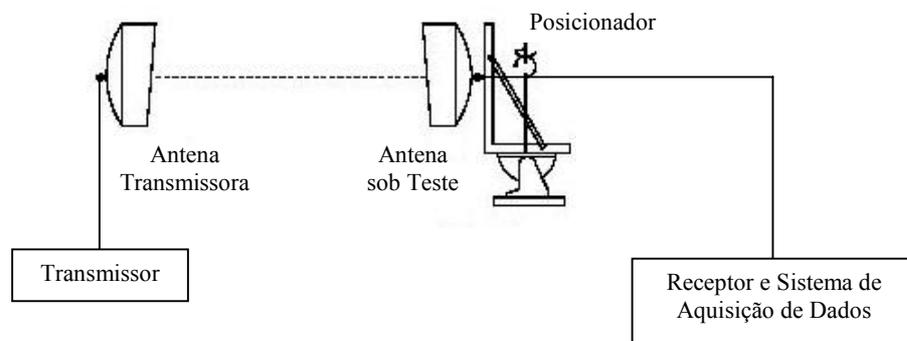


Figura 20 - Diagrama em blocos dos equipamentos para medida de diagrama de radiação.

#### I.3.4 Procedimentos de teste

Para determinação dos diagramas em polarização co-polar, a antena sob teste será alinhada na direção do sinal transmitido, e a polarização alinhada para o máximo de sinal recebido. Para diagramas em polarização cruzada, a polarização da antena transmissora será girada de 90°, em relação à direção obtida para medida do diagrama co-polar. A antena transmissora deverá radiar em polarização linear.

Deverão ser traçados os diagramas de radiação para o plano horizontal, pelo menos nas frequências inferior, central e superior de cada faixa de frequências de operação.

### I.4 Coeficiente de Onda Estacionária (COE)

#### I.4.1 Objetivo

Determinar o coeficiente de onda estacionária, em função da frequência, na porta de entrada da antena.

#### I.4.2 Equipamentos

Sítio de medida de antenas ou câmara anecóica

Gerador de varredura

Analisador de amplitude

Acopladores direcionais

#### I.4.3 Diagrama em blocos dos equipamentos para medida do COE (Figura 21).

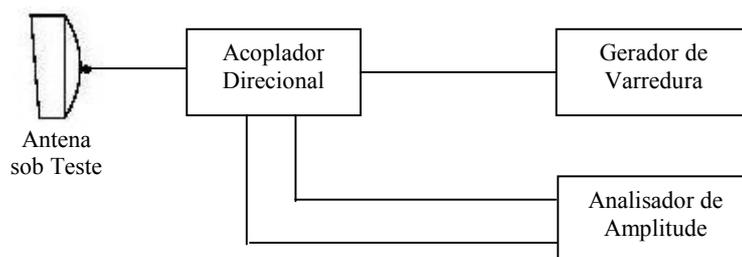


Figura 21 - Diagrama em blocos dos equipamentos para medida do coeficiente de onda estacionária.

#### I.4.4 Procedimentos de teste

O sinal do gerador de varredura, varrendo a faixa de frequências de operação da antena, é aplicado ao terminal de entrada da antena, sendo a perda de retorno medida, em função da frequência, no analisador de amplitude.

Os valores da perda de retorno (PR) são convertidos em coeficiente de onda estacionária (COE), através das relações:

$$PR = -20\log(\rho)$$

$$COE = (1+\rho)/(1-\rho)$$

sendo  $\rho$  o módulo do coeficiente de reflexão na porta de entrada da antena.

## I.5 Isolamento entre Portas

### I.5.1 Objetivo

Verificar o isolamento ente portas da antena, no caso de existência de mais de uma porta de entrada.

### I.5.2 Equipamentos

Gerador de varredura, acopladores direcionais, analisador de amplitude.

### I.5.3 Diagrama em blocos do dispositivo de teste para medida do isolamento entre portas. Figura 22

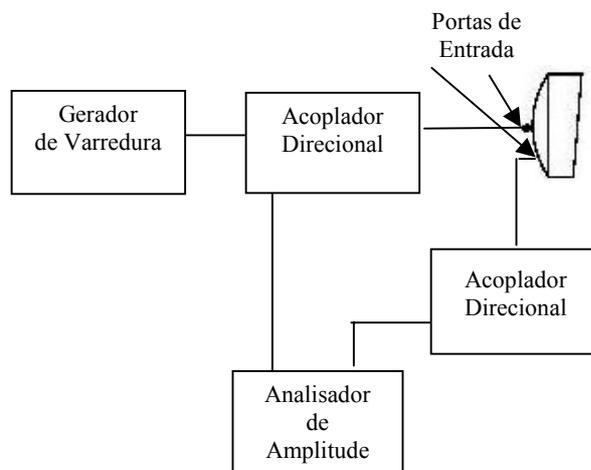


Figura 22 - Diagrama em blocos do dispositivo de teste para medida de isolamento entre portas.

### I.5.4 Procedimentos de teste

Determina-se o coeficiente de transmissão entre portas, com o gerador de varredura cobrindo as faixas de frequência de operação da antena.

## I.6 Resistência a Ventos de Sobrevivência

### I.6.1 Objetivo

Verificar deformações permanentes sofridas pela antena, quando submetida a ventos de 120 km/h.

### I.6.2 Procedimento de teste

Com a antena na posição horizontal, fixada através de seu suporte, deverá ser aplicado, de forma distribuída, por uma hora, um peso com valor total igual à força equivalente do vento,  $F_v$ , dada pela equação (3).

$$F_v = 0,05C_D V^2 A_e \quad (3)$$

onde:  $F_v$  - força equivalente do vento, em Newtons (N);  
 $V$  - velocidade do vento, em km/h;  
 $A_e$  - área da projeção ortogonal da antena sobre um plano perpendicular à direção do vento, em m<sup>2</sup>;  
 $C_D$  - coeficiente de arrasto.

Tabela 19 - Coeficiente de arrasto em função da relação h/b, sendo h e b as dimensões maior e menor, respectivamente, da área  $A_e$  (considerada retangular).

h/b	$C_D$
$1 \leq (h/b) < 5$	1,2
$5 \leq (h/b) < 10$	1,3
$10 \leq (h/b) < 20$	1,5
$(h/b) \geq 20$	2,0

Após a retirada do peso, a antena não deverá apresentar evidência de dano, e sua extremidade não poderá ter sofrido deformação permanente maior que 20 mm.

## I.7 Resistência a Ventos Operacionais

### I.7.1 Objetivo

Verificar a operacionalidade da antena quando submetida a ventos de até 50 km/h.

### I.7.2 Procedimento de teste

Com a antena fixada em seu suporte, submetida a uma força equivalente do vento, dada pela equação (3), para ventos de 50 km/h, a extremidade da antena não deve defletir mais que 10 mm/m de comprimento da antena.

## I.8 Proteção contra Chuva

### I.8.1 Objetivo

Verificar a operacionalidade da antena quando submetida a chuva.

### I.8.2 Procedimento de teste

Deverá ser espargida água sobre a antena, com uma pressão de 90 kPa, com fluxo de 0,01 m<sup>3</sup>/min, durante 15 minutos. O dispositivo de espargimento deverá oscilar em torno da antena, com velocidade de rotação de 30°/s.

Após o teste, a antena deverá ser inspecionada visualmente, não devendo ser observados pontos de acúmulo de água ou umidade em seu interior. Deverá, ainda, ser medido o coeficiente de onda estacionária, que deverá se manter dentro dos valores especificados no item 5.3.

## I.9 Faixa de Temperatura

### I.9.1 Objetivo

Verificar a estabilidade de ganho da antena quando submetida a uma faixa de temperatura de -10°C a 50°C.

### I.9.2 Procedimento de teste

A antena deverá ser aquecida até a temperatura de 60°C e logo após fixada para medida de seu ganho conforme descrito no item I.2. Através de sensor de temperatura na antena o seu ganho deve ser medido quando a temperatura indicada atingir 50°C. O procedimento deve ser repetido com a antena esfriada a -15°C e a seguir medido o seu ganho quando a temperatura indicada pelo sensor for de -10°C.

## ANEXO II

### MODELO DE RELATÓRIO DE ENSAIO

#### II.1 Informações Gerais sobre os Ensaios

Nome do Fabricante:
Endereço:

Nome do Laboratório Credenciado:
Endereço:
Nº de Referência do Relatório de Ensaio:
Norma Referência:
Período do ensaio: de ____ / ____ / ____ a ____ / ____ / ____
Tipo de Equipamento:
Modelo:
Tipo de Polarização:
Tipo de Serviço: <input type="checkbox"/> Serviço móvel <input type="checkbox"/> Serviço fixo <input type="checkbox"/> Serviços móvel e fixo

Trata-se de modelo representativo de uma família de antenas? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
--

(caso positivo, preencher o quadro abaixo)

Modelos constitutivos da família de antenas a ser certificada				
Número de série	Faixa de frequências de operação (GHz)	Valor nominal da largura de feixe no plano horizontal (graus)	Valor nominal da largura de feixe no plano vertical (graus)	Taxa de onda estacionária

## II.2 Resumo dos Ensaio

### II.2.1 Características Elétricas

Parâmetro	C	NC	NT	NA	Pior valor na faixa de frequências de operação
Ganho da antena (em dBi)					
Envoltória do ganho, para radiação co-polar, no plano horizontal					----
Envoltória do ganho, para polarização cruzada, no plano horizontal					----
Coefficiente de onda estacionária					
Isolamento entre portas (em dB)					
NOTA: C: O parâmetro cumpre os requisitos. NC: O parâmetro não cumpre os requisitos. NT: O parâmetro não é testado. NA: O ensaio deste parâmetro não é aplicável.					

### II.2.2 Características Mecânicas e Ambientais

Parâmetro	C	NC	NT	NA
Resistência a ventos de sobrevivência				
Resistência a ventos operacionais				
Proteção contra chuva				
Faixa de temperatura				
NOTA: C: O parâmetro cumpre os requisitos. NC: O parâmetro não cumpre os requisitos. NT: O parâmetro não é testado. NA: O ensaio deste parâmetro não é aplicável				

## II.3 Resultados dos Ensaio

### II.3.1 Ganho

	Frequência Inferior	Frequência Central	Frequência Superior
Frequência (GHz)			
Ganho (dBi)			

Erro estimado da medida:	
Equipamentos de teste utilizados (nº dos itens constantes do item II.4):	
1.	4.
2.	5.
3.	6.
Método de medida:	

### II.3.2 Envoltórias do Ganho

Deverão ser apresentados gráficos em coordenadas retangulares, no formato mostrado na figura 22, com os valores de ganho, em dBi, em função do ângulo de observação. Tais gráficos deverão ser construídos a partir dos diagramas de radiação medidos, ajustando-se a escala de ganho pelo valor de ganho medido. No mesmo gráfico, deverá constar a curva de envoltória do ganho correspondente, definida no item 5.2. Os diagramas deverão ser apresentados para ao menos três frequências, conforme especificado no item I.3.4. A escala horizontal deverá cobrir a faixa angular de  $-180^\circ$  a  $180^\circ$ . Para larguras de feixe inferiores a  $20^\circ$ , deverão ser fornecidos gráficos adicionais, com a escala horizontal ajustada para o traçado do lóbulo principal e dois primeiros lóbulos secundários.

Ganho em função do ângulo de observação, e envoltória especificada em norma,  
em polarização co-polar (ou em polarização cruzada), no plano horizontal,  
na frequência de \_\_\_ GHz,

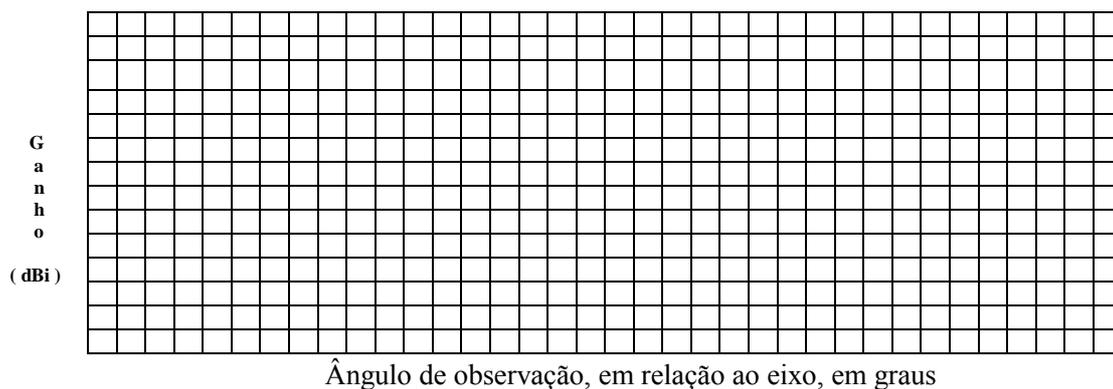


Figura 22 - Formato do gráfico do ganho em função do ângulo de observação

Erro estimado da medida:	
Equipamentos de teste utilizados (nº dos itens constantes do item II.4):	
1.	4.
2.	5.
3.	6.
Método de medida:	

### II.3.3 Coeficiente de Onda Estacionária

Gráfico de coeficiente de onda estacionária em função da frequência  
(Deverá ser aprestado um gráfico retangular, com o valor do coeficiente de onda estacionária, em função da frequência)

Pior valor de coeficiente de onda estacionária na faixa de frequências de operação: \_\_\_\_\_

Erro estimado da medida:	
Instrumentos de teste usados utilizados (nº dos itens constantes do item II.4):	
1.	4.
2.	5.
3.	6.
Método de medida:	

### II.3.4 Isolamento entre Portas

Gráfico de isolamento entre portas, em função da frequência (quando aplicável).  
(Deverá ser aprestado um gráfico retangular, com o valor do isolamento entre portas, em dB, em função da frequência)

Pior valor de isolamento entre portas, na faixa de frequências de operação: \_\_\_\_\_

Erro estimado da medida:	
Equipamentos de teste utilizados (nº dos itens constantes do item II.4):	
1.	4.
2.	5.
3.	6.
Método de medida:	

### II.3.5 Resistência a ventos de Sobrevivência, de até 120 km/h

Resultados do teste: <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Não Conforme
Observações:

Erro estimado da medida:	
Equipamentos de teste utilizados (nº dos itens constantes do item II.4):	
1.	4.
2.	5.
3.	6.
Método de medida:	

### II.3.6 Resistência a Ventos Operacionais, de até 50 km/h

Resultados do teste: <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Não Conforme
Observações:

Erro estimado da medida:	
Equipamentos de teste utilizados (nº dos itens constantes do item II.4):	
1.	4.
2.	5.
3.	6.
Método de medida:	

### II.3.7 Proteção contra Chuva

Resultados do teste: <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Não Conforme
Observações:

Erro estimado da medida:	
Equipamentos de teste utilizados (nº dos itens constantes do item II.4):	
1.	4.
2.	5.
3.	6.
Método de medida:	

### II.3.8 Faixa de Temperatura

Resultados do teste: <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Não Conforme
Observações:

Erro estimado da medida:	
Equipamentos de teste utilizados (nº dos itens constantes do item II.4):	
1.	4.
2.	5.
3.	6.
Método de medida:	

#### **II.4 Equipamentos de Teste Utilizados**

Na tabela abaixo os equipamentos de teste utilizados serão listados pelo laboratório de ensaio. Em cada parte separada do relatório de ensaio o equipamento de teste utilizado deve ser informado. Os equipamentos serão identificados por um número referenciado na tabela abaixo.

Nº	Equipamento de teste	Tipo	Fabricante	Nº de série	Data de calibração
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					

#### **II.5 Informações Suplementares ao Relatório de Ensaio**

--